

KINS/HR-749

최종보고서

원전 디지털 계측제어계통
무선 통신 네트워크 설계에
적합한 규제 기술 개발에 관한 연구

A Study on Regulatory Guideline for the
Wireless Network Design in Digital I&C System

2006년 6월 30일

한국원자력안전기술원

제 출 문

한국원자력안전기술원장 귀하

본 보고서를 “원전 디지털 계측제어계통 무선 통신 네트워크 설계에 적합한 규제 기술 개발에 관한 연구”과제 (세부과제 “디지털 계측제어 안전규제현안 개발에 관한 연구”) 의 보고서로 제출합니다.

2006. 06. 30.

위탁연구기관명 : 전 자 부 품 연 구 원

위탁연구책임자 : 김 성 동

연 구 원 : 박 영 충

” : 강 정 훈

” : 문 연 국

요 약 문

I. 제 목

원전 디지털 계측제어계통 무선 통신 네트워크 설계에 적합한 규제 기술 개발

II. 연구개발의 목표 및 필요성

- 원전 디지털 계측제어계통 무선 통신 네트워크 설계에 적합한 규제 기술 개발

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 무선통신 네트워크 기술기준 조사 및 분석

원전 디지털 계측제어 환경에 필요한 무선 네트워크 기술 요구사항 분석

원전 디지털 계측제어계통 무선통신 네트워크 적용에 필요한 규제 항목 분석

원전 환경을 고려한 고사양의 무선감지 회로 설계 기술 분석

패킷 손실을 방지하는 신뢰성 있는 무선 네트워크 데이터 전송 기술 분석

IV. 연구개발결과

- 디지털 무선 통신 네트워크에 대한 기술 분석을 통해, 현재 상용화 되어 있는 통신기술들에 대한 기본원리 및 각 기술별 특징을 분석
- 한 차세대 통신 규격들 중에 핵심 분야인, 차세대 이동통신시스템 "IMT-2000" 기술, 모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신 기술, 휴대 인터넷(와이브로) 기술, 3세대 802.11 a/b/g 표준 기술, Wi-Fi 기술, 전자태그 기술, 4세대 무선랜 방식 IEEE 802.11.n 기술, UWB 무선 1394 시스템 기술, 고속하향패킷 접속 기술, IPTV, 차세대 무선 개인 통신망 (WPAN) 기술에 대해 분석
- 새로운 기술 분야로 떠오르고 있는, 무선 센서 네트워크 분야는 저가, 저전력의 특징 때문에 원전환경에 적용 가능성이 높은 기술 분야이다. 이 기술 분야에서 원전 적용 여부에 대한 기준이라 할 수 있는 고사양의 무선감지 회로 설계 기술, 신뢰성 있는 무선 네트워크 전송 기술, 원전 적용에 필요한 요구사항 및 규제항목 분석

- 저가의 저전력 무선네트워크 기술이 지원하기 어려운 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 패킷전송 방법 및 네트워크 프로토콜에 대해 현재 상용 하드웨어 플랫폼 상에서 실험을 하여 신뢰성 확보 가능성 분석

V. 연구개발결과의 활용계획

- 원전 계측제어 환경에서도 시스템 관리와 신뢰성의 향상을 위해 무선 기술을 적용하는 것이 도움이 될 것으로 예상되고 있으며, 이를 적용할 수 있는 방법을 도출하기 위해, 개발된 기술 결과를 기반으로 시범 적용과 실험을 통해 원전 계측제어 계통 적용에 필요한 세부 요구사항을 도출이 필요함

S U M M A R Y

This paper represents the features of wireless communication in order to adopt to the atomic energy power plant system. The power plant environment is harsh for the robust and reliable wireless data transfer. Before practical installation and usage, it is necessary to evaluate the performance of wireless communication at such a harsh wireless communication environment.

In the previous systems, high reliable wired data communication system has been used in common. We have checked the requirements which meet the reliability for that environment and analyzed the basic features of wireless communication. After that, we have a more detail analysis of wireless communication specification, such as IEEE 802 series, IMT-2000, Wibro, so on. Based on the result from analysis, the rules for the reliable system are defined.

In the near future, low-power low-cost WSN(Wireless Sensor Network) would be dominant all over the industry. In this paper, the performance and considerations for the power plant is described when adopting to the atomic energy power system . The RF circuit design guide lines are defined, the reliability of the network protocol is defined and evaluated.

C O N T E N T S

1. Overview of research	1
1) Goal of research	1
2) Research goal of this year	1
3) Scope of research	1
2. Wireless communication analysis and evaluation	3
1) Study of wireless communication	3
1. Basic modulation and modulation for the digital mobile communication	3
2. Spread spectrum and CDMA	23
3. Optical communication	31
4. Multi-carrier communication and OFDM	39
2) Wireless communication specification	45
1. IMT-2000	47
2. IEEE 802 series	55
3. Wibro (Wireless Broadband)	74
4. 3rd generation IEEE 802.11 a/b/g	88
5. Wi-Fi	94
6. RFUD	94
7. 4th generation IEEE 802.11n	96
8. UWB and wireless 1394	124
9. HSDPA (Hi-Speed Downlink Packet Access)	138
10. IPTV	143
11. Next generation wireless personal area network (WPAN)	150
3) Analysis of considerations for wireless communication	156
1. High sensitive radio circuit	156
2. Reliable transfer protocol and evaluation	175
3. Requirements for the wireless communication system on atomic energy power system	179
3. Conclusion	210

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	1
1절 기술개발의 목적 및 중요성	1
2절 당해연도 개발목표(계획)	1
3절 당해연도 개발내용 및 범위(계획)	1
제 2 장 연구개발 수행 내용	3
1절 디지털 무선통신 기술 분석	3
1 변조 기초와 디지털 이동통신의 변조방식	3
2 스펙트럼 확산 통신방식과 CDMA 기술 분석	23
3 광통신방식 분석 : 적외선에 의한 모바일 컴퓨팅 기술 분석	31
4 차세대 멀티캐리어 전송방식 “OFDM” 기술 분석	39
2절 차세대 무선통신 기술 규격분석	45
1 차세대 이동통신시스템 “IMT-2000” 기술 분석	47
2 모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신 기술 분석	55
3 휴대 인터넷 (와이브로) 기술 분석	74
4 3세대 ‘802.11 a/b/g’ 표준 분석	88
5 Wi-Fi 기술 분석	94
6 전자태크 (RFID) 분석	96
7 4세대 무선랜 방식 IEEE802.11n 표준 분석	114
8 UWB 무선 1394 시스템 분석	124
9 고속하향패킷접속 기술 분석 : HSDPA	138
10 IPTV 분석	143
11 차세대 무선 개인 통신망 (WPAN)	150
3절 원전 환경에서의 무선통신기술 고려사항 분석	156
1 원전 환경을 고려한 고사양의 무선감지 회로 설계 기술 분석	156
2 신뢰성 있는 무선 네트워크 데이터 전송 기술 분석	175
3 무선 통신의 원전 계측제어 적용을 위한 요구사항 및 규제항목 분석	179
제 3 장 결론 및 향후계획	210

제1장 연구개발과제의 개요

1절 기술개발의 목적 및 중요성

- 무선 네트워크 기반 모니터링, 제어 기술의 최근 일반 산업계에서 광범위한 적용 사례와 더불어, 미래 기간산업의 핵심이 될 유비쿼터스 환경과 함께 원자력발전소의 계측제어시스템의 무선통신 네트워크 기반의 요구는 증대되고 있음. 이와 같이 국내외 원전에서 계측제어시스템의 무선통신 네트워크 기반의 발전소가 구축될 경우 건설허가 등과 같은 인허가 심사과정에서 계측제어시스템 무선통신 네트워크에 대한 여러 가지 규제 현안사항들이 제기되고 이에 대한 적절한 대응설계가 요구될 것임.
- 계측제어시스템 무선통신 네트워크 구축에 대하여 고려해야 할 현안사항들로서는 주로 신뢰성 있는 통신의 품질보증, QOS(Quality of Service)확보를 위한 기술적 현안사항들이며 이에 대한 검토는 무선통신 네트워크 시스템특성을 고려할 때, 무선통신 네트워크 국제기술기준 조사 및 분석, 원전 디지털 계측제어 환경에 필요한 무선 네트워크 기술 요구사항 분석, 원전 디지털 계측제어시스템 무선통신 네트워크 적용에 필요한 규제 기준 개발 등이 필요함.
- 원전 무선통신 네트워크 설계에 대한 안전성 평가를 효율적으로 수행하는데 적합한 규제기술을 개발하기 위해서는 무선통신 네트워크기술에 대한 전문적인 지식, 무선통신 네트워크 서비스 구현에 대한 실무경험 및 다양한 조건을 분석하고 적용할 수 있는 실무적인 하드웨어/소프트웨어 기술을 보유한 전문 연구기관의 연구가 필요함.

2절 당해연도 개발목표

- 원전 디지털 계측제어시스템 무선 통신 네트워크 설계에 적합한 규제 기술 개발

3절 당해연도 개발내용 및 범위

- 무선통신 네트워크 기술기준 조사 및 분석
- 원전 디지털 계측제어 환경에 필요한 무선 네트워크 기술 요구사항 분석
- 원전 디지털 계측제어시스템 무선통신 네트워크 적용에 필요한 규제 항목개발

- 원전 환경을 고려한 고사양의 무선감지 회로 설계 기술 분석
- 패킷 손실을 방지하는 신뢰성 있는 무선 네트워크 데이터 전송 기술 분석

제2장 연구개발 수행 내용

본 장에서는 모바일 컴퓨팅의 인프라스트럭처(기반)인 무선통신 기술에 관해서 설명한다. 정보를 전송하기 위하여 전파에 실는 변조방식의 원리를 정리한 후, QPSK 등 디지털 이동통신의 현행 변조방식과 CMDA 스펙트럼 확산방식, IrDA 등의 적외선 및 차세대 고속 멀티캐리어 전송방식(OFDM)에 대해 설명한다. 또한 제3세대 이동통신시스템으로 주목받고 있는 IMT-2000에 대해서 기술한다.

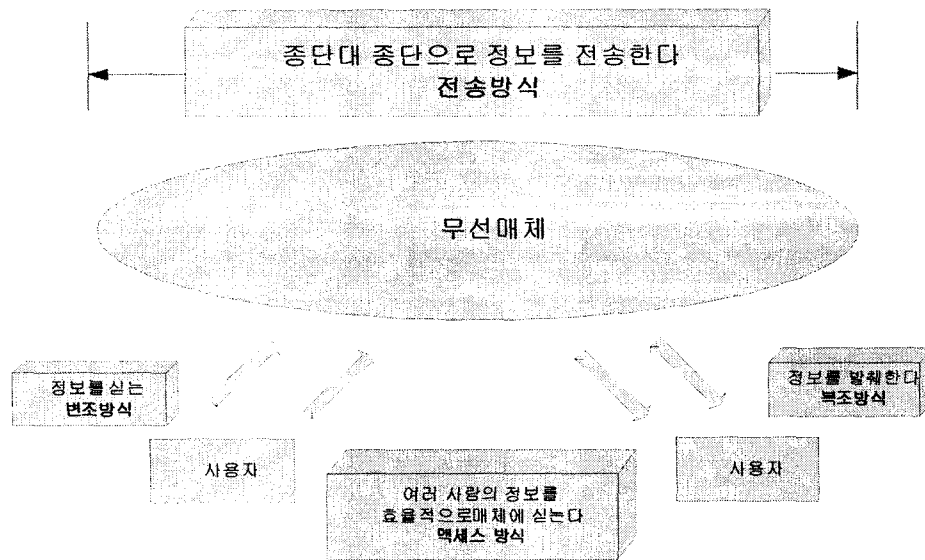
1절 디지털 무선통신 기술 분석

1. 변조 기초와 디지털 이동통신의 변조방식

가. 무선 네트워크의 전체 이미지

본 장은 변조방식의 설명이 중심이지만, 그 전에 변조방식이 무선통신시스템의 전체 중 어느 정도의 기술적 위치인지 알아볼 필요가 있다. [그림 1.1-1]은 무선통신시스템의 네트워크 부분을 나타내고 있다. 모바일 컴퓨팅을 지탱하는 무선 네트워크에서는,

- (1) 정보를 무선 매체(전파)에 부여하는 원리 (변조방식)
- (2) 전파를 여러 사용자와 어떻게 공유하고, 나누어 사용하는 방식 (액세스방식)라는 2가지 기술이 중요하다. 또 주로 유선 네트워크에서 이용되는 용어로,
- (3) 전송방식이 있으며, 이것은 정보 발신자와 수신자의 2점을 연결하여, 종단 대 종단으로 정보를 전달하는 전체를 지칭하는 개념이다. 또 변조되어 전송된 정보는 수신자 측에서 다시 원래의 정보로 재생할 필요가 있다. 이것을 변조에 대응하는 개념으로 '복조'라 한다.



[그림 1.1-1] 무선통신을 구성하는 기술

* 변조방식은 전파에 정보를 실는 기술이며, 액세스 방식은 전파를 공유하는 기술

여기에서는, 변조방식이나 전송방식이라는 단어에 '복수의 사용자가 어떻게 전파를 나누어 사용하는가?'라는 개념이 포함되어 있지 않은 점에 주의해야 한다. 이 점을 강조하여 멀티플 액세스(Multiple Access)라고도 하며, '다원접속'이나 '멀티 액세스'등의 용어로 번역되고 있다. 변조 방식에는 주파수 이용 효율(1Hz당 어느 정도의 정보를 실는가의 척도, 단위는 bits/Hz)이라는 중요한 목표가 있다. 이동통신의 경우에는 이외에도 공간적 이용 효율을 나타내는 "채널 /MHz, km²"라는 척도가 포함되어 있다. 전파의 공간적 재이용이라는 개념이 들어 있다는 것에 주의할 필요가 있다.(추가설명 1 "멀티플 액세스의 의미" 참조).

나. 변조의 원리와 개념

일반적으로 신호(정보)의 전송방식은,

- (1) 디지털신호를 그대로 전송하는 베이스밴드(Baseband, 기저대역) 방식
- (2) 디지털신호를 반송파(Carrier)에 실어서 전송하는 반송파 전송방식으로 크게 나뉘어진다. 반송파 변조방식은, 유선방식과 무선방식으로 나뉘어진다. 지금부터 설명하는 무선방식은 '공간적으로 전파를 쏘아서 상대방에게 보낸다.'는 것으로, 반송파 전송방식이 필요하다. 공간적으로 전파를 보낼 때, 기본적으로 문제가 되는 것은,
 - (가) 효율이 좋은 전파 송출과 수신
 - (나) 효율이 좋은 전파 자원의 이용이라는 2가지 점이다.

다. 안테나 및 효율이 좋은 전파 송출과 수신

공간적으로 전파를 송출한다는 것은 안테나를 이용하여, 송신측의 안테나에서 수신측의 안테나로 전파를 보내는 것이다. 이 때, 주파수가 높은 쪽이 파장이 짧아 안테나를 만들기 쉬운 원칙이 있다. 전파를 어떻게 공간으로 보내는가를 생각할 때,

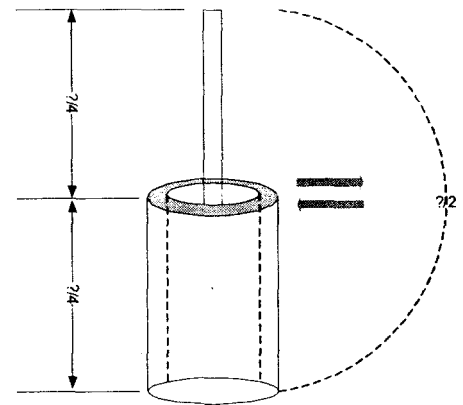
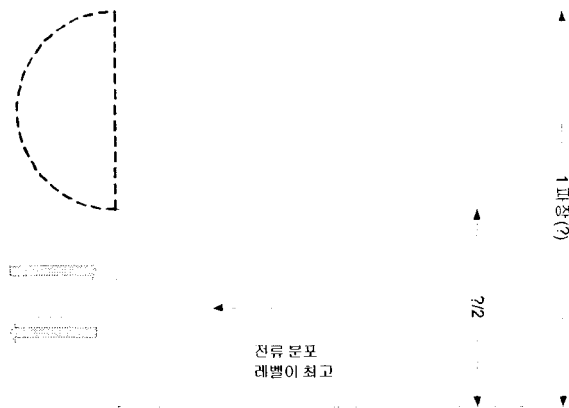
(1) 안테나 크기

(2) 효율 문제

라는 2가지 점에서 보면, 아주 낮은 주파수로 전파를 보내는 것은 어렵다. [군 관계에서는 특수한 기술로 VLF(Very Low Frequency, 초장파)가 이용된다]

안테나는 일반적으로 [그림 1.1-2]에 나타난 것과 같이 $\lambda/2$ 파장의 안테나가 이용된다(λ 는 파장을 나타내는 단위. 예를 들면, 디지털 휴대전화에서 이용하고 있는 800MHz 주파수의 전파를 보내는 안테나의 길이는 일반적으로 18.8cm이며, $\lambda/2$ 에 해당한다. 800MHz 주파수의 전파 파장은 37.5cm]. 안테나가 공간적으로 전파를 모으는 효율을 이득(Gain)이라 하며, 효율을 높이기 위해서는 안테나의 모양, 크기, 급전선 등과의 정합 등 여러 가지 연구가 필요하다. [그림 1-2]에 나타난 다이폴 안테나는 단순한 구조로 효율이 높고, 대역폭도 넓으며, 수직으로 세울 경우 수평면 내에서 무지향성 특성 등의 특징을 갖기 때문에 다이폴 안테나를 기준(이득 0)으로 하는, 여러 가지 안테나 형식이 있다.

주파수와 안테나 효율의 관계는 악기를 예로 들어 생각하면 이해하기 쉽다. 현악기는 현의 길이나 굵기 또는 당기는 강도에 따라 각각 다른 악기 특유의 소리를 낸다. 예를 들면, 기타의 현은 기타 특유의 소리를 내지만, 이보다 낮은 음을 내기 위해서는 콘트라베이스 등 보다 긴 현을 갖는 별도의 악기를 사용해야 한다. 정보를 전파에 싣기 위해서는 전파에 대해 무언가의 조작(변조)을 하지만, 주파수가 높은 쪽이 안테나가 작게 되고, 전파를 보내는 것이 쉽다.



(1) 다이폴 안테나의 기본

(2) 다이폴 안테나의 예 [동축형 수직 안테나]

- * 다이폴 안테나는 2분의 1과장($\lambda/2$) 부근의 길이가 소형이며, 에너지를 추출하기 쉽다.
- * 과장이 짧은 쪽이 안테나를 만들기 쉽다
- * 안테나로부터 전파를 방사할 때나, 공진에 의해 전파에너지를 추출할 때는 $\lambda/2$ 과장의 안테나가 가장 효율적이다
- * $\lambda/4$ 은 2개 합치면 $\lambda/2$ 와 같게 된다. 과장과 동일한 길이의 안테나를 만들면, 방사 패턴이 복잡하게 되고, 에너지 추출도 어렵게 된다.

[그림 1.1-2] 안테나의 원리

라. 주파수와 감쇠의 관계

주파수가 높게 되면 감쇠(loss)가 급격히 증가하기 때문에 실용상수 GHz 이상의 통신에서는 초점으로 전파를 모으는 형식의 파라볼라 안테나를 사용하여 지향성을 좁혀 직접 상대를 볼 수 있게 하고 있다(확산을 피함). 이 때문에 고정 무선 통신이나 위성통신방송, 레이더 등에 이용되는 마이크로파[수 GHz~30GHz, 파장 10cm까지를 SHF(Super High Frequency)라 부른다]는 모두 점 대 점 전송방식을 취하고 있다.(그림 1.1-3)

여기에서 주파수와 통신거리의 관계를 이해해 두자. 주파수가 아주 높으면, 거리가 짧아도 지향성을 각기 위해 이득이 높은 파라볼라 안테나가 이용된다. 한편, 주파수가 낮으면 거리가 길어도 다이폴 안테나로도 충분하다. 반대로 주파수가 높고 거리가 짧아도 좋다면, 무지향성 안테나라도 관계없다(무선 LAN은 이 경우에 해당). 이처럼 안테나의 모양은 주파수와 거리의 관계로 결정된다.

높은 주파수는 안테나의 설계가 쉬운 장점이 있지만, 감쇠가 큰 단점이 있다(주파수가 높으면 전송대역이 증가하지만 감쇠도 크다. 상대가 가시거리에 있지 않으면 통신이 불가능하다). 한편 낮은 주파수는 전송대역이 작지만 감쇠가 적기 때문에 반사가 있는 환경에서도 통신이 가능하다. 그러나 주파수가 높으면, 전파 전달에 의한 주파수 감쇠도 증가한다(산란이나 반사 등이 없는 이상적인 공간에서도, 송신 장소에서 거리 d만큼 떨어진 장소에서 수신할 수 있는 에너지는 거리 d와 주파수 제곱에 비례하여 떨어진다. 이것을 일반적으로 자유공간 감쇠(Free Space Loss)라 한다). 전자파는 주파수가 높으면 직진성이 높아져, 마지막에는 빛이 된다. 빛의

직진성은 빛을 직접 보면 밝지만, 그림자 부분은 어둡다는 현상으로 알 수 있다. 이에 대해, 산란과 반사에 의한 에너지 감쇠도 있지만, 파장이 길면 산란의 영향은 적다.(전파가 장애물을 뛰어넘는다)

이처럼 전파는,

- (1) 공간에 에너지를 넓게 방출함에 따라 수신할 수 있는 에너지의 감쇠
- (2) 산란, 반사에 따른 감쇠가 있다.

주파수의 높고 낮음에는 지금까지 설명한 트레이드 오프(Trade-off: 어느 쪽이든 한쪽밖에 성립하지 않는 교환 조건)가 있기 때문이다.

전파의 약칭	원어	전파의 명칭	주파수	파장
			3THz	$10^{-4}m$ (0.1mm)
EHF	(Extremely High Frequency)	밀리파	300GHz	$10^{-3}m$ (1mm)
SHF	(Super High Frequency)	마이크로파	30GHz	$10^{-2}m$ (1cm)
UHF	(Ultra High Frequency)	극초단파	3GHz	$10^{-1}m$ (10cm)
VHF	(Very High Frequency)	초단파	300MHz	10^0m (1m)
HF	(High Frequency)	단파	30MHz	10^1m (10m)
MF	(Medium Frequency)	중파	3MHz	10^2m (100m)
LF	(Low Frequency)	장파	300kHz	10^3m (1km)
VLF	(Very Low Frequency)	초장파	30kHz	10^4m (10km)
			3kHz	10^5m (100km)

[그림 1.1-3] 전파의 약칭과 주파수의 대응 관계

- * 무지향성 안테나는 마이크로파가 한도이며, 마이크로파는 점 대 점 통신을 한다.
- * 전파는 3THz 이하 주파수의 전자파. 이것을 넘으면 전파법의 대상외 임
- * 실제로 사용되고 있는 최저 주파수는 10KHz 정도, 최고 주파수는 70GHz 정도
- * 낮은 주파수의 전파는 산란해도 감쇠가 없으며, 높은 주파수의 전파는 산란, 반사로 인해 감쇠가 크기 때문에 가시거리 외에는 사용하지 않음

마. 반송파 전송방식과 변조

전파는 '정보를 운반하는 매체'이므로, 그 의미로 캐리어(Carrier)라 한다. 캐리어의 역할을 생각해보자. 정보를 그대로 보내는 베이스밴드 방식은 소위 정보가 스스로 걸어가는 방식이라 할 수 있다. 이에 대해 캐리어를 사용하는 반송파 전송방식은 정보가 캐리어(반송파)에 실려 전달되는 방식이라고 할 수 있다. 정보를 그대로 보내는 방식에는 한계가 있기 때문에, 정보를 보유할 매체가 필요한 것이다. 이 때, '정보 신호를 캐리어에 실어 운반하는 조작'을 변조

(Modulation)라 한다. '어떻게 하면 정보를 매체에 효율 좋게 실을 수 있는가?'를 정하는 방식을 변조방식이라 한다.

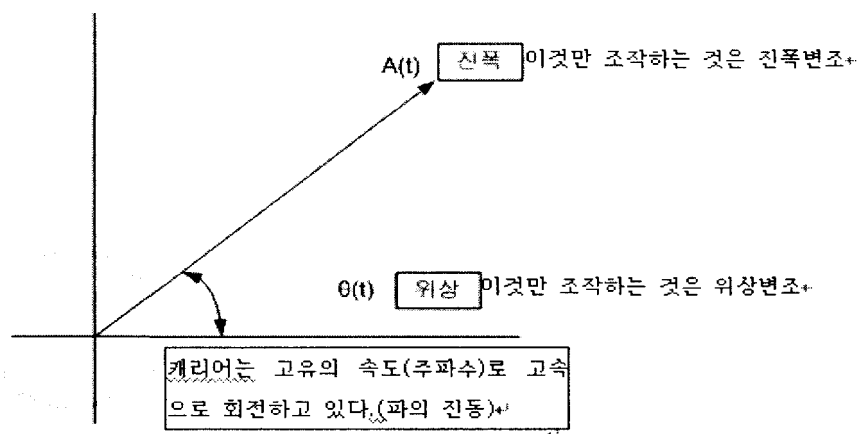
왜 변조가 필요한가를 설명하면, 사람(정보)이 먼 곳에 갈 경우, 사람이 직접 걸어서 가면, 거리에 따라 에너지가 소모된다. 사람(정보)을 소모하기 때문에 가까운 거리를 보낼 때는 좋지만, 먼 거리를 갈 경우에는 사람(정보)이 피로해서 사용할 수 없게 된다. 그렇지만, 사람(정보)을 자동차나 버스(캐리어)에 실으면, 정보는 보존된다. 캐리어 에너지를 주입해 두면, 정보는 소모되지 않기 때문이다.

일반적으로 변조에 관한 해설에서 “변조에 맞추어 캐리어를 변조시킨다.”라는 표현이 사용되고 있지만, 이는 변조기술이나 효율을 문제로 하는 경우이고, 기본적으로 캐리어는 정보를 운반하는 매체라고 이해해 두자. 변조는 나중에 상세히 설명하겠지만, 효율 좋게 실는 방법과^{*} 간단하지만 효율이 나쁜 방법 등 여러 가지 방법이 있다.

바. 변조에 이용하는 차원

정보를 캐리어에 실는 조작(변조)을 하지 않으면, 정보를 멀리까지 운반할 수 없다는 것을 설명하였다. 다음에 정보를 어떻게 캐리어에 실는가(변조방식)에 대하여 알아보자.

캐리어는 전파이며, 진동하고 있는 파의 일종이다. 전파는 [그림 1.1-4]에 나타내었듯이 진폭(Amplitude)과 위상(Phase)이라는 성분으로 구성되어 있다[위상은 동일 주파수를 갖는 두 신호 간에 보여 지는 시간적인 관계(어느 신호가 빠른가 또는 늦은가)를 나타내는 척도]. 진폭과 위상이라는 독립된 2개의 요소를 어떻게 능숙하게 이용하는가가 변조방식인 것이다.



[그림 1.1-4] 캐리어와 진폭/위상의 관계

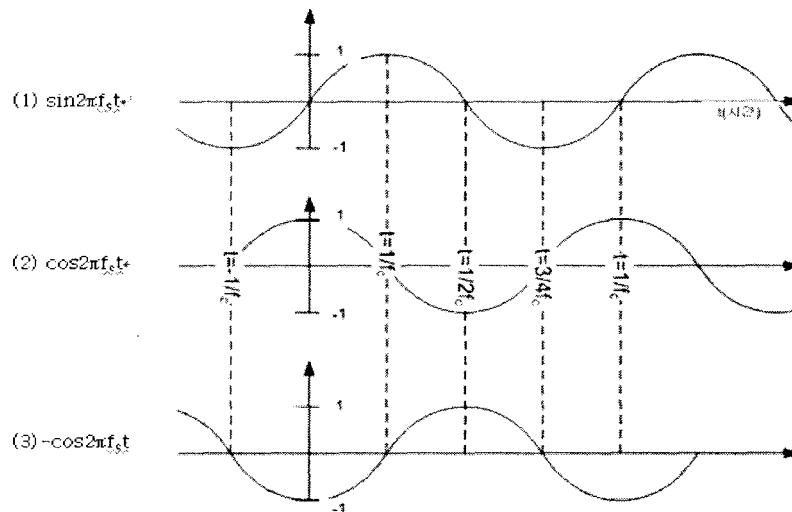
* 캐리어 자체만 주목하면 고속으로 회전하고 있지만, 캐리어에 실려 있는 정보에 주목하기 위해서는 캐리어의 회전을 정지시키는 편이 이해하기 쉽다. 즉, 자신이 캐리어와 동일한 속도로 회전한다면, 캐리어는 정지하고 있는 것과 같다. 이것은 새마을호와 동일한 속도로 움직이면서 새마을호 내의 승객을 보면, 새마을호가 정지하고 있는 것처럼 보이는 것과 같은 것으로 '동기'라는 개념으로 표현된다.

전파의 진폭과 위상이라는 독립된 성분을 다른 표현으로 나타내면,

- (1) 사인(sin : sine, 정현)파
- (2) 코사인(cos : cosine, 역현)파

로 된다. 이 2가지는 [그림 1.1-5(1)] 및 [그림 1.1-5(2)]에 나타내었듯이, 위상이 $\pi/2[90^\circ, \pi$ 는 $180^\circ]$ 만큼 빗나가 있기 때문에, 완전히 독립된 별도의 파형으로 취급할 수 있다. [2개를 별도의 파형으로 취급하지 않는 방법도 있지만, 정보를 최대한 취급하려면 직교하는(분리가 가능하고 독립된) 2개의 파를 사용하여, 변조 파라미터를 여러 레벨로 하는 방법이 필요하다]

이 방법에서 문제가 되는 것은 캐리어에 정보를 어떻게 싣는가이며, 여기에는 여러 가지 방법이 있다. 지금까지 “캐리어에는 2개의 독립된 요소가 있다”라고 설명해 왔지만, 정확한 의미는 “캐리어로부터 정보 추출이 가능한 축이 2개가 있다”라는 것이다. “2개의 축”은 사인파와 코사인파라는 2개의 파로 볼 수 있고, 진폭과 위상이라는 2개의 측면으로 볼 수도 있다.(추가 설명 2 “sin/cos에 의한 진폭과 위상의 표현” 참조). 중요한 것은 2개의 독립된 차원이 있으므로, 그것을 어떻게 이용하느냐 하는 것이다.



[그림 1.1-5] sin과 cos에 의한 캐리어(반송파)의 표현

- * 실제의 파는 이처럼 단순하지는 않지만, sin과 cos으로 분해할 수 있다.
- * 파형을 반전시키는 것을 플러스와 마이너스로 하면 2종류의 정보(1비트)를 표현하는 약속도 가능하다

사. 위상과 진폭에 의한 변조

독립된 차원이 2개 있다는 것은 “조작이 가능한 파라미터가 2개 있다”, “독립적으로 사용 가

능한 정보가 2개 있다”라는 것이다. 따라서,

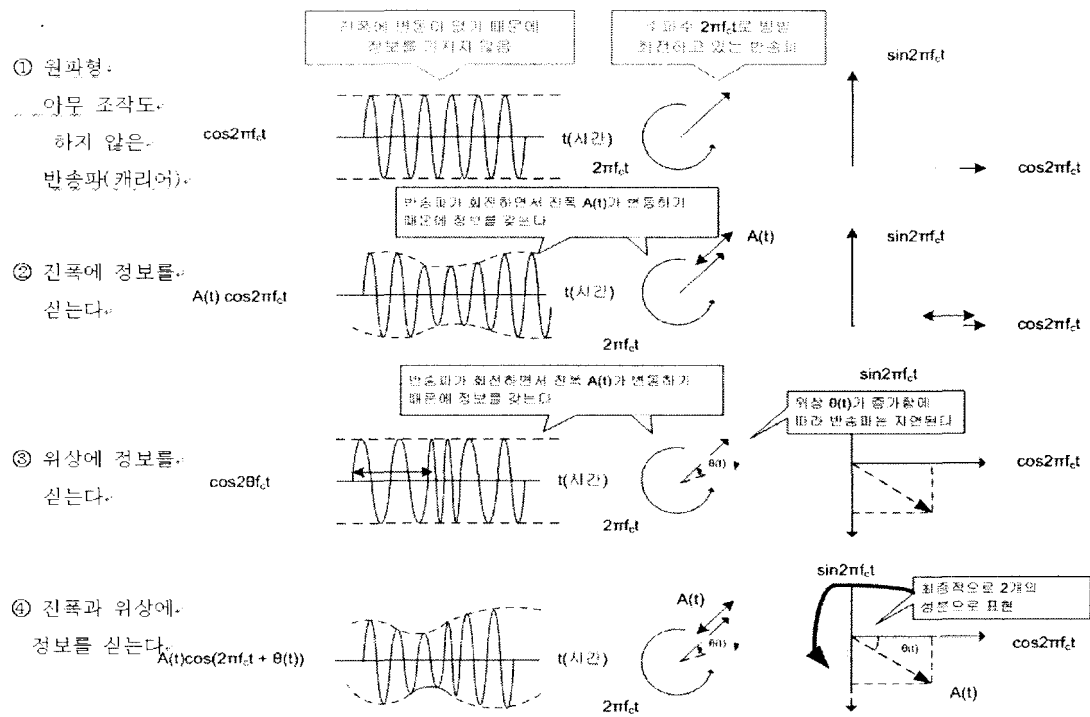
- (1) 위상을 고정시키고, 진폭만 변조시킨다.
- (2) 진폭은 고정시키고, 위상만 변조시킨다.

라는 것처럼 1개의 차원만 이용한 변조방식도 생각할 수 있다. 예를 들면, AM라디오의 AM(Amplitude Modulation, 진폭변조) 방식은 진폭변조만을 이용하고 있다. FM 라디오는 위상(의 변화) 정보만을 이용하는 FM(Frequency Modulation, 주파수 변조)방식을 채용하고 있다. 이러한 방식은 진폭과 위상을 아날로그적으로 변화시키고 있지만, 디지털적으로 변화시키는 방법도 있다. 진폭과 위상을 함께 이용하면 효율 좋은 정보전송이 가능하다.(추가설명 2 “BPSK의 예” 참조).

지금까지 설명한 것을 한 번 더 다른 관점에서 확인해 두자. 예를 들면, [그림 1.1-5(2)]의 $\cos 2\pi fct$ 라는 파형이 있다. 이 때, $\cos 2\pi fct$ 라는 파형이 오면 “1”이라는 신호로 생각하고, $-\cos 2\pi fct$ 라는 신호가 오면 “0”이라는 신호로 송수신자 상호간에 약속을 해두자, 그런데 $\cos 2\pi fct$ 를 반전시킨 $-\cos 2\pi fct$ 의 위상을 $\pi(180^\circ)$ 만큼 변화시킨 것과 같다. 이러한 점에서 먼저 설명한 부호변화와 위상변화가 같다는 것을 알 수 있다.

지금까지 설명한 ‘독립된 2차원’을 이용하여 변조하는 생각을 [그림 1.1-6]에

- (1) 사인파와 코사인파
- (2) 물리적으로 직교 이미지
- (3) 벡터를 이용하여 정리하였다.



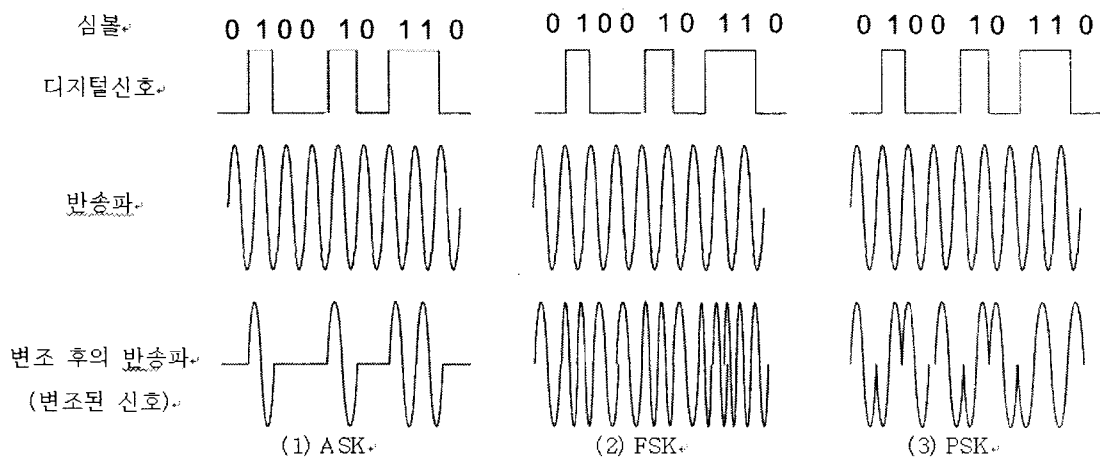
[그림 1.1-6] 독립된 2차원

아. 대표적인 디지털 변조방식

다음에 DCS(Digital Cellular System, 디지털 이동통신 방식)와 일본에서 1995년에 개시된 PHS(Personal Handy System, 제2세대 코드리스 전화시스템)에서 이용되고 있는 변조방식을 중심으로 유럽 및 미국을 포함하여 제2세대라 불리는 디지털 이동통신 변조방식에 대하여 설명한다.

(1) 변조방식

최초에 변조의 기본적인 3가지 방식을 역사적인 발전 순서에 따라 설명한다.[그림 1.1-7]



[그림 1.1-7] 기본적인 변조방식의 종류

- * 독립된 차원(진폭, 주파수, 위상)을 변조하여 정보를 실는다.
- * 인간이 전하고 싶은 '정보'는 우선 심볼로 변환된 후, 전송로에 적합한 파형으로 변환(변조)된다. 심볼로의 변환은, 내가 'K'라는 문자(정보)를 보내고 싶을 때, ASCII 문자 코드표를 이용하여 대문자 'K'에 해당하는 번호(10진수 표현으로 '75', 16진수 표현으로 '4B'를 찾아서, 이에 해당하는 2진 표현인 '01001011'로 변환되는 것이다.

ASK

이미 설명한 AM 라디오의 진폭변조는 캐리어의 진폭만을 변조시키는 방식이다. 디지털변조의 경우는 신호가 ON(2진수의 1)일 때는 진폭이 있고(파가 높고), 신호가 OFF(2진수의 0)일 때는 진폭이 없는(파가 낮은) 데 대응 시킨다[그림 1.1-7(1)]. 이것을 ASK(Amplitude Shifting Keying)라고 한다.

FSK

신호가 ON일 때는 높은 주파수, OFF일 때에는 낮은 주파수를 대응시킨 방식이다[그림

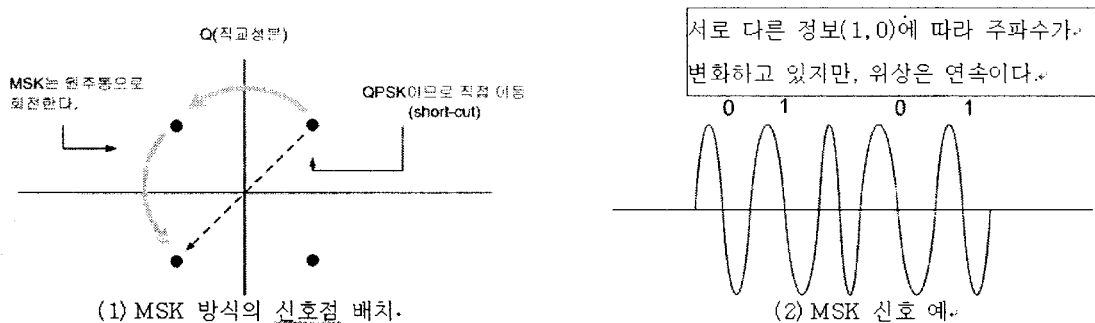
1.1 7(2)]. 이것을 FSK(Frequency Shift Keying)라고 한다.

PSK

신호가 ON과 OFF일 때 위상을 변화시키는 방식을 PSK(Phase Shift Keying)라고 한다[그림 1.1 7(3)]. 예를 들면, BPSK는 위상을 $\pi(180^\circ)$ 로 변화시켜서 0과 π 로 신호의 ON과 OFF를 나타내고 있다.(이 때문에 Binary(이진)라 한다) 나중에 자세히 볼 수 있듯이 QPSK(Quadrature PSK, 4상 PSK)는 1번의 캐리어 변화로 2비트(00,01,10,11의 4가지= 2^2)를 표현할 수 있는 등, 정보의 효율적 부호화 특징이 있다. 또 PSK는 FSK와 전혀 관계가 없다고 말할 수 없는 것이 특징이다. 이 점에 관해서 좀 더 자세히 설명하여 보자. 예를 들면, SPSK는 정보를 송신하고 있는 사이에는 위상이 일정하게 고정되어 있다. 즉 '1'이라는 정보와 '0'이라는 정보를 보내는 동안에는 위상이 0 또는 π 로 고정되어 있다. 그러나 BPSK와는 달리 정보를 보내는 동안에 위상을 계속 변화시키는 방법도 있다. 예를 들면, 0이나 π 로 위상을 고정시키는 것이 아니고, 0에서 $\pi/2$ 까지 변화시키는 것이다. 그 때 위상변화를 빨리 하면, 주파수를 변화시키는 것과 동일하게 된다.

MSK

이와 같은 변조방식의 예로 MSK(Minimum Shift Keying)를 들 수 있다[그림 1.1-8]. MSK는 CPFSK(Continuous Phase Frequency Shift Keying)에서 변조지수(주파수 편이와 신호 전송 속도의 비)가 0.5인 특수한 경우이다. MSK 방식에서는 1비트의 정보(1 또는 0)를 보내는 동안에 0에서 $\pi/2$ 로 또는 $\pi/2$ 에서 0으로 위상을 변화시킨다[그림 1.1-8(1)]. 이것은 주파수의 변화라는 관점에서 보면, 1비트의 정보를 보내는 동안에 2종류의 주파수 중 어느 것이든지 보내기 때문에 FSK와 동일하게 된다[그림 1.1-8(2)]. 단 [그림 1.1-7(3)]에 나타낸 PSK와는 달리, 비트 정보를 전송하는 중에 위상이 불연속적으로 보내지는 것은 아니다. 즉, 위상을 연속적으로 변화시키는 것은 MSK이다. 또 그러한 변화를 서서히 하기 위하여, 변조 전에 가우스 필터를 통과시키는 방식이 GMSK(Gaussian Filtered MSK)이며, 변조 후 스펙트럼의 폭을 대폭적으로 줄이는 것이 가능하다.



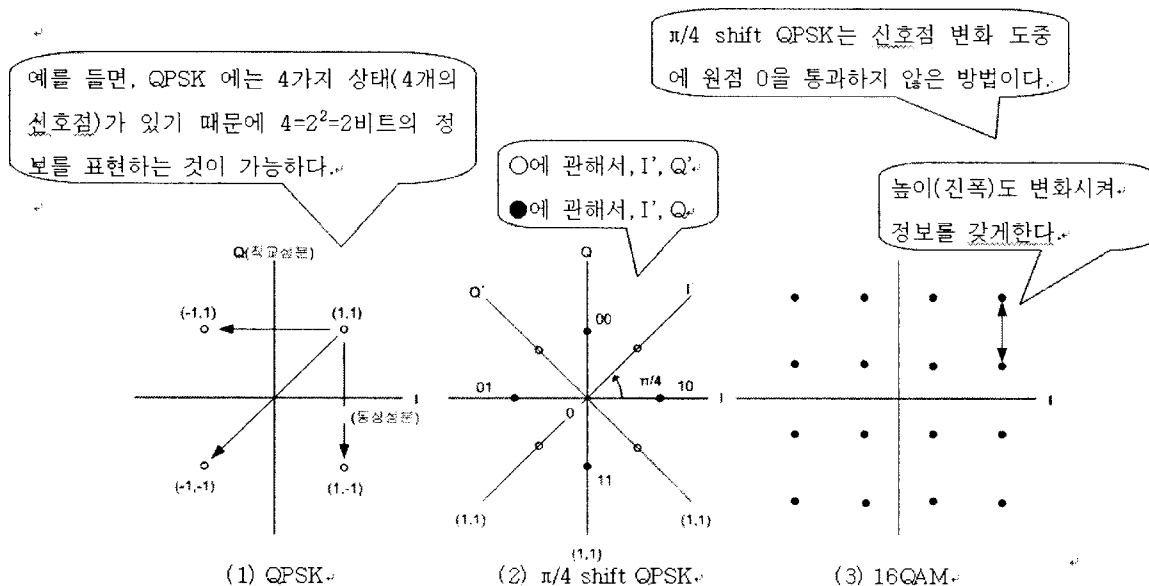
[그림 1.1-8] MSK의 원리

* MSK가 4개의 점을 갖는 것은 4가지의 상태를 구별할 수 있다는 의미이며, 동기를 가해서 정지시킬 수 있기 때문에 동기검파가 가능하다.

위상과 주파수(2개의 위상) MSK의 예에서 나타내고 있는 것은, 위상변화에 의해 정보를 어떻게 효율적으로 보내는가 하는 것이 문제이다. 이것은 위상이 다른 2개의 파를 생각하면, 이미 설명한 사인파와 코사인파의 문제가 된다(코사인파로 송신한 정보가 사인파가 되지 않도록 상호 독립해 있을 필요가 있다). 이 문제를 이해하는 데는 '직교'의 개념 파악이 기본이다.(후가설명 3 “직교란” 참조).

(2) $\pi/4$ Shift QPSK를 중심으로 본 디지털 변조방식

다음에 PDC나 PHC의 변조방식인 $\pi/4$ Shift QPSK를 해설한다. $\pi/4$ Shift QPSK는 QPSK를 기본으로 하고 있기 때문에, 우선 QPSK를 설명한다.



[그림 1.1-9] 여러 가지 신호점의 배치

* PSK 방식은 입력 디지털신호를 위상신호로 변환하여, 반송파 주파수에 위상변화를 준다.

QPSK

QPSK는 [그림 1.1 9(1)]에 나타내었듯이 위상의 변화에 4가지 상태가 있으며, 각각의 위상을 제 1상한에서 순번으로,

- a. 제1상한 $\pi/4$
- b. 제2상한 $3\pi/4$
- c. 제3상한 $5\pi/4$
- d. 제4상한 $7\pi/4$

로 $\pi/2(90^\circ)$ 씩 변화하고 있다.

신호점의 배치에서 본 4가지 상태는 각각 (1,1),(-1,1),(-1,-1),(1,-1)로 할당되며, 예를들면 (1,1)을 기점으로 하여 다른 3점으로 자유롭게 이동이 가능하다. 신호점 (1,1)에서 신호점 (-1,-1)로 이동하기 위해서는 위상을 $\pi(180^\circ)$ 정도 비켜 놓는다. 이 4가지 신호점을 각각 디지털신호에 할당하면, (0,0),(0,1),(1,0),(1,1)이라는 2비트($2^2=4$ 가지) 정보를 표현할 수 있다.(추가설명 4 “신호공간에 의한 표현” 참조). 진폭의 절대값은 항상 1이지만, 플러스 마이너스 부호만을 변화시킨다. 이것을 진폭을 움직이는 경로로 한 원주상의 4점에 신호점이 배치되어 있는 것이다.

$\pi/4$ Shift QPSK

QPSK에서는 신호점(1,1)에서 신호점(-1,-1)로 움직일 때에 원점 O(0,0)을 통과하여야 한다. 그러나 (0,0)을 통과한다는 것은 캐리어의 출력이 0이 된다는 것을 의미한다. 캐리어의 출력이 0이 되면, 캐리어의 포락선(Envelope, 캐리어 진폭의 정점을 연결한 선)이 크게 변동하기 때문에 선형 전력증폭기(앰프)가 필요하다('선형'은 포락선의 '변동에 적응하여 변화한다.'라는 의미). 이 경우, 앰프의 특성이 좋지 않으면 진폭의 변화(포락선의 변동)가 위상의 변화(정보)에 영향을 끼쳐 원래 독립인 진폭과 위상의 독립이 깨져서 정보가 왜곡되는 문제가 발생한다.(선형성의 요구라 한다)

그래서 (0,0)을 통과하지 않고, 다른 신호점으로 움직일 수 있는 방법으로 제안된 것이 $\pi/4$ Shift QPSK이다[그림 1-9(2)]. $\pi/4$ Shift QPSK는 QPSK의 위상편이량(신호점에서 신호점으로 움직이기 위해 위상이 변화하는 비율)을 $\pm 3\pi/4(135^\circ)$ 만 변화시키고 있다. 이 때문에 [그림 1.1 9(2)]중에 ○에서●, 또는●에서 ○으로의 길만을 이용하게 하면, (0,0)을 통과하지 않기 때문에 포락선이 0이 되는 상태를 억제할 수 있다. 이것은 2개의 QPSK의 조합이라고 생각할 수 있다. 그 경우, I축과 Q축을 회전시키는 것이 필요하므로, 일반적인 QPSK에 비하면 약간 복잡

하게 된다.

16QAM의 트레이드 오프(Trade OFF)

여러 레벨화의 예로 표현한 [그림 1.1-9(3)]의 16QAM(16 Quadrature Amplitude Modulation)은 다시 여러 레벨로 변조하여 정보의 전송 효율을 높이는 방법으로, 미국 등의 업무용 이동통신[디지털 MCA(Multichannel Access System)]에 채용되고 있다. 위상과 함께 진폭도 변화시켜서 정보량을 증가시키고 있다. QAM 그 자체는 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)의 케이블 모뎀의 변조방식에 채용되며, 캐리어를 코사인과 성분과 사인과 성분 양쪽에서 변조한다.(위상과 진폭이라 해도 동일함) 16 QAM은 신호점을 증가시킴으로써 정보량도 증가시키지만, 신호점의 증가에 따른 왜곡의 영향을 받기 쉽기(잡음의 여유도가 감소) 때문에, 결과적으로 잡음에 약한 방식이 되는 점에 주의해야 한다. 이처럼 16 QAM에는 정보와 잡음의 트레이드 오프가 있으며, 또 이미 설명한 $\pi/4$ Shift QPSK에는 포락선의 안정과 변조방식의 복잡 등 어떠한 형태로 대가를 지불해야 한다.

(3) 각 지역 변조방식의 비교

현재 이용되고 있는 디지털 이동통신의 주요한 변조방식을 [그림 1.1-10]에 나타내었다. 우리나라에서는 CDMA 액세스방식을 사용하고 있으며, 변조방식은 DCS 및 PCS에서 BPSK/QPSK를 채용하고 있다. 일본의 PDC와 PHS는 변조방식에서 보면, 동일한 $\pi/4$ shift QPSK를 채용하고 있다. 이것은 선형 변조방식이다. 한편, 유럽에서 시작되어 아시아권에 보급되고 있는 GSM(Global System for Mobile Communication) 및 디지털 코드리스 전화방식의 DECT(Digital Enhanced Cordless Telecommunication)는 GMSK(Gaussian filtered MSK)라는 변조방식을 채용하고 있다. 이러한 것들은 비선형이며, PDC 및 PHS와 대조적이다.

선형은 베이스밴드 신호를 그대로 높은 주파수로 변환(변조)해도, 대역폭은 원래와 같으며 성질이 변하지 않는 것을 말한다. 반대로 비선형은, 수신측에서 특수한 조작을 하지 않으면 원래의 대역폭을 얻을 수 없다. 이처럼, 변환 조작에 관해서 선형, 비선형이라 한다(추가설명 5 “변조방식의 선형과 비선형” 참조).

선형의 QPSK는 이미 설명한 것과 같이 위상변화와 효율적이므로, 주파수 효율이 높은 특징이 있다. 한편, GMSK는 포락선이 일정하므로 앰프를 포락선 영역까지 사용해도 정보가 왜곡되지 않고, 전원효율이 높은 특징이 있다.[I(동상 성분)와 Q(직교 성분)로 표현된 신호공간에서 보면, 진폭이 일정하여 원주상을 회전하는 것처럼 그려지므로, 그 만큼 시간이 걸리기 때문에 정보 효율이 떨어진다]

여기에서도 주파수 효율과 전원 효율의 트레이드 오프가 보여진다. 일본의 QPSK 방식은 주파수 효율을 높게 하고 있는 양만큼, 전원 효율은 하드웨어로 커버하고 있다(이 때문에 $\pi/4$

Shift QPSK가 태어났다). 한편, 유럽의 GSMK 방식은 주파수 효율을 희생시켜 전원의 부담을 가볍게 하고 있다. 또 GSM은 속도가 높기 때문에, 멀티패스(Multipath, 전파의 반사에 의해 복수 경로로 신호가 도달하는 현상)에 의한 신호의 어긋남이 무시할 수 없을 정도로 크다. 그러므로 수신측에서 등화기(Equalizer)를 이용하는 것을 전제로 하고 있다.

방식/ 규격	PDC (일본)	IS-136 (미국)	GSM (유럽)	PHS (일본)	DECT (유럽)	DCS (우리나라)	PCS (우리나라)
주파수 대	800MHz대, 1.5GHz대	800MHz대, 1.9GHz대	890~915MHz 상행, 935~960MHz 하행 (GSM-900)	1.9GHz대	1880~1900MHz	800MHz대	1.8GHz대
채널 간격	50KHz (25KHz인터러브)	60KHz (30KHz인터러브)	400KHz (200KHz인터러브)	300KHz	1.728MHz	1.25MHz	1.25MHz
액세스 방식	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA	CDMA
타임 슬롯수	3	3	8	8	24	-	-
변조방 식	$\pi/4$ -DQPSK	$\pi/4$ -DQPSK	GMSK	$\pi/4$ -DQPSK	GMSK	BPSK/QPSK	BPSK/QPSK
전송속 도(bit rate)	42Kbps	48.6Kbps	270.833Kbps	384Kbps	1.152MHz	9.6Kbps	14.4Kbps
음성부 호화 방식	11.2Kbps VSELP, 5.6Kbps PSI-CELP	13Kbps VSELP	13Kbps RPE-LTP	32Kbps ADPCM	32Kbps ADPCM	8Kbps QCELP	13Kbps ACELP

[그림 1.1-10] 주요한 디지털 이동통신의 변조방식과 규격

PDC : Personal Digital Cellular

GSM : Global System for Mobile Communications

IS-136 : Intermediate Standard-136

PHS : Personal Handyphone System

DECT : Digital Enhanced Cordless Telecommunications

VSELP : Vector Sum Excited Linear Prediction

RPE-LTP : Regular Pulse Excitation-Long Term Prediction

ADPCM : adaptive Differential Pulse Code Modulation

PSI-CELP : Pitch Synchronous Innovation-Code Excited Linear Prediction

DCS : Digital Cellular System

PCS : Personal Communication System

QCELP : Qualcomm Code Excited Linear Prediction

ACELP : Algebraic Code Excited Linear Prediction

추가설명 1 : “멀티플 액세스의 의미”

멀티플 액세스의 번역에는,

- (1) 다원접속
- (2) 멀티 액세스

의 2가지가 있지만, 각각 뉘앙스가 다르다. (1)의 다원접속은 '많은 사용자가 어떤 매체에 대해 충돌을 발생시키지 않고 액세스하기 위해서는 어떻게 하면 좋은가?'라는 의미가 강하게 포함되어 있다. ②의 멀티 액세스는 '전파를 모든 사람이 공유하여 사용한다.'라는 의미가 강하다. '멀티'는 사용자가 전파를 액세스하는 것이 아니고, 기지국이 할당해 주는 채널의 다중을 말한다. 또 위성통신에서 단순히 '다원'이라는 용어는 문맥, 배경에 따라 그 의미가 다르다. '다원'에 '패킷 통신'의 의미를 갖는 경우도 있다.

이동통신의 경우는 '전파 자원을 어떻게 하여 공유하는가?'가 중요하기 때문에, '다중화'의 뉘앙스에 가깝다고 말할 수 있다. 1인 1채널이 할당되는 시스템은 다중화라고 말하지 않지만, 현재의 이동통신은 1개의 파(波) 혹은 하나의 전체 대역을 어떻게 모든 사람과 나누어 사용하는가가 문제인 것이다. 또 이동통신의 경우, 멀티플 액세스는 '통신이 종료되면 전파를 해방한다.'라는 개념이 포함되어 있다.

이처럼 '멀티플'과 '멀티'의 의미가 함께 들어 있기 때문에 적당한 용어가 없어서 '멀티플 액세스'라 하는 것이 적절한 경우가 있다. 어느 것이라도 '여러 사용자가 전파를 액세스하고, 전파를 다중화하여 전송한다.'라는 양쪽의 개념이 포함되어 있는 것을 이해하는 것이 중요하다

추가설명 2 : “sin/cos에 의한 진폭과 위상의 표현”

(1) 캐리어의 진폭과 위상의 표현

캐리어로부터 정보를 수신하는 측에는 cos과 sin의 2종류가 있다고 설명하였지만, cos와 sin의 구별을 하지 않으면 진동하는 파, 즉 변조 후의 캐리어[s(t)]를 sin의 구별을 하지 않으면 진동하는 파, 즉 변조 후의 캐리어[s(t)]를

$$s(t) = A(t) \cos[2\pi fct + \theta(t)] \dots(\text{식 2-1})$$

로 표현할 수 있다. 식 2-1에서 A(t)는 진폭, $2\pi fct$ 는 진동하고 있는 파의 중심 주파수를 나타내고, $\theta(t)$ 는 위상을 나타내고 있다. 이것이 캐리어를 진폭과 위상이라는 2개의 차원(Dimension)으로 표현하는 방법이며, 이 2가지 정보를 어떻게 사용하는가가 변조방식이다.

식 2-1처럼, 진폭과 위상이 독립해 있다고 생각해도 문제가 없기 때문에, 식 2-1을 전개하면,

$$\begin{aligned} s(t) &= A(t) \cos \theta(t) \cos(2\pi fct) - A(t) \sin \theta(t) \sin(2\pi fct) \\ &= I(t) \cos(2\pi fct) - Q(t) \sin(2\pi fct) \dots(\text{식 2-2}) \end{aligned}$$

로 된다. 여기서 I(t)와 Q(t)는 진폭이며, $2\pi fct$ 는 각 파의 중심 주파수이다.[I(t)는 캐리어에 대한 동상(In Phase) 성분, Q(t)는 직교(Quadrature) 성분이라 한다. ‘직교’에 관해서는 추가설명 3의 ‘직교란’ 참조]

식 2-2에서 sin과 cos에 정보를 실는다. 동상 성분에 해당하는 파와 직교 성분에 해당하는 것이 가능하다. 진폭변조와 위상변조(식 2-1)라 생각해도 좋고, sin, cos이라 생각해도 좋다.(식 2-2, sin, cos이라 생각해도, 각각의 진폭을 이용한다)

(2) BPSK의 예

또 예를 들면, BPSK(Binary Phase Shift Keying)는 특별해설 4 ‘신호공간에 의한 표현’에서 설명한 것과 같이 0과 $\pi(0^\circ$ 와 $180^\circ)$ 의 위상을 사용한다고 생각하여도 무방하고, 혹은 식 2-2의 cos측만을 사용한다고 생각하여도 좋다. 이러한 점을 자세히 조사해 보자. 우선 식 2-2의 cos측의 I(t), 즉 진폭을 플러스, 마이너스로 변화시키는 것이 BPSK라고 생각할 수 있다. 그러나 식 2-1에서 보면, 위상을 0으로 한 것과 동일하다. 즉,

$$\cos(2\pi fct + \pi) = -\cos(2\pi fct)$$

이기 때문에, 위상이 0인 것은 위상에 $\pi(180^\circ)$ 를 더하여, 플러스, 마이너스의 부호를 반전시키는 것이 된다.[$\cos(\pi \pm \theta) = -\cos \theta$]. 이처럼 식 2-1에서 생각하면 위상을 변화시키고, 식 2-2에서 보면 cos측의 진폭을 변화시킨 것이지만, 양쪽 모두 같은 것을 표현하고 있는 것이 된다. (위상과 cos의 변화는 신호공간에서 보아도 같은 것이 된다)

추가설명 3 : “직교란”

직교(Orthogonal)란 분리 가능하다.’라는 의미이기 때문에, 1타임 슬롯(1개의 정보를 보내고 있는 시간)을 관측해도 다른 정보와 혼신되어 있지 않다는 것이다. 송신을 시작하여 어떤 시간(T)에 종료할 때까지 기타의 정보와 구별이 가능하도록 되어 있으면 좋지만, 도중의 출입도 관계없다(3-1). 바꾸어 말하면, 직교는 순간적으로 보는 개념은 아니다.

직교 이미지를 (3-2)처럼 나타내지만, 2개의 축이 독립되어 있다(관계없음). 직교라는 말에는 ‘교차하고 있다. 관계가 있다.’라는 인상을 받기 때문에 완전히 반대의 이미지인 점에 주의할 필요가 있다.

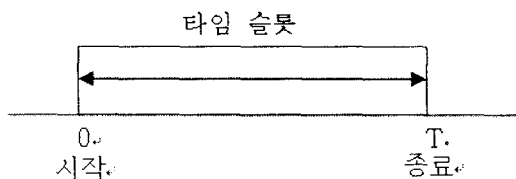
2개의 신호(변조 후의 반송파)를 S1, S2로 하고, 양자가 직교하고 있는 것을 수식으로 나타내면,

$$\int_0^T S1(t) \cdot S2(t) dt = 0$$

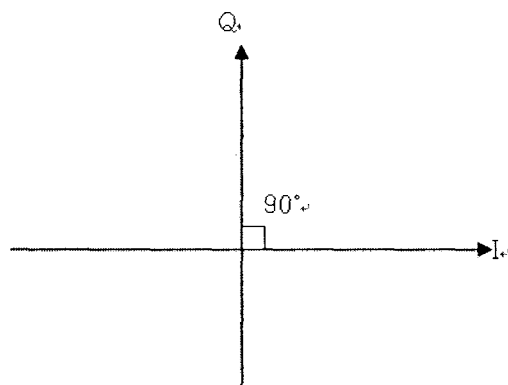
이 된다. S1을 ‘자신’, S2를 ‘타인’으로 바꾸어 읽으면, ‘자신×타인=0’으로, 자신과 타인의 구별이 가능하다는 의미를 나타내고 있다. 반대로,

$$\int_0^T S1(t)^2 dt = Eb$$

로 하면, 자신과 자신이 합쳐 에너지가 발생한다.



(3-1) 타임 슬롯으로 본 직교



(3-2) 직교의 도형적인 이미지

추가설명 4 : “신호공간에 의한 표현”

신호가 변조되는 모양은 변조 파라미터를 좌표로 한 '신호공간'에서 표현이 가능하다. (4-1)에 따라 신호공간을 표현하는 기본 방법을 설명한다.

본문과 똑같이 변조 후의 반송파를 $s(t)$, 진폭을 $A(t)$, 반송파의 중심 주파수를 $2\pi fct$, 위상을 $\theta(t)$ 라 하면,

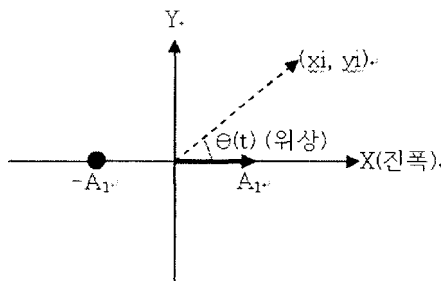
$$s(t) = A(t)\cos(2\pi fct + \theta(t)) \dots (1)$$

이 된다. 여기서 (1)식은 진폭 $A(t)$ 의 값을 원점 0에서 거리, 위상 $\theta(t)$ 의 값을 X축에 대한 각도로 하여 신호공간에 표현하는 것이 가능하다. 변조된 파형의 값은 신호공간 내의 한 점인 (x_i, y_i) 에 대응하고 있지만, 이것은

- (1) 원점에서 벡터(점선의 화살표)
- (2) 점 (x_i, y_i)

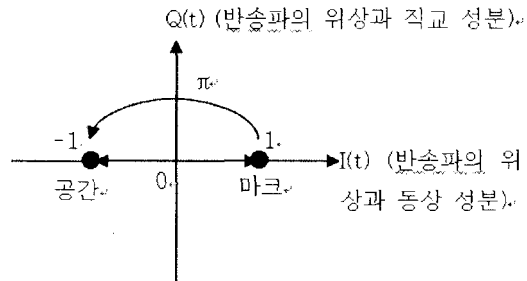
의 어느 것으로도 표현이 가능하다. 원점 0에서 X축상의 점 A_1 까지를 연결하는 직선(그림에서 굵은 화살표)은 $A = A_1, \theta = 0$ 으로, 변조 후의 반송파를 나타낸다.(반송파의 동상 성분)

다음에 (4-1(2))의 BPSK(Binary PSK)의 예를 보자. 위상변조의 신호점은 원점을 중심으로 그려진 원이 일정한 진폭을 나타내기 때문에 원주상의 점(마크 또는 스페이스)이 된다. 바꾸어 말하면, $Q(t)$ 축의 정보(진폭)는 이용하지 않는다. 마크와 스페이스는 위상만 주목하면 $\pi(180^\circ)$ 가 다르다. 180° 다르면, 그림과 같이 1과 -1을 배치하기 때문에, BPSK는 1과 -1의 2가지 상태, 즉 1비트 정보를 나타내고 있다. 위상이 180° 다르다고 하는 것은 본문에서 설명하였듯이 1을 -1로 하는(부호를 반전한다) 것으로, 진폭을 역전시킨 것과 동일하다. [$\cos(2\pi fct + \pi) = -\cos(2\pi fct)$]



(1) 신호공간에 의한 표시방법

BPSK: Binary Phase Shift Keying

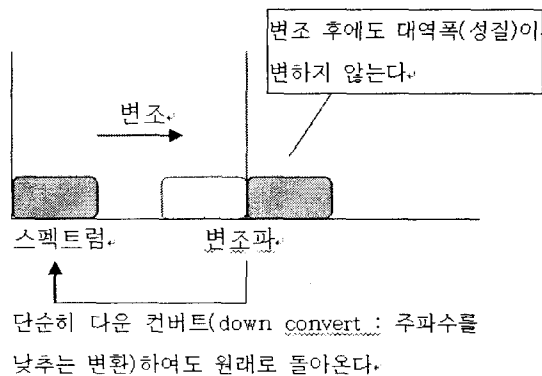


(2) BPSK 신호점의 배치

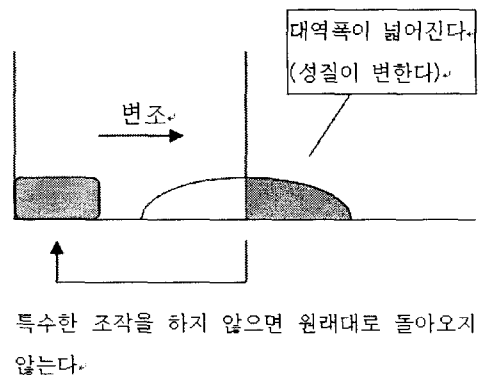
(4-1) 신호공간의 생각과 BPSK의 예

추가설명 5 : “변조방식의 선형과 비선형”

베이스밴드 신호를 높은 주파수의 캐리어로 천이(변조)하였을 때, 높은 쪽의 주파수에서도 베이스밴드 신호의 성질(전송 대역폭)이 보존되는 변조방식을 선형 변조방식(AM계)이라 한다.(1) 또한, 비선형 변조방식(FM계)은 천이 후에 베이스밴드 신호의 성질이 보존되지 않는다. 이 때문에, 예를 들면 음성 계열 데이터를 캐리어에 실을 때, 대역폭이 변조에 의해 변한다.(2) 또 FM계를 검파(복조)할 때에는 FM 검파기라는 특수한 검파기가 필요하다.



(1) 선형 변조방식



(2) 비선형 변조방식

2. 스펙트럼 확산 통신방식과 CDMA 기술 분석

모바일 컴퓨팅은 악조건에서도 양질의 정보전송을 가능하게 하는 통신시스템을 사용할 필요가 있다. 환경에 내성이 있는(Robust) 통신방식으로 알려진 스펙트럼 확산방식은, 무선 LAN의 변조 방식으로 IEEE 802 LAN/MAN 표준화위원회에서 표준화가 진행되고 있다. 한편, IMT-2000(5절 참조)은 유선전화급의 음질을 확보하고, 실내에서 2Mbps의 이동 데이터통신과 통합한 무선 멀티미디어 퍼스널통신 네트워크를 목표로 하고 있다. IMT-2000의 후보 기술 중 광대역 CDMA(W-CDMA)가 주목받고 있는데, 이것은 스펙트럼 확산방식을 사용한다.(CDMA는 액세스방식이며, CDMA를 사용한 무선통신은 스펙트럼 확산방식으로 변조를 한다)

여기에서는 우선 스펙트럼 확산방식과 CDMA의 기본 원리를 기술한다. 다음에 스펙트럼 확산 통신방식을 사용한 무선 lan에 대해 설명한 후, IMT-2000에서 주목받고 있는 W-CDMA의 기술적 측면을 설명한다.

가. 스펙트럼 확산방식

스펙트럼 확산(SS : Spread Spectrum)통신방식이란, '정보신호(베이스밴드 신호)를 신호가 원래 갖고 있는 주파수 대역폭보다 훨씬 큰 주파수 대역으로 넓혀서(확산해서) 전송하는 통신방식'이라 할 수 있다. 그러면 원래 좁은 대역의 정보신호의 대역폭을 어떻게 하면 넓힐 수 있을까? 그러기 위해서는,

- (1) 정보신호에 대역폭이 넓은 신호를 곱한다.
- (2) 정보신호 캐리어의 주파수를 광범위하게 순차적으로 변화시킨다.

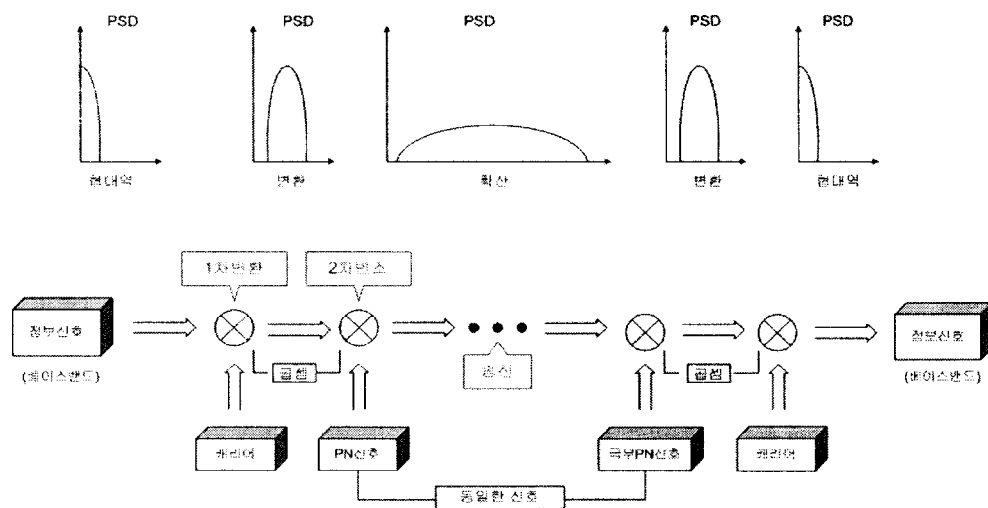
고 하는 2가지 방법이 있다. 제1의 방법을 직접 확산(DS : Direct Sequence)방식이라고 하며, 제2의 방식을 주파수 호핑(FH : Frequency Hopping)방식이라 한다.

(1) 직접 확산방식의 전체 모습

직접 확산방식에서 정보신호의 주파수를 확산하는 데 필요한 광대역신호(확산신호)에는, 의사적 잡음의 신호(PN : Pseudonoise 신호, 의사잡음 신호)가 사용되고 있다. PN신호는 대부분, 예를들면 '1011000'과 같은 수열(Sequence), 즉 수학적으로 명확하게 규정되는 이진부호가 사용되고 있다. 이것을 의사잡음 부호(PN부호)라 한다. 그 대표적인 것은 'M 수열'로 그 밖에도 골드 수열, 베이커 수열 등을 비롯한 많은 수열이 있지만, 기본 원리를 해설하는 관점에서 그 차이는 무시해도 좋다. 직접 확산방식에 의한 데이터 전송을 [그림 1.2-1]에 나타내었다.

우선, 정보신호는 1절에서 설명한 일반적인 변조방식(협대역 변조방식)에 의해 캐리어의 주파수대로 주파수 변환된다(변조에 의해 베이스밴드 신호의 주파수대가 높은 주파수대로 이동하는 것을 '주파수 변환'이라고 한다). 이른 1차 변조라 한다.

다음에 변환된 협대역 신호보다도 더욱 광대역인 PN신호가 곱하여져, 주파수가 확산되어 송신된다. 이것을 2차 변조라 한다. 수신측에서도 송신측과 같은 PN신호가 같은 타이밍으로 곱하여져 협대역신호로 환원된다.([그림 1.2-1]의 '국부 PN신호'란, 수신측에서 사용되는 PN신호를 뜻한다). 그 후 일반적인 협대역 변조방식의 검파(캐리어에서 정보신호를 분리하는 일)에 의해 복조된다. 확산된 신호를 수신기에서 원래의 대역폭 신호로 환원하는 것을 '역확산'이라 한다.

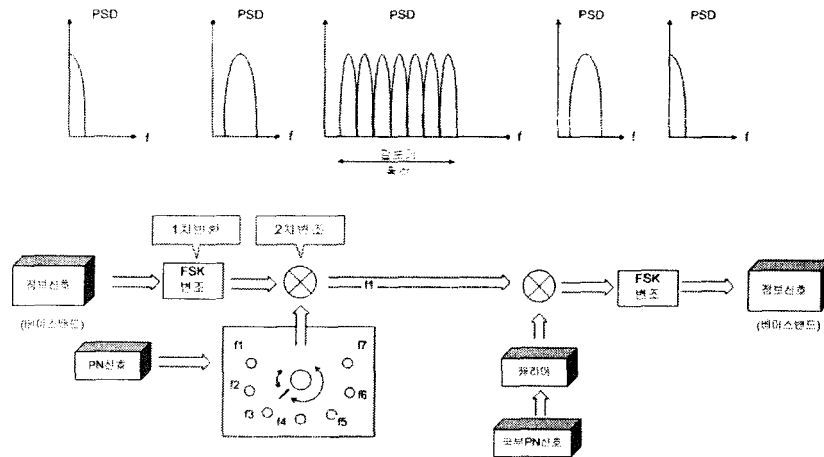


[그림 1.2-1] 직접 확산방식에 의한 데이터 전송

PSD : Power Spectral Density, 전력스펙트럼 밀도. 1Hz당 신호 전력으로 단위는 W/Hz

* 직접 확산방식은 변조를 2회 하는 것이 특징이지만, 1차 변조는 일반적인 변조이며 베이스밴드의 정보신호를 캐리어에 실는 작업이다. 이것을 '주파수 축상의 이동' 또는 '주파수 변환'이라고 한다. 또한, 1차 변조 후 캐리어에 PN신호를 곱하여, 정보신호의 대역폭을 넓히는(확산하는) 2차 변조가 이 방식의 큰 특징이다.

(2) 주파수 호핑 방식의 전체 모습



[그림 1.2-2] 주파수 호핑 방식

- * FSK : Frequency Shift Keying
- * 호핑 : 캐리어 주파수를 넓은 범위에 걸쳐 잇달아 변화시킨다.
- * 주파수 호핑방식도 스펙트럼 확산방식의 하나이지만, 1차 변조(FSK) 후 캐리어의 대역폭은 서로 다른 주파수로 연속해서 호핑하므로 외관상 확산되고 있는 점이 직접 변조방식과 다르다.

[그림 1.2 2]에 주파수 호핑 방식을 나타내었다.

1차 변조에는 이진 또는 다진의 FSK 방식이 많이 이용된다. 2차 변조에서는 PN신호에 따라 특정 패턴으로 주파수가 호핑되며, 수신기에서 동일한 주파수 패턴으로 검파하는 것이 된다.

나. 스펙트럼 확산방식의 원리와 CDMA

스펙트럼 확산방식이 모바일 컴퓨팅에 이용되는 형태는 2가지가 있다는 것을 설명하였다. 즉,

- (1) 좁은 범위에서 액세스하는 무선 LAN
- (2) 넓은 범위에서 액세스하는 멀티미디어 개인통신 네트워크(IMT-2000 등)

이다. 무선 LAN에는 직접 확산방식 그리고 주파수 호핑방식이 이용된다. 한편 IMT-2000에서 제안하고 있는 W-CDMA 무선방식은 직접 확산방식을 사용한다. 그래서 직접 확산방식과 CDMA의 기본 원리에 대하여 설명한다. 직접 확산방식의 기본 원리를 이해함에 있어, 1차 변조 주파수 이동(변환)은 본질적인 문제가 아니므로 생략하고, 본질을 나타내는 베이스밴드 스펙트럼 확산 통신방식에 대하여 설명한다.

(1) 확산 및 역확산의 방법

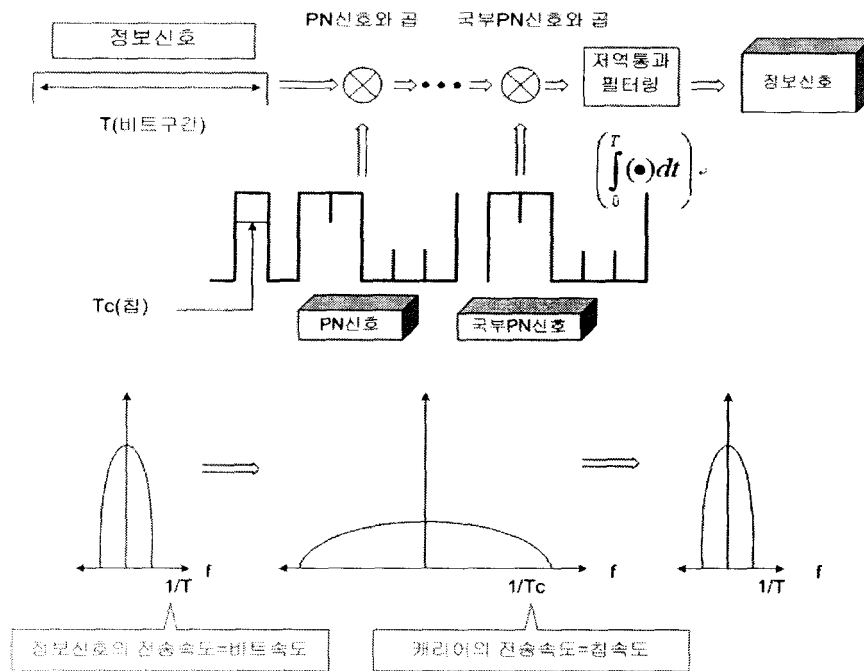
[그림 1.2-3]을 보면, 협대역 정보신호가 확산신호(PN신호)와 곱해져 송신기에서 송신된다. 수신기에서는 동일한 PN신호가 '국부 PN신호'로 이용되어 동일한 타이밍에서 곱해져 저역통과 필터(본질적으로는 적분) 후에 정보신호가 재생된다. 저역통과 필터는 낮은 주파수 성분만 통과하게 되어 적분에 가깝다고 말할 수 있다.

송신신호와 국부 PN신호를 곱하고, 저역통과 필터링을 하는 것을 '상관을 취한다.'라고 한다. 또 신호의 비트속도 $1/T$ 에 대하여 PN신호 칩속도 $1/T_c$ 의 비율을 '확산율'이라고 한다. $[(1/T_c)/(1/T) = T/T_c \text{ 가 확산율}]$

송수신신호와 PN신호, 정보신호의 관계를 그림 1.2-8-13에 나타내었다. 진폭은 항상 ± 1 이다. [그림 1.2-4 (1)]은 송신하고 싶은 정보신호이다. 비트 구간을 단위로 하여 정보(1 또는 0의 기호)에 따라 +1 또는 -1이 된다. [그림 1.2-4(2)]는 PN신호로 그 가운데 미세한 하나 하나의 구형파를 칩이라 한다. [그림 1.2-4(3)]은 정보신호와 PN신호가 곱해진 송신신호이다. 정보신호가 확산되어 송신신호로 되어 있는 것을 알 수 있다. 잡음을 무시하면, 송신신호는 수신신호라 생각할 수 있다.

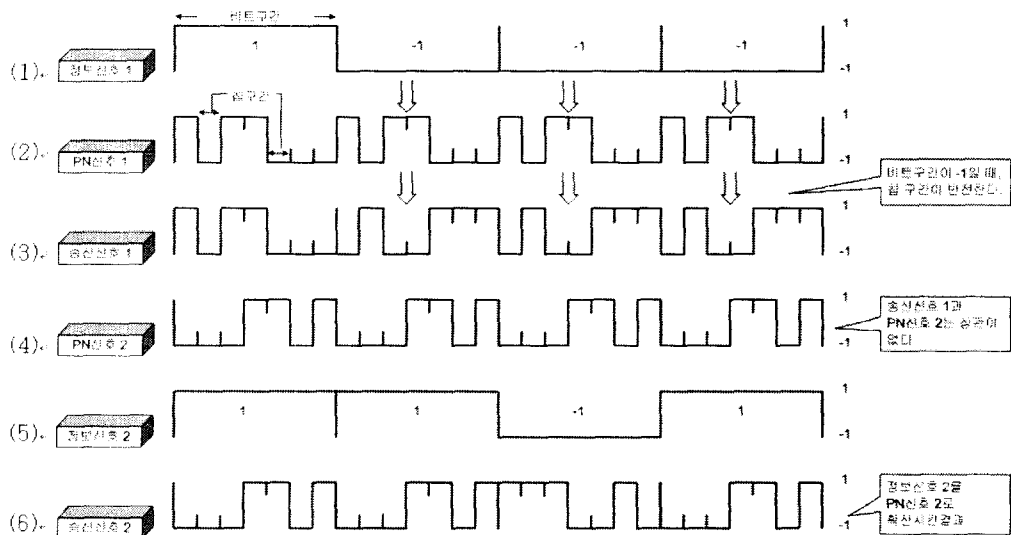
한편, 수신기측에서 [그림 1.2-4(2)]와 동일한 PN신호를 동일한 타이밍에 준비해 둔 것이다. 여기에서 수신기측의 PN신호(국부 PN신호)인 [그림 1.2-4(2)]와 수신신호인 [그림 1.2-4(3)]을 곱하면, 동일한 비트 구간 내에서는 어느 칩이든지 모두 서로 다른 부호 곱셈(플러스×마이너스) 또는 동일 부호 곱셈(마이너스×마이너스, 플러스×플러스)이 이루어진다. 그 결과 원래의 정보신호인 [그림 1.2-4(1)]이 얻어진다.

그러면, 수신기측에서 [그림 1.2-4(2)]와 상이한 PN신호 ②[그림 1.2-4(4)]를 준비해 두자. 그리고 수신신호[그림 1.2-4(3)]를 먼저와 다른 새로운 PN신호 ②[그림 1.2-4(4)]와 곱해 보자. 각각의 칩을 보면, 상이한 부호, 동일한 부호의 곱셈이 서로 상반되어 나오는 것을 알 수 있다. 이것을 저역통과 필터링을 하면, 결과는 1도 -1도 아닌 0이 된다. 이러한 것을 '상관관계가 없다.'고 한다. 이어서 [그림 1.2-4(1)]과 다른 정보신호 ②[그림 1.2-4(5)]를 준비했다고 하자. 이번에는 제2의 PN신호 ②[그림 1.2-4(4)]를 이용하여 제1의 정보신호 ②를 확산하였다고 하자. 그 결과 제2의 송신신호 ②는 [그림 1.2-4(6)]이 된다. 수신기측에서 제2의 PN신호 ②를 가지고 있으면, PN신호 ②와 송신신호 ②의 곱에 의해 원래의 정보신호 ②가 얻어진다는 것은 명확하다.



[그림 1.2-3] 직접 확산방식의 원리

- * 확산 : 정보신호의 비트 구간이 다수의 칩 구간에 분할 되는 것
- * 저역통과 필터링을 하는 적분식 중에서 (●)는 입력신호, 즉 적분 대상을 나타낸다.



[그림 1.2-4] 송수신신호와 PN신호, 정보신호의 관계

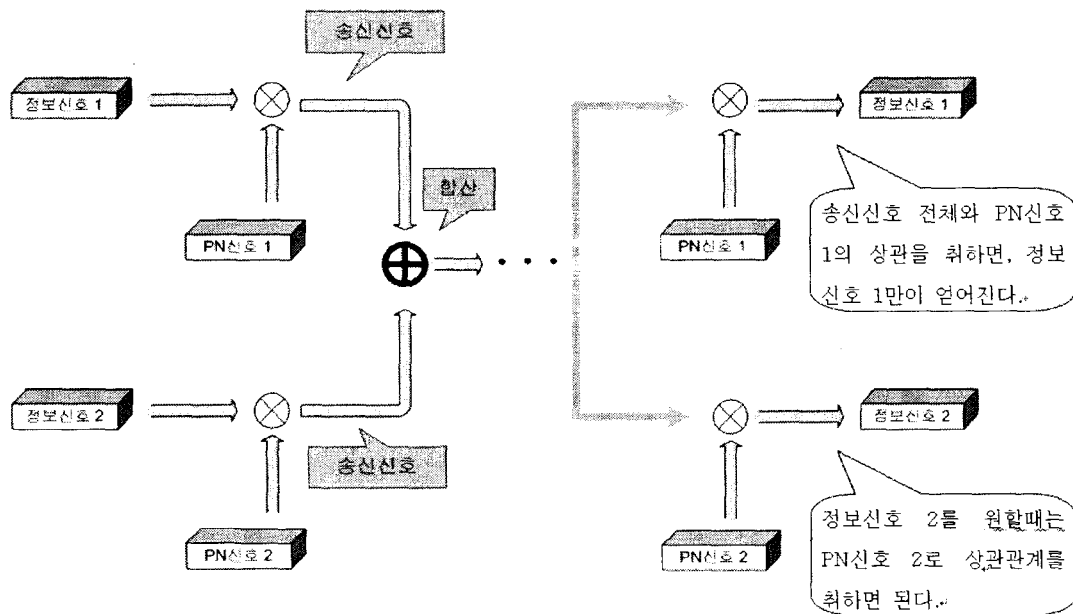
- * 수신신호 $\times$ PN신호 = 정보신호
- * 확산시 서로 상이한 PN신호는 수신신호와 상관이 없다

(2) CDMA의 원리

지금까지 설명한 확산과 역확산의 성질을 사용하면, [그림 1.2-5]와 같은 CDMA(Code

Division Multiple Access, 부호분할 다원접속)가 가능하게 된다.

2종류의 정보신호(정보신호1과 정보신호2)가 각각 별도의 PN신호(PN신호1과 PN신호2)로 확산되어 짝을 이루어 송신된다. 이 신호를 수신하여 PN신호1과 상관이 있으면, 정보신호1만이 수신된다. 이 때, PN신호2는 정보신호1과의 상관 결과가 0이 되기 때문에 정보신호1에 아무런 영향을 미치지 못한다. 또 정보신호2를 수신하고 싶으면, PN신호2와 상관을 취하면 된다.



[그림 1.2-5] CDMA의 원리

(3) 스펙트럼 확산의 주의 사항

스펙트럼 확산 원리에 대한 세부사항은 아래와 같다.

○ 간섭의 문제

스펙트럼 확산에는 다른 국의 부호에 의한 간섭 문제가 있다. [그림 1.2-4]의 원리적인 해설에서는 원하는 정보(원하는 상대국)의 PN신호와 원하지 않는 정보(기타 국)의 PN신호의 상관(상관 관계)이 0인 경우(이것을 '직교하고 있다.'고 말함), 즉 이상적인 경우에 대해서 설명하였다. 현실에서 완전한 직교상태는 존재하지 않는다고 하여도 무방하다. 희망하는 국이 원거리에 있고, 희망하지 않는 국이 아주 가까이 있으면, 희망하는 국의 PN 부호로 검파하여도, 희망하지 않은 국의 간섭이 상회하여 원하는 정보를 만족한 형태로 얻을 수 없는 경우가 적지 않다(이것을 '원근 문제'라 한다). 이와 같은 간섭을 가능한 억제하는 것이 중요하며, 전력제어 등 여러 가지 방법이 제안되고 있다.

○ 변조의 순서

또 하나는 1차 변조와 2차 변조의 순서 문제이다.

정보의 협대역 변조와 확산을 위한 변조는 그 역사적 경위로부터 '1차 변조', '2차 변조'라 부르고 있지만, 반드시 이 순서일 필요는 없으며, 정보신호로 확산신호를 변조하고 그 다음에 캐리어 변조를 하여도 무방하다.

또 복조의 경우도, 역확산하고 나서 협대역 신호를 복조해도 되고, 확산된 신호 그대로 기저대역 신호로 만든 후, 역확산하여도 무방하다.

지금까지의 설명이 스펙트럼 확산 통신방식과 CDMA의 개요이다. 이와 같이 확산을 함으로써 종래 통신방식에서는 통신이 불가능하였던 열악한 환경[예를 들면, Multipath Fading : 멀티 패스 영향에 의한 수신 레벨의 급격한 변동]에서 가능하게 되고, 휴대전화의 사용자 커패시티(동일 대역폭이라는 조건에서 한 기지국이 수용 가능한 가입자수)의 증가가 가능하다는 이점 때문에 널리 이용되어 왔다.

다. 무선 LAN

IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 미국 전기전자 기술자협회)의 802.11 워킹 그룹은 무선 LAN의 물리층과 MAC(Media Access Control, 매체 액세스 제어) 부층에 대하여 표준화를 시행하고 있다. 물리층에서는 ISM(Industrial Scientific Medical, 산업과학 의료용) 밴드라 하는 2.4GHz대의 26MHz를 이용한 FH 방식과 DS 방식이 표준화되고 있다.

(1) DS 방식

DS 방식에서는 확산율이 10배 이상으로 규정되어 있기 때문에, 주기 11칩의 베카 계열을 이용하여 11Mcps(chips/sec)에서 1Mbps 또는 2Mbps의 정보신호의 확산이 자주 발생한다. 1차 변조방식은 1Mbps의 경우 DBPSK(Differential BPSK), 2Mbps의 경우 DQPSK(Differential QPSK)가 이용되고 있다.

(2) FH 방식

FH 방식에도 정보 전송속도는 1Mbps와 2Mbps의 두 방식이 있다.

1Mbps의 경우는 2진 GFSK(Gaussian Frequency Shift Keying), 2Mbps의 경우는 4레벨 GFSK가 이용되고 있다.

라. W CDMA

IMT-2000에서 제안하고 있는 방식 중에서도 주목받는 것이 W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access, 광대역 부호분할 다원접속)라고 하는 방식이다. 이는,

- (1) CDMA의 역사 속에서 중요한 전환점이 된 1989년의 Narrow-band CDMA
- (2) 스펙트럼 확산의 특징을 활용한 Broadband CDMA

에 이어, 우리나라를 비롯하여, 미국, 유럽, 일본에서 함께 제안되고 있는 방식이다. W-CDMA에서는 멀티미디어에 대응하기 위해 다양한 통신속도를 통합하여 다룰 필요가 있다. 이를 위해 확산율을 가변으로 하는 방법 및 더욱 빠른 고속화를 위해 복수의 부호를 병렬로 사용하는 방법이 채용되고 있다. 최종적으로 스펙트럼(스펙트럼)의 확산은 부호길이가 긴 롱코드와 부호길이가 짧은 쇼트코드의 2계층에서 이루어지고 있다. 기지국으로부터의 하향회선에서는 롱코드로 셀을 식별하고, 쇼트코드로 채널을 식별한다. 상향회선에서는 롱코드로 터미널을 식별하고, 쇼트코드로 셀을 식별한다.

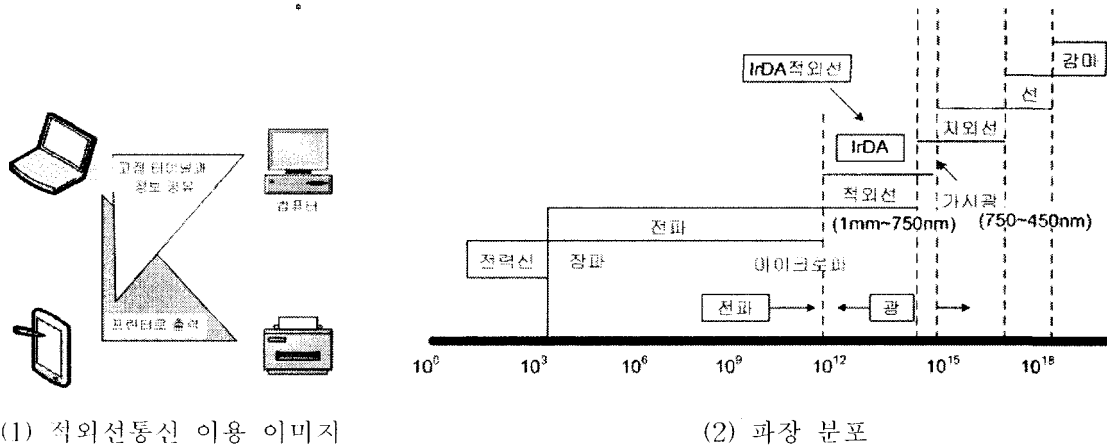
앞에서 언급한 타국에서의 간섭을 제거하기 위해 타국 간섭 캔슬러(Canceller)라 하는 방법을 채용하고, 동시에 오류 수정시스템을 사용함으로써 한정된 주파수 대역에서 많은 사용자를 수용할 수 있다. IMT-2000에서의 정보신호란,

- (1) 가변 정보속도의 멀티미디어를 포함한 데이터신호
- (2) 디지털화된 음성신호

의 2가지이다. 음성부호화 방식에서는 넓은 대역폭이 필요한 과형 부호화와 협대역에서 좋은 파라미터 부호화가 있지만, IMT-2000에서는 32Kbps의 ADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation, 적응펄스 부호변조)에 가까운 품질이면서 8Kbps로 전송 가능한 CS-ACELP(Conjugate-Structure Algebraic Code Excited Linear Prediction) 방식이 추천되어 있다. 파라미터 부호화란 인간의 음성 특징을 활용하여 과형 그 자체를 부호화하는(1과 0으로 하는) 것이 아니라 과형의 특징을 나타내는 '특징 파라미터'로 분해하여 그 값을 부호화하는 방식이다.

3. 광통신방식 분석 : 적외선에 의한 모바일 컴퓨팅

최근 PDA나 전자수첩 등의 휴대 정보터미널, 휴대형 컴퓨터, 전자카메라, 프린터, 멀티미디어 PC 등이 포트에 적외선 인터페이스가 탑재되어, 이들 터미널 간에 적외선에 의한 케이블리스 통신이 행해지고 있다(그림 1.3-1(1)). 여기에서는 적외선을 이용한 모바일 컴퓨팅 기술을 소개한다.



[그림 1.3-1] 적외선의 이용 이미지와 파장 분포

가. 적외선 통신의 특징

적외선은 [그림 1.3-1(2)]에 나타난 파장 분포를 가진 광선으로, 가시광선보다 파장이 길다. 직진성이 강하면 광범으로 전파된다. 빛은 진행 방향에 장애물이 있으면 반사하므로 전파와 같은 주위의 수백 m에서 수십 m 원거리의 광범위한 통신에는 알맞지 않으며, 실내 이용이 중심이다.

반면에 비밀성이 강하여 높은 보안의 통신시스템을 만들 수 있다. 또한 파장이 짧기 때문에 전송 용량을 크게 할 수 있다. 10Mbps의 통신방식이 제품화되어 있으며, 연구 레벨에서는 125Mbps까지의 통신도 이루어지고 있다. 하드웨어 구성도 LED(Light Emission Diode, 발광 다이오드)와 포토 다이오드(Photo Diode)의 간단한 조합이므로 경제적으로 만들 수 있다.

또한 전파에는 국제간 그리고 국내 이용에서 전파법에 의한 규제가 있다. 이에 반해 적외선에는 규제가 없으므로 세계적인 통일 규격을 만들 수 있다. 이와 같이 전파를 이용한 통신과 적외선을 이용한 통신에는 각각 장단점이 있다. 원거리통신에는 전파가 필요하지만 매우 근거리의 PC나 통신기기, 정보 가전기기 등의 케이블리스 통신에는 적외선 미디어가 유효하다고 할 수 있다.

나. 적외선 통신의 분류

적외선 통신을 통신 방식으로 분류해 보면,

- (1) 단일 빛에 의해 링크되는 점 대 점형 통신
- (2) 복수의 빔을 사용하여 대상 범위를 광범위하게 확장한 적외선 LAN

이라는 2개의 타입으로 분류된다. (1)의 점 대 점 통신형의 규격은 IrDA(Infrared Data Association)라는 PC를 중심으로 기업 단체에서 규격화가 진행되고 있다. 한편, (2)의 적외선 LAN의 규격은 IEEE 802 위원회 중 무선 LAN을 취급하는 IEEE 802.11 그룹에서 국제적인 표준화가 진행되고 있다. 여기에서는 IrDA의 점 대 점형 통신의 표준화 기술을 중심으로 설명 하겠다. [그림 1.3-2]에 IrDA 규격과 IEEE 802.11 규격의 주요한 차이점을 나타내었다.

항목	IrDA 규격 IrDA-SIR Ver 1.1	IEEE 802.11 규격
파장	850~900nm	850~950nm
전송거리	1m(필수), 3m(선택 규격)	30m(가시거리), 5m(실내)
전송속도	576Kbps, 1.152Mbps, 4Mbps	1Mbps, 2Mbps
변조방식 (부호화 방식)	베이스밴드 RZ, 3/16 펄스 4레벨 PPM(4Mbps의 경우)	16레벨 PPM(1Mbps의 경우) 4레벨 PPM(2Mbps의 경우)

[그림 1.3-2] 적외선통신 방식의 비교

* RZ : Return to Zero, 0을 낮은 레벨, 1을 높은 레벨로 표현하지만, 1일 때는 비트의 후반에서 펄스가 반드시 낮은 레벨로 돌아가는 방식

* PPM : Pulse Position Modulation, 펄스 위치변조

다. IrDA에서의 적외선 하드웨어 기술

IrDA는 통신거리 1m 이내의 PC와 주변기기 간의 케이블리스 통신을 위한 적외선 인터페이스 기술을 규격화하는 단체로서 1993년에 발족되었다. 당초 PDA나 전자수첩 등의 휴대 정보 터미널을 프린터나 데스크탑형 PC와 연결하기 위한 규격화였으나, 그 후 여러 응용 목적으로 이용되었다. 예로 전화기나 모뎀에 의해 공중망에 접속하기 위한 게이트웨이 기능, LAN 액세스 기능, 디지털 카메라와 PC 간의 통신을 들 수 있다. 또한 휴대 전화와 휴대 정보터미널 간의 음성통신용, CD-ROM의 멀티미디어 정보의 검색용 등 여러 가지의 적외선 통신의 응용이 생각되고 있다. IrDA의 플랫폼이 되는 기술은 신호 전송방식에 따라 다양하다. IrDA에서 적외선 변조 기술로,

- (1) 베이스밴드 방식
- (2) ASK(Amplitude Shift Keying) 방식
- (3) FSK(Frequency Shift Keying) 방식

의 3가지가 제안되었다.

베이스밴드 방식은 디지털 데이터를 그대로 신호로 전송하는 방식으로, 신호에는 저주파 성분에서 고주파 성분까지를 포함하고 있다. ASK 방식은 데이터가 '0'의 구간을 부반송파로 송신하는 방식으로 '0'이 이어지면 부반송파 신호가 연속으로 전송된다.(제안된 ASK 방식은 부반송파로서 500KHz를 채용)

또한 FSK 방식은 데이터가 '1'인 경우와 '0'인 경우가 각각 다른 주파수로 전송되는 방식으로, 항상 빛이 방사되고 있으므로 소비전력이 크다.

IrDA는 고속통신을 저가, 저소비 전력으로 실현하는 방식을 중시하여 베이스밴드 방식을 채용하였다. 통신속도는 기존의 PC 인터페이스 속도인 115.2Kbps를 채용하였으나, 그 후 장래의 멀티미디어 정보통신을 고려하여 4Mbps까지 고속화하였다. [그림 1.3-3]에 IrDA의 규격을 나타내었다. [그림 1.3-3]의 IrDA-SIR(Serial Infrared Physical Layer Link Specification)는 IrDA 최초의 표준 규격인 IrDA-SIR Ver 1.0에서 시작되어, 그 후 576Kbps, 1.152Mbps, 4Mbps의 고속 적외선 통신속도 규격인 IrDA-FIR(Fast Infrared)가 완성됨으로써 IrDA-SIR Ver 1.0에 고속 규격을 추가하여 IrDA-SIR Ver 1.1을 만들었다. 그리고 그 후에도 계속 규격의 개정이 이루어지고 있다. 단, IrDA의 통신속도는 9600bps만 필수이고, 나머지 속도는 모두 선택 규격이다. 기기 간의 접속 개시 때의 협상도 9600bps로 이루어지고 있다.

항 목	IrDA 규격						ASK 규격
	IrDA-SIR Ver 1.0	IrDA-SIR Ver 1.1		IrDA-SIR Ver 1.2	IrDA-SIR Ver 1.3		
통신속도	2.4~115.2 Kbps	576Kbps 1.152Mbps	4Mbps	115.2Kbps	576Kbps 1.152Mbps	4Mbps	9600bps~ 57.6Kbps
변조방식 (부호화방식)	베이스밴드 3/16 펄스	베이스밴드 RZ 3/16 펄스	4레벨 PPM	베이스밴드 RZ 3/16 펄스	베이스밴드 RZ 3/16 펄스	4레벨 PPM	ASK 펄스 변조 부반송파 500KHz
통신방식	비동기 반이중	비동기 반이중	프레임동기 반이중	비동기 반이중	비동기 반이중	프레임동기 반이중	비동기 반이중
파장	850 ~ 900 nm						900~1050 nm
전송거리	1m(필수), 3m(선택 규격)			0.2m		1m	
전 패션과 의 차이	-	전송속도의 빠른 모드를 추가		전송속도와 거 리를 희생시키 고 낮은 소비전 력 모드를 추가	전송속도가 빠른 모드를 추가(전송거리는 짧음)		-

[그림 1.3-3] 적외선 통신 방식의 규격

* IrDA-SIR : Serial Infrared Physical Layer Link Specification, 직렬 적외선 물리층 링크규격

* RZ : Return to Zero

* ASK : Amplitude Shift Keying

(1) IrDA-SIR Ver 1.0(통신속도 2.4~115.2Kbps까지의 기술)

IrDA-SIR Ver 1.0에서 규정된 송, 수신 데이터의 적외선 전기신호 변환과정을 나타내었다. 인텔의 CPU를 탑재한 PC의 표준인 IBM PC/AT 호환의 16550 UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)의 출력인 시리얼 데이터는 IR 송신 변조기(적외선 변조기)에 의해 펄스의 폭이 3/16으로 단축된다. 이는 적외선의 송출 전력을 낮게 유지시키기 위한 것이다. 이 UART 출력 데이터는 비동기방식으로 데이터는 8비트마다 스타트 비트인 0과 스톱 비트인 1로 둘러싸여져 전부 10비트로 하나의 프레임을 구성하고 있다. 이른 UART 프레임이라고 한다. UART의 프레임 데이터를 IR 변조한 것이 IR 프레임이다.

이 IR 프레임은 LED를 통해 송출 데이터가 '0'일 때에 적외선 펄스가 방사된다. 수신측에서는 이 순서의 역순이 된다. 즉, 적외선 펄스가 IR 검출기(포토 다이오드)에서 검출되면, 적외선 펄스가 전기 신호 펄스로 변환되어 복조기에서 펄스 폭이 확장된 후 UART 프레임에서 수신 데이터로 변환된다.

(2) IrDA-SIR Ver 1.1(통신속도 576Kbps, 1.152Mbps의 기술)

IrDA-SIR Ver 1.1에서는 IrDA-SIR Ver 1.0의 속도를 시간축에서 1/5배, 1/10배로 단축하여 고속화를 도모한 것으로, 기본 통신속도 115.2Kbps의 기술(IrDA-SIR Ver 1.0)의 연장선상에 있다. 단, 펄스 폭은 비트 주기의 4/16이며, 데이터 포맷의 헤더 부분은 IrDA-SIR Ver 1.0의

헤더 부분과는 다르다.

(3) IrDA SIR Ver 1.1(통신속도 4Mbps의 기술)

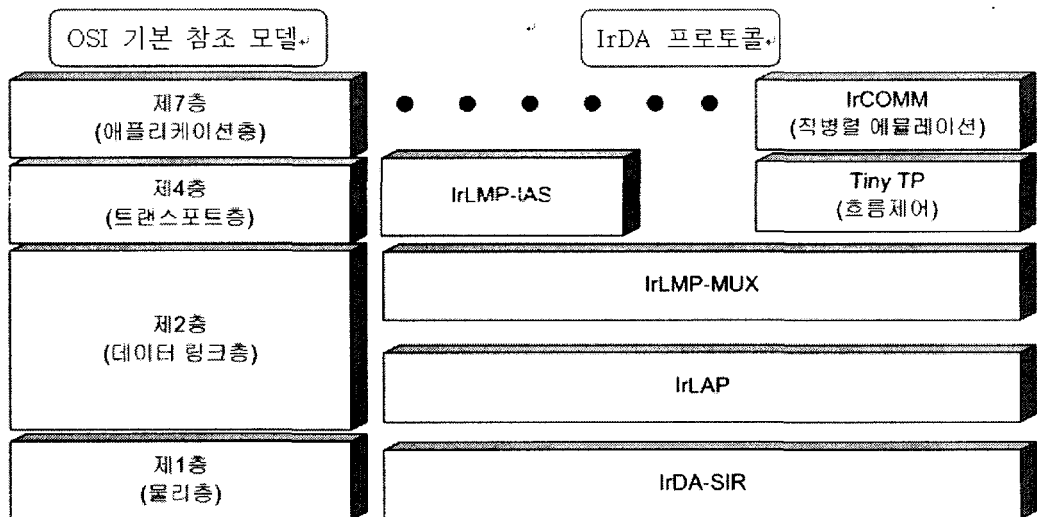
PPM(Pulse Position Modulation) 방식은 '심볼 타임'이라 하는 어떤 정해진 단위 시간을 '칩'이라 불리는 복수의 슬롯으로 분할하여 어느 1개의 칩에만 펄스를 세운다. 이와 같이 펄스 위치에 의해 정보를 표현하는 변조방식이 PPM이다. 적외선에 PPM의 적용은 IEEE 802.11 적외선 LAN 방식에 채용되어 있다. IrDA의 4레벨 PPM의 경우 500ns(4Mbps의 2비트 데이터 상당)의 심볼 타임을 4등분했을 때 가능한 4개의 칩에 각각 '00','01','10','11'을 부여해서 2비트씩 송신데이터의 조합에 의해 펄스 위치를 정해 송신하다. 2비트 데이터의 조합은 $2^2=4$ 가지 (00,01,10,11)가 있으므로, 4레벨 제어라 한다.

라. IrDA에서의 적외선 소프트웨어 기술

IrDA의 소프트웨어 기술은 [그림 1.3-3]의 모든 규격에 적용된다. 그 프로토콜은 [그림 1.3-4]와 같이 계층 구조로,

- (1) 물리층
- (2) IrLAP(IrDA Link Access Protocol, 링크 액세스 제어 프로토콜)
- (3) IrLMP(Infrared Link Management Protocol, 링크 관리 프로토콜)

의 3가지이지만, IrDA에서는 플랫폼으로, 모든 IrDA의 제품을 갖추어야 한다. 그 외의 프로토콜은 필요에 따라 채용되는 선택 규격이다.



[그림 1.3-4] IrDA의 기본 프로토콜 체계

(1) IrLAP 규격

IrLAP는 1차 국과 2차 국의 커넥션을 확립하는 프로토콜로서,

(가) SREJ(Selective Reject)형의 에러 재전송 가능

(나) 적외선통신을 이용하는 것을 의식해서 통신권 내에 자신 이외에 어떠한 IR 터미널이 있는가를 찾기 위한 발견 순서

(다) 불특정 터미널이 중복되지 않고 고유의 어드레스를 갖기 위한 어드레스 충돌 회피 순서 등을 지원하기 위해 HDLC(High Data Link Control)의 NRM(Normal Response Mode)이 채용되었다. 이로서 여러 사람이 휴대 정보터미널을 갖고 모여 있는 경우에도 통신을 할 수 있다.

또한 IrLAP에서는 적외선을 통신 매체로 이용함으로써 다음과 같은 매체(미디어) 액세스 제어를 규정하고 있다.

○ 통신 시작 시의 미디어 모니터

통신 시작 시에는 통신을 하기 전에 500ms(밀리 초) 동안 기다려서 다른 터미널의 통신 상태를 체크하여, 통신이 없는 상태를 확인한 후 송신한다. 이로 인해 혼신에 의한 통신 에러를 미연에 방지할 수 있다.

○ 커넥션 상태에서의 턴어라운드

커넥션 상태에서는 500ms 이내에 프레임의 교환을 행하여 통신 중이라는 것을 상대의 터미널에 통지한다. 또한 송신 후 일정 시간 동안 상대방으로부터 신호를 받아들이지 않는 시간으로서 최소 턴어라운드 타임을 설정해 놓고 있다.

○ 통신 시작 시의 협상 항목

통신속도(9.6Kbps~115.2Kbps, 1Mbps, 4Mbps), 데이터 크기, 송신 데이터량을 조정하기 위한 Windows 사이즈, 최소 턴어라운드 타임 등이 통신 시작 시의 협상(통신 상대와의 교섭) 항목이다.

(2) IrLMP 규격

IrLMP 규격에서는,

- (가) 동시에 복수의 테스트를 인정하기 위한 다중화 기능(LM-MUX : Link Management Protocol-Multiplexer)
- (나) 링크 접속 시에 상대 기기의 속성을 알기 위해 데이터베이스인 IAS(Information Access Service)를 규정하고 있다.

(3) Tiny TP(A Flow Control Mechanism for use with IrLMP) 규격

Tiny TP는 간단한 트랜스포트 프로토콜로서 각 링크의 플로우제어 기능이나 긴 패킷의 분할 재구성의 기능을 제공한다. 선택 규격이다.

(4) IrCOMM(Serial and Parallel Port Emulation over IR) 규격

RS-232C 인터페이스를 통해 기존의 PC 애플리케이션을 지원하기 위해 개발된 프로토콜이다. 여기에는 2개의 규격이 있는데,

- (가) 타입 1 : 기존의 시리얼 포트와 프린터에서 사용하는 패러럴 포트를 에뮬레이트하기 위한 포트 에뮬레이션 규격.
- (나) 타입 2 : 적외선 터미널 어댑터(IrTA : Infrared Terminal Adaptor)를 이용하여 ISDN(Integrated Services Digital Network, 종합정보통신망)이나 PSTN(Public Switched Telephone Network, r공중전화망)에 접속하기 위한 프로토콜 규격

으로 구성되어 있다.

마. IEEE 802.11 등에서의 적외선 LAN의 표준화

IEEE 802 위원회의 802.11은 전파와 적외선에 의한 무선 LAN의 물리층 규격 작성을 주로 하였기 때문에, 적외선 LAN에 대해서는 특별한 진전이 없었다. 적외선 LAN의 규격 목표는 표 2-2에 나타내었다. 통신속도를 1Mbps와 2Mbps로 한 것은 전파에 의한 무선 LAN과의 친화성을 얻기 위한 것이다. 또 LAN의 형태는 천장에서 반사를 이용한 무지향성의 것이다. 액세스 방식은 유선 LAN과의 정합성을 얻기 위해 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식을 사용하고 있다.

이 외에 적외선 LAN을 대상으로 규격을 만들고 있는 일본의 단체는 ARIB(Association of Radio Industries and Business, 전파산업회) 산하의 ICSA(Infrared Communication Systems Association, 광무선통신시스템협회)가 있다. 여기에서는 이미 10Mbps 이더넷 호환으로 전이중 통신방식의 광 이더넷 'ARIB STD-T50' 규격이 표준화되어 있다. 이미 이야기한 바와 같이 휴대형 컴퓨터를 중심으로 하는 점 대 점의 쌍방향 적외선통신 인터페이스의 표준화는 IrDA가 행하고 있으나, 리모콘 등의 단방향 통신 분야에서는 IEC(International Electrotechnical Commission, 국제 전기표준회의)가 규격화 도입을 추진하고 있다. 일본에서는 IrDA에 대응하는 표준화 기관으로서 TTC(Telecommunication Technology Committee, 전신전화기술위원회)가 또는 IEC 대응에는 EIJA(Electronic Industries Association of Japan, 일본전자기계공업회)가 각각 국내의 표준화를 취급하고 있다.

바. 앞으로의 적외선

지금까지의 작업으로 컴퓨터 주변의 기본 프로토콜이 완성되어 디지털 카메라와 같은 응용 제품 규격도 책정되었다. 이후도 고속 비디오 전송, IR 전자시계, IR 전자지갑, 멀티미디어 PC의 CD-ROM 제어, IR 전화, IR LAN, 호출기나 휴대전화기에 대한 적외선 포트의 탑재와 같은 각종 응용 제품의 규격화가 이루어질 전망이다. 여기에서의 전개는 기존 회선의 연장선상의 구조 보다 고속, 간단, 원거리에 대응하는 것을 대상으로 하고 있다. 이 경우 다중 통신화, 애플리케이션 레벨까지 통일된 프로파일화, 확산형 적외선 통신기술 등이 과제가 된다. 적외선은 간편한 케이블리스 광전송이다. 동일한 실내에서 동시에 여러 개의 적외선 통신시스템이 사용되기 때문에 상호 간섭 등을 피해 다른 적외선 시스템 환경과의 조화를 유지하는 것이 필요하다.

4. 차세대 멀티캐리어 전송방식 “OFDM” 기술 분석

가. 차세대 기술의 동향

여기에서는 차세대에 사용될 것이라 생각되는 전송방식의 기본을 설명한다. 무선통신의 고속화는 액세스계라는 관점에서 20Mbps 이상의 통신속도를 갖는 무선 네트워크의 연구로서 세계적으로 활발한 연구 개발이 이루어지고 있다. 특히 무선 LAN의 표준화를 행하고 있는 IEEE 802.11에서는 현재 5GHz대를 이용한 약 20Mbps의 무선 LAN 물리층의 표준화 작업을 진행하고 있다.

이는 유럽과 미국에서 5GHz대가 고속 무선 멀티미디어 네트워크에 개방된 것을 계기로 표준화가 시작되어, 1개의 기지국에서 약 100~500m 정도의 거리를 커버할 수 있는 실내외 서비스 전송 방식이 검토되고 있다.

변조방식은 후에 이야기할 멀티패스 페딩에 관한 등화기술(이퀄라이저 기술)을 사용한 것이나 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)등이 제안되어 있다. 대표적인 전송속도의 항목에는,

- (1) IEEE 802.11의 2.4GHz대 11Mbps(미국)
- (2) IEEE 802.11의 5GHz대 24Mbps(미국)
- (3) HIPERLAN(High Performance Radio LAN, 고성능 무선 LAN) 타입 1의 5GHz대, 약 23Mbps(유럽)
- (4) BRAN(Broadband Radio Access Network, 광대역 무선 액세스 네트워크)의 5GHz대, 약 24Mbps(유럽)

등이 있다.

나. 차세대 방식의 과제

예로 든 차세대 방식은 전송속도의 고속화가 검토되고 있다. 고속화에 커다란 기술적 장벽이 되는 것은 멀티패스라는 현상이다. 원래 전파는 빛과 같은 직진성이 있고, 벽과 같은 물체에 부딪치면 반사하는 성질도 있다. 특히 주파수가 높아짐에 따라 그 특성은 두드러진다.

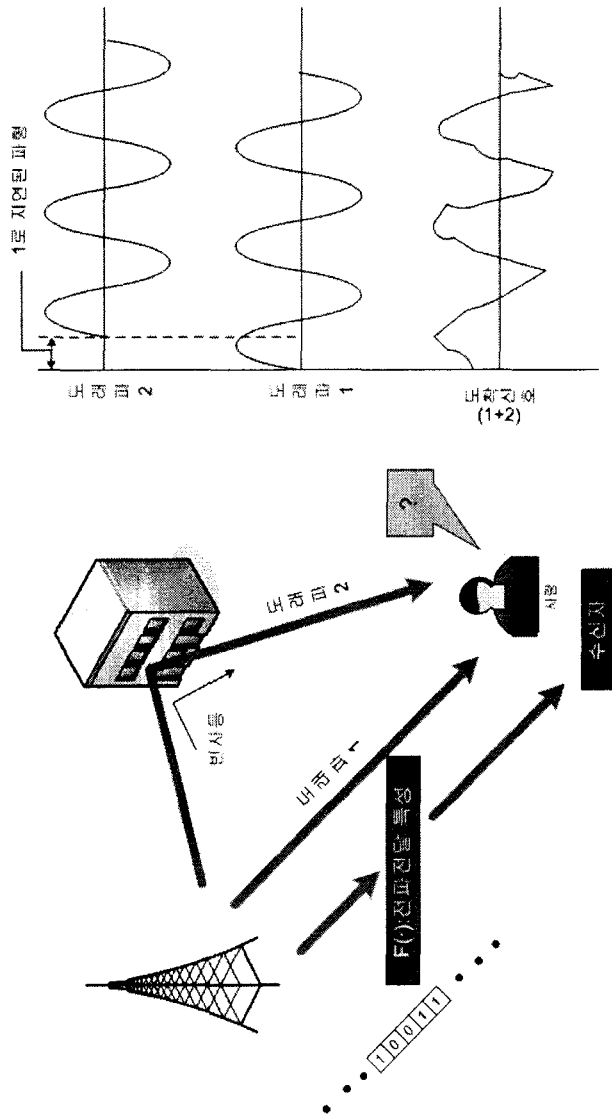
[그림 1.4-1]에 나타난 것과 같이 일반적으로 송신점에서 전파 같은 세밀한 전파를 보내는 것은 불가능하므로, 수신점에서는 몇 개의 방향으로 방출된 전파가 반사와 회절에 의해 도달하여 합성된 것을 수신한다. 이 때 합성파를 구성하는 전파(도래파①,②)는 그 전파 경로가 각각

다르므로 도달할 때 약간의 시간 차이가 생긴다. 전송속도가 낮으면, 이 시간 차는 1비트의 신호를 전송하는 시간에 비해 상대적으로 매우 짧으므로 그렇게 큰 문제가 되지 않는다(비트 속도를 식별할 수 있다). 그러나 전송속도가 고속이 되면 이 시간 차이가 1비트의 전송시간보다도 길어진다.

그렇게 되면 [그림 1.4-1]에 나타낸 것과 같이 수신점에서 수신한 신호는 어느 시점의 신호에 하나 앞이나 둘 앞의 신호가 중첩된 양상이 되어, 어느 것이 올바른 데이터인가 구별할 수 없다. 이 현상을 멀티패스라고 한다. 차세대的高速 전송방식은 멀티패스에 대해 강한 특성(내성)을 가질 필요가 있다. 이를 해결하기 위해서는,

- (1) 멀티패스를 보정하는 수단을 수신측에서 준비한다.
- (2) 멀티패스에 강한 송신(변조)방식을 준비한다.

라는 2가지의 방법이 있다. (1)의 방법으로 싱글캐리어 방식, (2)의 방법으로 멀티캐리어 방식이 검토되고 있다. 이들에 대해서는 다음에 설명한다.



[그림 1.4-1] 멀티패스의 문제

* 전파가 송신자에서 수신자에게로 전달될 때, 일반적으로 직선이 아니기 때문에 반사등 복잡한 전달이 된다. 이것을 전파전달 특성이라 하며, $F(\bullet)$ 으로 표현한다.

다. 싱글캐리어방식

여기에서의 '싱글 캐리어방식'이란 지금까지 사용되어 온 일반적인 전송방식에 대해 멀티패스에 대한 보정 기능을 갖는 것을 말한다. 멀티패스의 영향을 개선하는 방법으로는,

- (1) 등화기(Equalizer)를 사용하는 경우
- (2) 라이크리후드(Likelihood) 추정기를 사용하는 경우

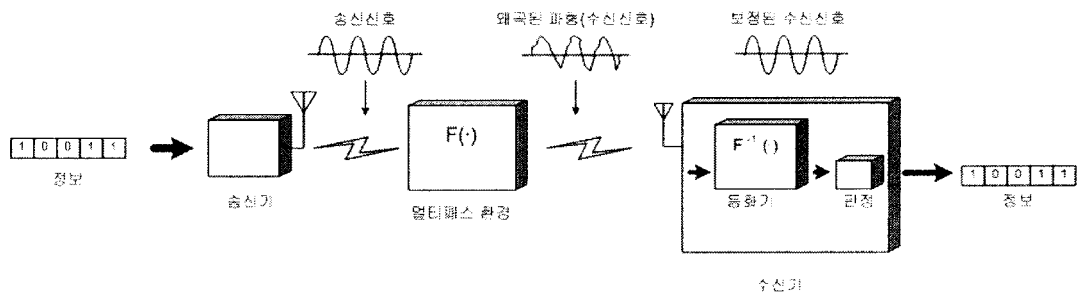
의 2가지가 있다.

(1) 등화기에 의한 멀티패스 보정

등화기는 멀티패스에 의해 달라진 수신신호를 원래의 송신파형으로 보정한다.[그림 1.4-2]
 송신신호 S가 멀티패스 환경 F(X)를 통해 수신신호 R로 될 때, 수신신호는 $R=F(X)$ 로 나타낼 수 있다. 이 신호를 원래의 신호로 되돌리기 위해, 멀티패스 환경 F(X)를 보정하기 위한 역의 특성 $F^{-1}(X)$ 를 구해서 수신신호에 적용한다. 그러면 멀티패스를 보정한 수신신호 R는,

$$R = F^{-1}[F(S)] = S$$

가 되어 원래의 송신신호를 수신측에서 얻을 수 있다. 이 방식은 연산량이 다른 방식에 비해 비교적 작으므로 소형화에 적합한 방식이라 할 수 있다.



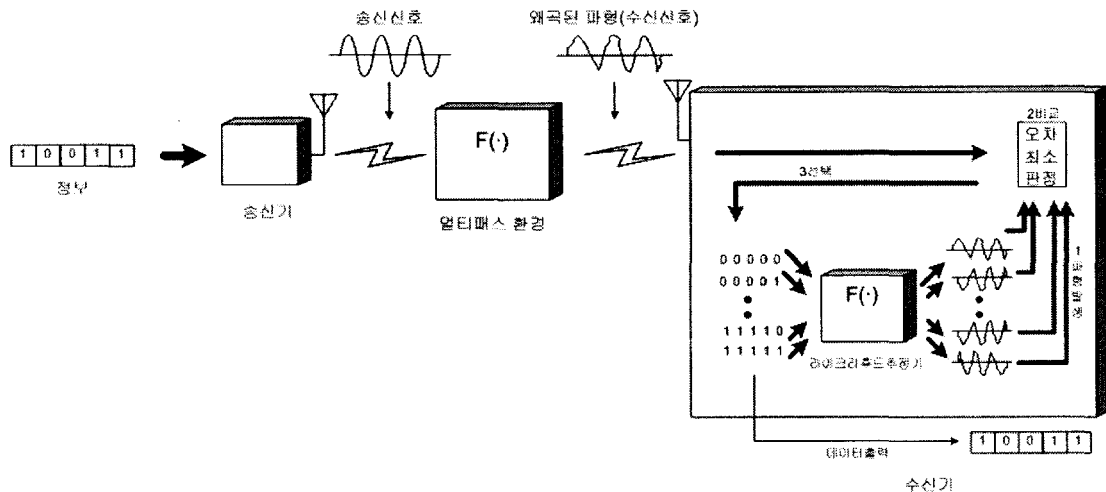
[그림 1.4-2] 등화기를 이용한 싱글캐리어방식

* 멀티패스 환경의 전달 특성 F(●)의 영향으로 왜곡된 수신신호에 F(●)의 역 특성 F(●)⁻¹을 곱하면 원래의 송신신호를 얻을 수 있다.

(2) 라이크리후드(Likelihood) 추정기에 의한 멀티패스 보정

라이크리후드 추정기(MLSE : Maximum Likelihood Sequence Estimator)는 [그림 1.4-3]에 나타낸 것과 같은 수신기 구성을 이용한다. 등화기는 수신신호를 직접 보정하는 구조였으나, 라이크리후드 추정기는 수신신호를 직접 보정하지는 않는다. 라이크리후드 추정기는 다음과 같

은 방식으로 보정한다. 우선 수신할 것 같은 파형의 후보를 몇 개 발생시켜 놓는다. 다음에 실제로 수신한 신호를 발생시킨 신호와 비교해서 발생시킨 파형 중 수신신호에 가장 가까운 파형을 선택한다. 이번에는 선택된 신호가 실제로 송신되었다고 생각하고 데이터를 출력한다. 이 방식은 특성을 좋게 하기 위해 후보 파형을 많이 발생시킬 필요가 있으므로, 연산량은 커지지만 우수한 특성을 얻을 수 있다는 이점이 있다.



[그림 1.4-3] 라이크리우드 추정기를 이용한 싱글캐리어방식

라. 멀티캐리어방식 : OFDM

싱글캐리어방식이 종래의 수신 기술의 연장선에서 멀티패스를 보정한 것에 비해, 멀티캐리어 방식은 수신하는 파형 자체를 근본적으로 멀티패스에 대해 강하게 하고 있다.

(1) 멀티캐리어의 원리

멀티패스의 문제는 전송속도가 고속이 될수록 영향도 커진다는 것을 이미 설명하였다. 이를 위해 멀티패스의 영향을 감소시키기 위해서는 고속의 신호를 저속의 신호로 분할하여 주파수 축상에서 FDM(Frequency Division Multiplexing) 기술로 다중화하여, 전체적으로는 원래와 동일한 고속신호를 만든다. 이와 같이 저속의 채널을 여러 개 사용하면 각각의 채널은 저속이므로 멀티패스의 영향을 거의 받지 않는다. 채널을 복수 사용함으로써 인해 전송되는 데이터의 양은 고속 채널 하나와 같으므로 전체적으로는 고속 전송이 가능해 진다.

(2) OFDM에 의한 멀티캐리어

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 직교 주파수분할 다중화)은 멀티캐리어

의 기술을 멀티패스에 대해 더욱 강하게 만든 것이다.

우선 OFDM의 채널 배치에서 각각의 채널 신호파형은 채널 중심 주파수이다. 그리고 그 파형의 높점(0이 되는 점)에 다음 채널을 배치한다. 이렇게 함으로써 각각의 채널 센터(중심 주파수)는 다른 채널로부터의 파워(전력)가 0이 되므로, 서로 겹침에도 불구하고 간섭을 일으키지 않는다. OFDM에서는 이와 같이 효율이 좋은 채널 배치가 가능해 진다.

송신기에서 OFDM의 채널 배치는 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)를 사용한다. 시간 축에서 직렬로 입력되는 비트 스트림을 N 채널의 멀티캐리어로 만들기 위해서는 우선, 신호열을 N개 비트 병렬로 변환한다. 다음에 그것을 N개의 변조기에 입력한다(일반적으로 직렬로부터 병렬로의 변환 시에 오류 정정이나 신호를 랜덤화하기 위한 인터리브라는 처리도 이루어짐). 그리고 각 변조기의 출력을 IFFT에 입력한다.

IFFT의 연산은 2의 계승이므로 N이 2의 계승이 되어 있으면 좋으나 그렇지 않은 경우에는 N에 매우 가까운 2의 계승의 IFFT를 사용한다. 예를 들어 N이 48이라면 IFFT의 처리 포인트 수(주파수 축상의 기준 점수)는 64가 된다($2^5=32, 2^6=64$ 이므로, 48에 가장 가까운 2의 계승은 $2^6=64$). 여기에서는 N이 64 이하의 값을 갖는다고 가정하여, 64점의 IFFT를 사용하고 있는 예로 OFDM의 멀티캐리어화의 원리를 설명한다. 또한 알기 쉽게 하기 위해 직렬 n비트 스트림의 속도를 1bps라 가정하자.

1bps의 시리얼 비트 스트림이었던 데이터가 N비트의 병렬로 되어 있으므로 각각의 변조기로부터 나오는 데이터의 속도는 $1/N(\text{bps})$ 이 된다. 이것이 IFFT의 동작속도이다. IFFT는 주파수 축상에 나열되어 있는 채널의 신호를 합성하고, 합성된 신호의 시간 축상의 파형을 출력하기 때문에, 각각의 변조기의 신호를 IFFT에 넣는다고 하는 것은 합성된(다중화된) 신호에서 각각의 채널신호를 IFFT의 출력에서 발췌하는 것이 된다. 이 때 IFFT로부터는 64개 시간축의 샘플 신호가 $1/N(\text{bps})$ 의 주기로 출력된다.(IFFT에 처리 포인트 수의 신호를 입력하면 그 것을 합성한 신호를 포인트 수만큼 출력한다. 이 신호를 샘플신호라 한다.) 이 때문에 샘플신호의 속도는 $64/N(\text{bps})$ 가 된다.

IFFT를 수행한 것만으로는 OFDM 신호는 완성되지 않는다. $1/N(\text{bps})$ 단위로 차례차례 출력되는 64개의 샘플신호 묶음을 다른 출력의 묶음과 분리하여 멀티패스에 대한 특성을 향상시키기 위해 IFFT 후의 신호에 대해 '가드 인터벌(Guard Interval)'이라 하는 시간을 추가한다. OFDM에서는 반사파가 이 추가된 가드 인터벌보다 짧은 경우에는 멀티패스에 대해 우수한 특성을 갖는다. 가드 인터벌에는 IFFT에서 생성된 파형의 일부분(K 샘플이라 한다)을 이용한다. 이 결과 IFFT의 처리시간은 일정(N초)하게 유지되면서 이 시간 중에,

(가) IFFT 출력인 샘플신호

(나) 가드 인터벌(K 샘플)

을 투입하므로 동작속도가 상승하여 유효 데이터에 대한 속도도 빨라진다. 예를 들어 지금까지의 가드 인터벌을 전체의 1/10에 상당하는 시간만 투입했다고 하면, $64/N(\text{bps})$ 인 샘플의 속도가 $64/N \times (11/10)$ 이 된다. 가드 인터벌이 멀티패스에 대해 어떤 효과를 부여하는 가를 최종적으로 설명해 둔다. 멀티패스는 경로가 달라서 도달시간에 차이가 생긴 신호가 겹쳐질 때 생기는 현상이라고 기술하였다. 가드 인터벌을 투입하면 늦어진 신호는 가드 인터벌 내에 나타나므로 다음의 신호점(심볼점)은 영향을 받지 않게 된다.

2절 차세대 무선통신기술 규격분석

무선 통신 기술 규격을 제정하는 단체는 지역별로 여러 곳이 있다. ITU (International Telecommunication Union), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), ETSI (European Telecommunications Standards Institute) 등이 대표적인 규격 제정 단체이다. 관련 단체로 인터넷 기술에 대한 기술 규격을 제정하는 IETF (Internet Engineering Task Force)가 있다. 상용화 가능성이 있는 기술을 대상으로 규격을 제정하는 단체 이외에 각 회사의 기술 선점을 위해, 기관들이 연합하여 규격을 제정하는 경우도 있다. 블루투스 (Bluetooth), 지그비 (ZigBee) 등이 대표적인 규격이다.

차세대 무선 통신기술 규격 분석을 위해 차세대 이동통신시스템 “IMT-2000” 기술, 모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신 기술, 휴대 인터넷 (와이브로) 기술, 3세대 ‘802.11 a/b/g’ 표준, Wi-Fi 기술, 전자태크 (RFID) 분석, 4세대 무선랜 방식 IEEE802.11n 표준, UWB 무선 1394 시스템, 고속하향패킷접속 기술 : HSDPA 의 기술 동향과 원리를 정리하였다.

차세대 이동통신 시스템인 IMT-2000 (International Mobile Telecommunications-2000) 기술은 ITU에서 1999년 제정한 3세대 이동 통신 규격이다. 구성은 IMT-DS (Direct Spread), IMT-MC (Multi-Carrier), IMT-TD (Time-Division), IMT-SC (Single Carrier), IMT-FT(Frequency Time)의 5개 표준으로 되어있다.

모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신 기술, 3세대 802.11 기술, 4세대 무선랜 방식 IEEE802.11n, Wi-Fi 기술항목에서는 IEEE 802 기술들에 대한 규격을 정리 하였다. IEEE 802는 로컬 지역 네트워크와 메트로폴리탄 지역 네트워크에 대한 통신 기술을 의미한다. 802의 의미는 1980년 2월에 열린 첫 미팅이라고 한다. 802 다음은 IEEE 단체에서 번호를 할당한다. IEEE 802 규격을 담당하는 워킹 그룹들은 현재 아래와 같이 구성되고 있다. 현재 진행 중인 워킹 그룹이 있으며, 활동이 중단된 워킹 그룹도 있다.

- Active Working Groups and Study Groups

802.1 Higher Layer LAN Protocols Working Group

802.2 Link Security Executive Committee Study Group

802.3 Ethernet Working Group

802.11 Wireless LAN Working Group

802.15 Wireless Personal Area Network (WPAN) Working Group

802.16 Broadband Wireless Access Working Group

802.17 Resilient Packet Ring Working Group

802.18 Radio Regulatory TAG

802.19 Coexistence TAG

802.20 Mobile Broadband Wireless Access (MBWA) Working Group

802.21 Media Independent Handoff Working Group

802.22 Wireless Regional Area Networks

- Inactive Working Groups and Study Groups

802.2 Logical Link Control Working Group

802.5 Token Ring Working Group

802.12 Demand Priority Working Group

- Disbanded Working Groups and Study Groups

802.4 Token Bus Working Group

802.6 Metropolitan Area Network Working Group

802.7 Broadband TAG

802.8 Fiber Optic TAG

802.9 Isochronous LAN Working Group

802.10 Security Working Group

802.14 Cable Modem Working Group

휴대 인터넷 와이브로(WiBro : Wireless Broadband) 기술은 한국에서 개발된 광대역 무선 인터넷 기술이다. 2004년 와이브로 페이즈 1 규격은 한국의 TTA (Telecommunication Technology Association)를 통해 표준화 되었다.

전자태그(RFID)는 1940년대부터 개념적 모델이 있었던 기술이다. 2000년대에 와서 본격적인 사업화를 추진하고 있으나, 국제적으로 주파수와 규격에 대해서 담당하고 있는 단체가 없고, 각 나라별로 작업을 진행하고 있다. 현재는 EPCglobal 규격이 전 세계적으로 사용가능성이 높은 것으로 알려져 있다.

고속하향패킷접속 기술인 HSDPA (Hi-Speed Downlink Packet Access)는 3.5세대 무선 이동통신 기술이며 WCDMA가 확장된 형태이다. 다운로드 속도는 14.4 Mbit/s를 지원하며, 고속 통신을 위해 새로운 데이터 채널을 이용한다.

UWB 기반의 IEEE 1394 통신 규격은 무선 USB 규격처럼, 400 Mbit/s 이상의 데이터를 무선으로 전송하는 기술이다. IEEE를 통해 규격 작업이 진행 중이며, 애플사가 1990년도부터 개발해 온 전송방식이기도 하다. 다른 명칭으로는 Wireless Firewire라고 불리기도 한다.

1. 차세대 이동통신시스템 “IMT-2000”의 표준화 동향

차세대 이동통신시스템인 IMT-2000은 2000년 초에 도입이 예정되어 있으며, 이의 표준규격 작성을 목표로 각국지역에서 활발히 연구 개발이 진행되고 있다. 여기에서는 IMT-2000의 컨셉과 서비스 이미지, 무선 전송기술을 중심으로 현재의 ITU, 각국지역에서의 개발 상황과 실현하기 위한 이후의 과제에 대해 설명한다.

가. IMT-2000의 시스템 컨셉과 서비스 이미지

IMT-2000의 표준화 작업은 1985년 ITU-R(International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector)의 회의에서 결정되었다. [ITU-R는 당시, CCIR(International Radio Consultative Committee, 국제 무선통신 자문위원회)라 불렸다]. 그 후 IMT-2000의 시스템 개념, 서비스 개념, 소유 스펙트럼, 요구조건, 시스템 구성법, 위성계의 취급법, 개발도상국에의 적용법, 보안, 시스템 관리법 등의 검토권고 작성에 의해 시스템 개요를 명확하게 하면서 ITU R에서 제일 중요한 무선 전송 방식의 표준화로의 심의가 진행되어 왔다.

(1) 시스템 컨셉

일반적으로 경쟁 관계에 있는 통신 서비스에서는 상호 접속에 필요한 최소한의 기능, 프로토콜에 대한 표준화는 의미 있는 일이며, 동시에 벤더, 오퍼레이터(전기통신 사업자) 간의 경쟁이나 차별화가 가능하도록 요구되고 있다. 이를 위해 '상세한 서비스 규격의 표준화는 표준화 대상에 적합하지 않다.'라는 기본적인 컨센서스는 완성되어 있다. 그러나 실제로 어느 정도 서비스의 표준화를 행하는가에 대해서는 논의가 필요하다. ITU에서 합의된 시스템 컨셉은 다음과 같이 요약된다.

(가) 언제 어디서나 사용할 수 있는 세계 표준 시스템이어야 한다.

(나) 높은 트래픽 밀도의 작은 실내 셀에서 이동위성통신을 포함하는 커다란 실외 셀에 이르기까지 복수의 서로 다른 무선 환경 조건에 적합한 시스템을 제공한다.

(다) 소형, 경량의 포켓 통신터미널의 개념이 IMT-2000의 중요한 부분을 차지하고 있어 터미널 모빌리티(터미널의 이동성)를 보증하는 것이 중요하다.

(라) 복수의 서로 다른 무선 환경에서도 더욱 편리하게 무선 터미널을 사용할 수 있게 하기 위해 다른 무선 환경간의 무선 인터페이스를 최대한 공통으로 하는 것이 중요한 목표이다.

(마) IMT-2000은 선진국뿐만 아니라 개발도상국의 무선 인프라 제공도 고려한다.

·(배) 사용 주파수대는 세계공통대역이 바람직하다.

(사) 표준화는 계층적으로 진행하는 것으로서 단계 1에서는 2Mbps 이하의 사용자 비트 레이트(사용자 전송속도)로 2000년 초의 상용화를 목표로 하고 있다.

(2) 서비스 요구조건과 서비스 이미지

새로운 시스템을 설계, 표준화하기 위해서는 시스템이 가져야 할 능력을 규정하는 요구조건의 합의가 필요하다. ITU에서 검토하여 합의를 얻은 요구조건은 세계적 규모의 로밍이 가능한 글로벌 시스템이면서, 고정망에 준하는 높은 품질로 멀티미디어를 포함하는 음성 및 비음성 서비스를 제공할 수 있어야 한다는 것이다. 구체적인 서비스 이미지는 다음과 같다.

(가) 현재의 시스템보다 고도로 발전한 음성이나 데이터 서비스를 가능하게 하는 능력

(나) 패킷이나 멀티미디어를 포함하는 음성 및 비음성 서비스

(대) 높은 서비스 품질

(래) 고정망에 준하는 품질과 신뢰성

(마) 극도로 높은 사용자 비트 레이트

(매) 유연한 무선 배어러

(사) 저속의 무선 호출기에서부터 고속의 비디오나 파일 전송까지를 가능하게 하기 위해 요구에 따라 대역을 부여하는 것

(아) 비대칭 데이터 전송

(자) 고도의 보안

(차) 운용 용이성의 개선

(캐) 인텔리전트 네트워크를 기초로 한 서비스 창조와 서비스 프로파일 관리

(타) 통일성 있는 시스템 관리

나. 무선 시스템의 개발

(1) 소요 스펙트럼

IMT-2000용 주파수의 검토는 ITU의 연구위원회 레벨에서 소요 스펙트럼의 기술적 검토가 이루어져, 주관청 레벨인 무선통신회의[WARC(World Administrative Radio Conference, 세계무선통신 주관청회의) 또는 WRC(World Radiocommunication Conference, 세계무선통신회의)]에서 구체적인 주파수대의 특정, 할당이 이루어지고 있다. ITU의 연구위원회(SG 8 : Study Group 8)는 1990년에,

(가) IMT-2000용으로 함께 230MHz의 스펙트럼이 필요하다는 것

(나) 적당한 주파수 대역은 1~3GHz대로 이용 개시시간은 1998년이 바람직하다는 것

을 권고하였다. 또한 이 230MHz는 최소 값이라는 것도 덧붙였다. 이 수치는 서비스가 음성 내지 음성대역 내 데이터 전송을 주체로 시행된다는 가정에서 계산한 결과이다. 이 결과를 토대로 WARC '92에서 2GHz대의 230MHz(1885~2025MHz, 2110~2200MHz)가, IMT-2000을 도입할 경우에 사용하는 주파수로서 합의했다.

또한 이 합의는 당초 예정에 없었던 이동위성통신용의 60MHz를 포함한 값으로서 SG8이 추천한 230MHz와는 의미가 약간 다르다. 그러나 세계공통대역이 합의 된 것은 그 후의 표준화 활동에 매우 큰 충격을 주었다. 현재 ITU에서는 멀티미디어 등의 서비스를 생각하면 230MHz의 스펙트럼으로는 대역 부족이 예측되므로, 다음 번의 WRC(2000년 개최 예정)에서의 결정을 목표로 2010년경의 수요를 추정하여 IMT-2000용의 추가 스펙트럼에 대해 검토하고 있다. 구체적으로는 1999년 3월에 브라질에서 개최된 TG8/1(Task Group 8/1) 회합에서 IMT-2000 지상계 시스템에 필요한 주파수 대역폭으로 제2세대 시스템에 분배되어 있는 주파수를 포함한 주파수 대역을 계산하여 2010년에는 전세계에서 IMT-2000 지상계 시스템으로 새로이 160MHz(위성계에 대해서는 2010년에 2×67MHz)의 주파수대역 폭이 필요하다는 결론에 합의했다.

(2) ITU의 무선 전송방식 검토

무선 전송방식의 선택 순서를 목표로 하는 권고에 관해서는 제공된 방식을 객관적으로 비교, 평가하는 것을 목표로 1993년부터 심의되어 왔다. 그러나,

(가) 선택을 객관적으로 하는 방법에 대한 합의를 얻지 못한 점

(나) 엄밀한 선택 순서를 결정하는 것에 대한 염려

(다) 현행 시스템으로부터의 이행

등을 고려하여 1996년 4월 방식의 제안자와 평가자에게 자유도를 부여하는 형식으로 '무선 전송기술평가를 위한 가이드라인'이라는 권고를 합의함과 동시에 표준화 활동 스케줄에 대해서도 합의했다. 이들의 시의 과정에서 무선 전송방식의 권고화에 대해 ITU만의 활동으로는 충분하지 않고, 이에 상당하는 활동이 ITU 이외에서 이루어져야 하는 필요성이 인식되어 IMT-2000 무선 전송방식 개발 프로세스가 합의되었다. 이 결과 지역, 나라의 표준화기관 간에서의 협력 활동의 중요성이 인식되었다. 무선 전송기술의 평가는 실내, 보행자, 차내, 위성의 4가지 환경을 대상으로 하며, 기술 평가기준의 넓은 범위의 분류로는,

- (가) 스펙트럼 효율
- (나) 커버 범위(동일 영역에서 소요 기지국 수)
- (다) 기술의 복잡성(도입 및 운용에 대한 비용 효과)
- (태) 품질
- (매) 무선기술의 유연성
- (배) 망 인터페이스의 영향
- (새) 휴대기 성능의 영향

으로하기로 합의되었다. 또한 그 후의 의논에서 IMT-2000용으로 제안기술이 갖추어야 할 최소한의 성능 조건을 [그림 2.1-1]과 같이 합의하였다. 여기에서 2Mbps는 실내 서비스에서의 요구조건 384Kbps는 보행자 환경에서의 요구조건, 144Kbps는 차내 환경에서의 요구조건이라는 것이 명확하게 되었다. 그러나 이들은 최소한의 요구조건일 뿐이며, 이 이상의 서비스를 표준화하고, 제공하는 것을 방해하는 것이 아니라는 것에 주의할 필요가 있다. 더욱이 현안이었던 활동 스케줄은,

- (가) 1998년 6월에 기술제안
- (나) 1998년 9월에 평가 리포트의 제출
- (다) 1999년 3월에 무선 전송 기술의 주요 파라미터 결정

범위 요건	실내	보행자	자동차	위성
전송속도(Kbps)	2048	384	144	9.6
에러율	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}

[그림 2.1-1] IMT-2000용 무선 전송기술의 최소요건

이 합의되었다. 이 결정에 의해 각 지역나라가 1998년 6월에 무선 전송기술(RTT : Radio Transmission Technologies)을 제안하여, 1998년 9월에는 각 지역국가의 평가 그룹이 평가 리포트를 ITU 에 제안하였다.

(3) 무선 인터페이스의 권고

ITU에서는 개발 프로세스 중, 단계7까지는 완료되어 1999년 3월의 TG 8/1 회합(브라질)에서 무선 전송기술의 주요 파라미터에 관한 권고안이 승인되어, 1999년 11월에 개최된 SG 8에서

권고로서 승인되었다.

다. 무선 전송방식에서 일본 제안의 검토 경위와 개요

다음에 구체적인 기술 개발 동향을 알아보기 위해, 일본이 제안하고 있는 기술을 소개한다. 일본에서는 1993년 4월 전파산업회(ARIB)에 설립된 IMT-2000 연구위원회에서 연구위원 멤버가 제안을 요구해, 1994년 10월 이후 무선 전송 방식의 검토를 본격적으로 하였다. 2000년경 상용화를 위해, 1998년 말부터 시작하여 약 2년간의 검토를 통해서 기본 방식 결정을 목표로 하고 있다. 기본 방식의 결정은 제안 방식에서 선택하는 것이 아니고, 제안기술을 기본으로 하여 보다 좋은 기술을 만든다는 입장에서 검토를 진행하고 있다. 제안을 근거로 하여 검토한 기술은,

- (1) CDMA
- (2) TDMA
- (3) BDMA(Band Division Multiple Access, 대역분할 다원접속)

이 있다. 2년간의 검토 결과, 1997년 1월에 W-CDMA의 FDD(Frequency Division Duplex) 모드 및 TDD(Time Division Duplex) 모드를 패키지로 하는 안을 기초로 하여, 규격 작성을 위한 상세 검토를하기로 결정하였다. 이 경우 상세 검토를 위한 판단 기준은 다음과 같다.

- (1) IMT-2000 요구조건에 적합한 것
- (2) 제안기술의 실용성을 나타내는 데이터를 제출할 것. 특히 시뮬레이션 데이터뿐만 아니라 필드에서의 실험 데이터에 의한 실현성을 나타낼 것
- (3) 2000년경의 상용개시 시기에 적합한 것
- (4) IMT-2000 연구위원회 멤버의 지지를 얻을 수 있는 것
- (5) 글로벌 표준 가능성이 높은 것

상세 검토에서의 목표는 다음과 같이 정하였다.

- (1) Version 0 : 1997년 말, 무선 전송방식의 전체 개요를 정한다
- (2) Version 0.5 : 1998년 6월, Version 0을 갱신한 ITU-R에 제안하는 내용
- (3) Version 1 : 1999sus 봄, 상용화를 위한 규격

따라서 ITU-T에 제안한 내용이 상용할 때에 변할 가능성이 있다. 변경 이유는 ARIB 내에서 개량 제안, 평가 그룹의 평가 결과, 그 외 지역 표준화기관 등과의 조정 결과, ITU 등에서 컨센서스의 형성 등이 있다.

항 목		파라미터
대역		1.25/5/10/20 MHz
칩 레이트		1.024/4.096/8.192/16.384 Mcps
duplex 방식		FDD 및 TDD
기지국 간의 동기		비동기, 동기운동도 가능
프레임 길이(unit)		10ms
변조방식(down link, up link)		QPSK/BPSK (FDD) QPSK/QPSK (TDD)
확산방식(down link, up link)		QPSK/HPSK (FDD) QPSK/QPSK (TDD)
멀티 레이트		가변 확산 또는 멀티 코드
채널 부호화		Convolution (R=1/3 또는 1/2, K=9), 고속 데이터: 터보 부호
확산 코드		Spreading code + scramble code
검파	down link	동기 payload symbol (payload 시간 다중), 공통 payload 사용도 가능
	up link	동기 payload symbol (payload I/Q 다중), TDD 모드는 PL 시간 다중

[그림 2.1-2] W-CDMA 무선 파라미터

- * FDD : Frequency Division Duplex
- * TDD : Time Division Duplex
- * QPSK : Quadrature (Quaternary) Phase Shift Keying
- * BPSK : Binary Phase Shift Keying
- * HPSK : Hybrid Phase Shift Keying

[그림 2.1-2]에 1998년 6월에 ITU-R에 제안하고, 1998년 9월에 그 후 검토 결과를 근거로 수정한 W-CDMA 무선 전송방식(물리계층)의 주요한 무선 파라미터를 나타내었다. 이 방식의 특징인 에어 인터페이스(Air Interface)인 물리층 기술 규격을 다음에 기술한다.

- (1) 대역대역폭은 IMT-2000에서 요구하는 서비스를 제공하기 위하여 최저 5MHz가 필요하다. 게다가 운용의 유연성을 확보하기 위하여 10MHz, 20MHz로 확장성을 확보하고 있다. 또 1.25MHz 대역폭도 정의하고 있다.
- (2) 칩 레이트는 상용 대역에서 큰 확산이득을 얻을 수 있는 것, 하드웨어의 실현성을 고려하여 정하고 있다.
- (3) Duplex 방식에는 FDD 모드 및 TDD 모드를 적용하고 있다. FDD 및 TDD가 조합함으로써 지역 주파수 상황에 따라 주파수 사용 효율 및 유연성이 높다(Duplex 방식에 대해서는 제3장 참조).
- (4) 기지국 간의 동기는 기지국의 실내외로 확장의 자유도를 확보하기 위해, 엄밀한 동기가

불필요한 '국간 비동기방식'이다. 그러나 운용의 유용성을 확보하기 위하여 국간 동기방식도 적용 가능한 구성으로 되어 있다.

- (5) 멀티레이트(복수의 전송속도)를 실현하기 위한 방법으로는 하드웨어 실현의 용이성을 고려하여, 상향방향(up link)에는 가변 확산율을 적용하고, 하향방향(down link)에는 직교가변 확산율을 이용한다. 고속 전송 등의 경우는 채널 코드(복수 부호)를 이용하는 것도 가능하다.
- (6) 채널 부호화는 길쌈(convolution) 보호가 이용된다. 고속 데이터에 관해서는 에러 정정 효과가 높은 터보 보호가 적용된다.
- (7) 확산 코드는 스프레딩(Spreading) 코드와 스펙트럴(Spectral) 코드의 2계층으로 구성한다. 스펙트럴 코드는 셀에 고유하게 할당되는 코드이다. 다수의 코드가 존재하기 때문에, 제약 없이 각 셀에 코드를 할당하는 것이 가능하다. 스프레딩 코드는 직교 코드로 전 셀에 공통으로 모든 코드가 이용되어 셀 내의 사용자 간의 간섭을 최소화한다.
- (8) 검파방식은 파이럿 심볼을 이용한 동기검파를 이용한다. 하향방향 파이럿 심볼은 시간 다중화되어 있어 송신 전력제어 지연을 최소화하는 것이 가능하다. 또 이동기 수신회로의 간이화를 위해서도 유리하다. 상향방향 파이럿 심볼은 데이터와 별도의 확산 코드로 확산되며, 데이터와 I/Q(In-phase/quadrature-phase, 동상/직교) 다중하는 방법을 이용한다. 이렇게 함으로써 가변 레이트 전송 시에도 연속적인 송신을 가능하게 하고, 또한 전송파형의 피크 요소를 최소화하는 것이 가능하다. 전자 환경의 영향과 이동기의 송수신 앰프의 조건 완화를 위해서 유효하다.
- (9) 파이럿 신호의 전송방식은 개별 파이럿 방식이 채용된다. 이것은 하향방향의 고속 클러스터 루프 송신전력 제어를 위해 유효하다. 또 각각 트래픽 채널이 공통제어 채널의 파이럿 심볼을 이용하는 공통 파이럿 방식도 적용이 가능하다. 이에 의해 다시 성능 향상이 가능하다.
- (10) 상하 비대칭 전송, 저속에서 고속까지 폭넓은 데이터 전송을 실현하기 위해 패킷 데이터 전송을 한다. 이 패킷 전송은 트래픽 특성에 적응하는 어댑티브 채널이 사용된다.

라. IMT-2000 표준화에 대한 이후의 과제

IMT-2000의 최대의 과제는 일본의 상용개시 시기를 2001년 봄으로(4월 정도, 우리나라는 2002년) 상정했을 경우 어떻게 글로벌 표준을 작성하는가이다. 이는 ITU에서 '도적적'이라 불리고 있는 계획 및 유럽의 계획보다 8개월 빠르므로 일본으로서는 바람직한 시기에 글로벌 표준을 작성하기 위한 방법으로,

- (1) 여러 나라와 한층 더 협력한다.
- (2) 시간이 허용하는 한 자기의 주장뿐만 아니라 타 기관, 나라, 지역의 주장에 귀를 기울인다.
- (3) 효율 좋은 표준 작성체제를 설립한다.

와 같은 사항을 고려할 필요가 있다. 이를 위해서는 ITU라는 국제기관을 활용함과 동시에 지역, 나라, 표준화기관 사이에 표준화안을 효율성 있게 작성하는 체제를 만드는 것이 요구된다. 이러한 상황에서 규격 작성을 위한 국제적인 프로젝트로서 1998년 12월부터 1999년 1월에 걸쳐 3GPPs(Third Generation Partnership Projects)가 설립되었다. 3GPPs에서는,

- (1) evolved GSM(GSM 발전형) 코어 네트워크와 W-CDMA 기술을 사용한 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)를 중심으로 하는 그룹을 3GPP
- (2) evolved ANSI-41(ANSI-41 발전형) 코어 네트워크와 여기에 접속되는 무선 전송방식을 중심으로 하는 그룹을 3GPP2로서 각각 활동하고 있다.[UTRA는 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서 검토되고 있는 제3세대의 이동통신방식. W-CDMA 기술을 사용한 지상계무선 인터페이스이다]

IMT-2000에 관한 이후의 실질적인 규격 작성 작업은 ITU의 무선 인터페이스 상세 규격 [RSPC : a set of specifications for radio interface(s) of IMT-2000] 작성 작업과 이 3GPPs에 의한 구체적인 상세 규격 작성 작업이 동시에 진행될 것이 예상된다. 따라서 이미 ITU TG 8/1 에서 3GPPs측으로 키 파라미터에 관한 권고안과 이후의 작업방법 등에 관한 문서가 발송된 것도 있으므로, 이후 작업 중복의 회피, 3GPPs 출력문서의 TG 8/1 권고안에 적용방법 등에 대하여 시간을 계산하면서 힘을 쏟아야 할 것이다.

2. 모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신

가. 무선인터넷 통신의 정의 및 등장배경

(1) 무선인터넷 통신의 정의

무선인터넷 통신은 기존의 유선이 아닌 무선 매체를 데이터 전달의 매개체로 이용하여 기존의 LAN이 제공하는 서비스를 제공할 수 있는 기술이다. 오늘날 많은 일반기업의 개인용 컴퓨터는 Network(LAN)로 연결되어 있다. 각각의 개인용 컴퓨터 사용자는 LAN(Local Area Network)을 통하여 자유로이 인터넷에 접속할 수 있으며 또한, 컴퓨터 상호간의 자료 교환을 할 수 있다. 하지만 기존의 유선 LAN 사용자는 한정된 공간의 제약과 높은 설치비용이 요구되는 케이블링을 통해서만 LAN이 주는 다양한 기능을 누릴 수 있었다. 근래에는 이동 작업환경에서 실시간으로 직접 Network에 연결하여 노트북을 사용하는 사용자가 많아졌다. 만약 이동 작업환경에서의 사용자가 중앙 데이터베이스의 정보가 요구될 때나 인터넷 접속이 필요할 경우, 유선 LAN환경에서는 반드시 유선 Network에 연결된 Docking Station(HUB)를 이용해야 한다. 하지만, 무선인터넷 통신에서는 이동 Working Station에서도 직접 Network상의 서버나 다른 Device(Access Point)에 접속하여 사용이 가능하며 실제로 대학이나 창고, 항만, 공장, 유통업 등 많은 곳에서 이미 다양한 무선인터넷 Solution을 사용하고 있다.

(2) 무선인터넷 통신의 등장배경

- Cabling의 문제: 설치, 유지보수, 재배치, 이동성
- Notebook 사용자의 증가로 인한 Mobility의 중요성 대두
- 여러 가지 재해로 인한 Network 단절문제
- 임시 Network 구축의 필요성 증대
- ex)전시회, 세미나, 가건물, 건설 현장 등

(3) 무선인터넷 통신의 장단점

장 점	단 점
손쉬운 설치 및 신속한 네트워크 구축 배선 불필요 자유로운 단말기 설치 단말기 이동 가능 기존 네트워크의 확장 용이	고가의 초기 설치비용 무선네트워크 보안, 주파수간의 간섭

나. 무선인터넷의 국내외 표준 및 특징

(1) 무선인터넷의 표준

국제 표준화는 1990년 10월부터 IEEE 802.11 위원회에 의해 무선 매체 접근 제어 물리계층 규격에 대한 표준노하가 OSI참조모델에 준하여 진행되고 있다. 아직 완전한 표준안이 작성되어 있지 않으나 하나의 MAC프로토콜을 여러 물리 계층 규격(Specifications)이 공유하는 것으로 표준화가 진행되고 있다. 거론되는 기본 전송기술로는 적외선방식과 라디오방식이 있다. 라디오 방식은 데이터를 넓은 주파수 대역으로 확산시켜 간섭 없는 전송을 수행하는 스프레드 스펙트럼 방식을 사용한다. 스프레드 스펙트럼 방식에는 2.4GHz대역에서 구현되는 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum)방식과 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)방식 두 가지로 구분된다. 특히, 표준에서는 적외선 방식 이외에도 상호 호환성이 없는 DSSS와 FHSS 방식의 스프레드스펙트럼 방식이 동시에 표준으로 채택되고 있어 여러 가지 우려의 목소리도 많다. 따라서 많은 벤더가 표준화가 완료되면 표준을 따르겠다는 계획을 발표하고는 있지만 표준을 따른 제품을 이용한다 해도 호환성을 유지하기 위해 어떤 무선랜 시스템을 선택할 것인가에 대한 사용자의 고민은 여전히 남을 전망이다. 보안성을 필요로 하는 교육, 의료, 회계, 제조,유통 등의 다양한 분야의 환경에서 활용될 것으로 사료된다.

[표 2.2-1] 미국 IEEE와 유럽 ESTI BRAN의 표준 규격

표 준	IEEE 802.11			ESTI BRAN
항 목	802.11	802.11b	802.11a	HiperLAN2
변조방식	FH/DSSS	DSSS	OFDM	OFDM
주파수 대역	2.4GHz	2.4GHz	5GHz	5GHz
이론적 최대 전송 속도	1.2Mbps	11Mbps	54Mbps	54Mbps
실제 최대 전송 속도	1.2Mbps	5Mbps	32Mbps	32Mbps
멀티캐스트	지원	지원	지원	지원
인증	없음	없음	없음	지원
암호화	40 bit RC 4	40 bit RC 4	40 bit RC 4	DES, 3DES
핸드오버	없음	없음	없음	지원
고정망 지원	Ethernet	Ethernet	Ethernet	Ethernet, IP, ATM, UMTS, PPP, FireWire

(2) 무선인터넷의 표준 특징

무선 LAN 표준들과 각 표준이 초점을 두고 있는 부분, 그리고 각 표준을 지원하고 있는 곳, 상호구동성 등에 대해 간단히 알아본다.

(가) 오픈에어

1996년에 처음으로 등장한 오픈에어(OpenAir) 프로토콜은 이동형 무선데이터 네트워킹에 최적화되어 있으며, 그리 강력한 성능이 필요치 않은 SOHO용 네트워킹 제품에 적합한 표준이다. 오픈 에어의 스택은 이미 완성된 상태이다.

(나) IEEE 802.11

IEEE 802.11에서는 DSSS, FHSS, 적외선 방식에 대한 표준을 마련했다. 이 세 가지 표준을 모두 MAC 프로토콜을 지원하긴 하지만, 물리적인 계층이 각기 다르고 채널 호환성을 제공성을 제공하지 않는다. 즉, 각각의 802.11변종은 서로 호환되지 않는다는 의미이다. IEEE는 1998년에 FHSS와 DSSS 2Mbps프로토콜을 인준했으며, 1998년말에 802.11FHSS와 DSSS의 상호 구동성을 한단계 발전시켰다.

(다) HiperLAN

유럽 통신 표준 연구소(ETSI)의 광대역 라디오 액세스 네트워크 프로젝트(BRAN)에서 후원하고 있는 HiperLAN 1은 유일하게 완성된 고속표준(2Mbps이상)이다. 원래는 유럽에서 5GHz 주파수대로 정의되었던 HiperLAN 제품들은 최근 미국내에서 할당받은 NII(국립 정보 인프라 스트럭처) 대역폭으로 보증을 받을 수 있게 되었다.

(3) 무선인터넷의 국/내외 주파수

(가) 국내

국내에는 정보통신부가 정한 것을 따라야 한다. <표 2.2-2>정보통신부에서 허용하는 무선 주파수를 보면 2.4GHz 무선랜과 다른 무선 서비스가 비교가 된다. 하나로 통신에서 N WLL을 위해 받아 놓은 2.3GHz 대역폭을 본 사업이 부진하자 일본의 교세라와 같이 2.3GHz를 지원하는 무선랜 장치를 개발하여 서비스 하겠다고 나섰다. 기술적으로는 2.4GHz ISM대역 무선랜의 단점인 거리와 방해전파 극복 등을 개선한 서비스가 가능하기 때문에 기대가 되나 서비스의 편리성이 떨어지는 약점이 있다.

초고속 무선랜으로 기대가 되는 5GHz대의 54Mbps 무선랜은 대역폭을 정보통신부에서 100MHz 대역폭만 허용 하였다. IEEE에서는 5GHz대의 무선랜을 위해서 300MHz를 허용하고

있으나 우리 나라를 비롯하여 많은 수의 국가에서는 부분적으로 허용하고 있다. 국내의 경우는 IEEE의 나머지 200MHz(5.15 GHz~5.35GHz) 대역폭은 이미 기상레이더가 사용하고 있어서 무선랜을 사용시에 간섭이 발생한다. 기상레이더가 회전 시 특정지점에 100밀리초(msec)정도 영향을 준다고 한다. 만일 IEEE를 따르는 해외에서 구매한 5GHz용 무선랜 장비를 외부에서 그대로 사용 할 경우는 무선랜 통신이 간섭 현상이 있을뿐더러 아직은 대역폭의 불법 사용이 될 수도 있다. 5.15 GHz~5.35 GHz대역폭을 그대로 허용 할지 기상레이더의 간섭을 보정하여 허용 할 지 아직 알 수는 없다. 5GHz 무선랜은 IEEE에서는 UNII (Unlicensed National Information Infrastructure)라고 부르며 5.15GHz ~ 5.35GHz(200MHz) 와 5.725GHz ~ 5.825GHz (100MHz)로 총 300MHz를 지정하고 있다.

[표 2.2-2] 정보통신부에서 허용하는 무선 주파수

서비스	주파수대역(단위:MHz)	대역폭(단위:MHz)
2.4GHz 무선랜	2400~2483.5 (2.4~2.4835 GHz)	83.500
5GHz 무선랜	5725~5825 (5.725~5.825GHz)	100.000
이동전화	824~849, 869~894	50.000
PCS	1750~1780, 1840~1870	60.000
IMT 2000	1885~1980, 2010~2025, 2110~2170	170.000
TRS	371.5~381.5, 389.5~399.5, 811~821, 856~866	40.000
무선데이터	898~900, 938~940	4.000
무선호출	162~169, 322~328.6	13.600
N WLL	2,300~2,330, 2,370~2,400	60.000
B WLL	24,252~24,750, 25,500~26,700	1,698.000
TV	54~72, 76~88, 174~216, 470~752	354.000
FM	88~108	20.000
AM	0.5265~1.6065 (526.5~1606.5kHz)	1.080
코드없는 전화기	46.51~46.97, 49.695~49.97, 914~915, 959~960	2.735

(나) 해외

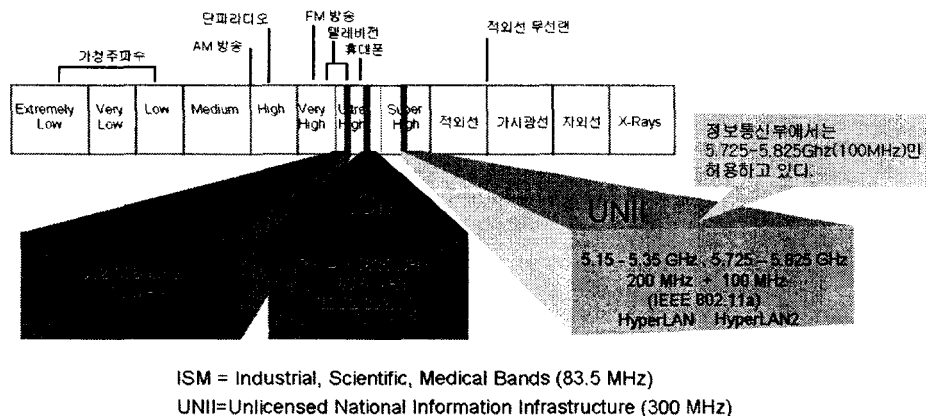
이제는 해외 출장지에서도 무선랜을 사용하는 경우가 늘어가고 있다. 나라마다 규제대역폭이 다르니 참고하기 바란다. 무선 랜카드는 자동으로 필요한 채널을 찾아서 통신을 해주니 느끼지 못하고 사용 할 수도 있다. 그러나 해외에 무선랜을 설치하는 프로젝트를 진행하는 사람은 규제 대역폭 내에서 채널을 맞추어 설계를 해야 한다.

[표 2.2-3] 주요 국가의 허용 대역폭

대역폭 하위 주파수 한계	대역폭 상위 주파수 한계	규제 대역폭	지역
2.402	2.480	2.400 ~ 2.4835	북미 유럽
2.473	2.495	2.471 ~ 2.497	일본
2.447	2.473	2.445 ~ 2.475	스페인
2.448	2.482	2.4465 ~ 2.4835	프랑스

(4) ISM 과 UNII

IEEE에서는 무선랜의 2.4GHz대역을 ISM(Industrial, Scientific, Medical Bands)밴드로 정하고 있다. ISM은 이름 뜻인 산업과 과학과 의학뿐만 아니라 다른 목적으로도 사용 할 수 있게 개방해 놓은 대역폭이라고 보면 더 정확하다. 정보통신부에서 이 대역폭의 사용용도를 그대로 수용하고 있다. 또한 IEEE에서는 5GHz 무선랜 대역을 UNII (Unlicensed National Information Infrastructure)로 부르며 5.15~5.35 GHz (200 MHz폭)와 5.725~5.825GHz (100MHz폭)를 지정 하여 총 300MHz 대역폭을 허용한다. 그런데 국내에서는 정보통신부가 100MHz폭인 5.725 5.825GHz만 지정 하고 있다. 이는 서울과 군산 등에 기상레이더가 이미 하위 200MHz 대역폭의 대부분을 사용 중이기 때문이다. 다른 국가에서는 802.11a 무선랜을 위해서 5.15 5.35GHz대역이 비어있고 오히려 상위 5.725 5.825GHz대역이 이미 사용 중이어서 200MHz 정도의 대역폭을 지정하고 있기도 하다.



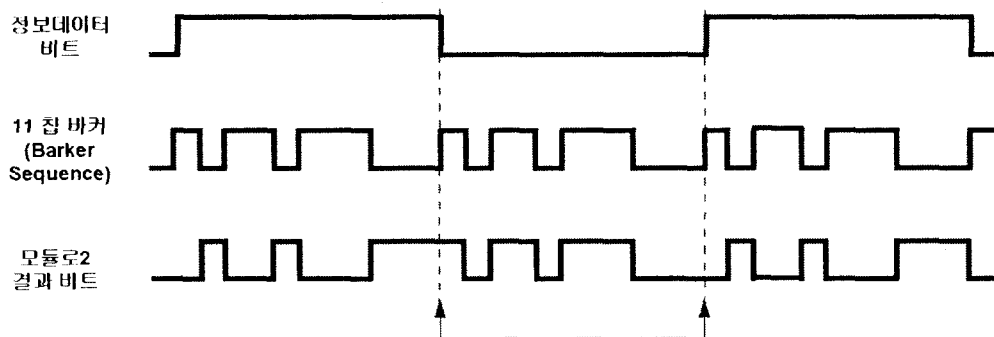
[그림 2.2-1] 무선랜 주파수 대역

(5) DSSS 와 FHSS

무선랜에 있어서 DSSS(Directed Sequence Spread Spectrum)와 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)는 경쟁하는 기술이었다. 그러나 여러 기술적인 방면의 우수성을 떠나서 2.4GHz대의 802.11b 무선랜에서는 쉽게 통신거리를 연장할 수 있는 DSSS가 폭 넓게 사용된다. IEEE에서 802.11이 처음 발표되고 출시한 제품들은 2Mbps의 전송속도를 가지고 있었으며, 모듈레이션의 방식은 DSSS와 FHSS로 두 가지의 시그널 방식이 있다. 그러나 현재 11Mbps의 802.11b는 모든 제조업체에서 DSSS방식을 판매한다. FHSS는 DSSS와 같은 전송속도일 때 전송거리가 짧아 경쟁력이 떨어지기 때문이다. 사용자들은 기술의 우수성을 가리기보다 사용자 입장에서 사용거리와 속도에 민감했기 때문이다. 그러나 블루투스에서는 FHSS를 채택하고 있어 나름대로 신호의 장점을 살리고 있다. 이런 것을 볼 때 기술은 용도에 따라서 한가지를 결정하여 기술의 특징을 잘 살릴 수 있음을 알 수 있다.

(가) DSSS

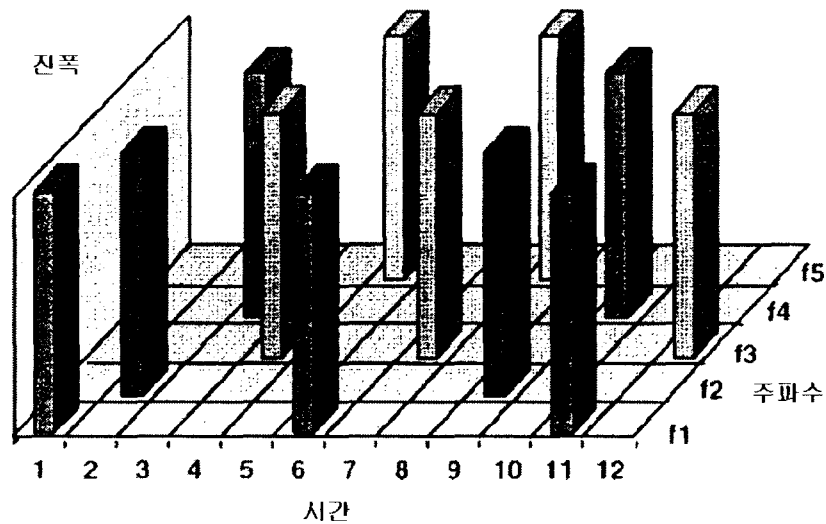
스프레딩 방식만으로는 무선신호 방식이 무언가 웬지 부족해 보인다. DSSS(Directed Sequence Spread Spectrum)는 데이터 비트신호에 정해진 패턴의 잡음 신호를 더하여 송신하면 수신하는 쪽에서 송신 측과 같은 패턴의 잡음 신호를 제거하여 데이터 비트를 추출한다. 이는 신호 자체에 대한 암호화와 잡음에 강한 내성을 가지는 효과를 준다. 아래 그림 2.2-2는 DSSS 신호의 생성을 보여준다. 앞에서 보았던 스프레딩이 방해 전파가 심한 환경에서도 전송 능력을 갖게 한다면 DSSS는 전송 능력과 함께 신호의 보안성을 고려한 흔적이 보인다. 그러나 현재 상용 환경에서는 보안의 의미는 없어졌다. DSSS를 불특정 다수가 공동으로 사용해야 하는 환경이고 사용자 숫자가 급격히 증가하고 무선랜 분석도구 또한 일반인들도 사용할 수 있을 정도로 구하기 쉽고 사용하기도 쉽다. 그렇기 때문에 보안은 다른 방법으로 구현해야 한다.



[그림 2.2-2] DSSS 신호 생성

(나) FHSS

이제는 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum)를 무선 랜에서 볼 수가 없고 블루투스를 통해서 사용할 수 있는 기술이 되었다. FHSS는 데이터를 일정한 간격으로 주파수를 바꾸면서 전송하고 같은 방법으로 수신하여 데이터를 추출하는 방법이며 DSSS와 마찬가지로 신호의 암호화와 잡음에 강한 내성을 지니고 있다. 아래 그림 2.2-3에서 그 방법을 보여준다.

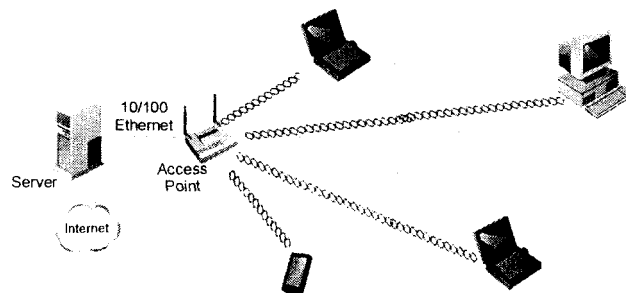


[그림 2.2-3] FHSS 신호

다. 무선인터넷 구성 및 장비

무선인터넷의 구성은 그림 2.2-4와 같다.

무선랜의 구성



[그림 2.2-4] 무선인터넷의 구성

(1) 무선인터넷 장비

정보통신 분야의 제품들이 빠르게 변하는 경향이 있는데 무선인터넷도 예외가 아니다. 통신 속도를 높이거나 보안 기능을 보강한 제품뿐만 아니라 무선랜 관련 응용 제품들도 정신 없이 쏟아져 나오고 있다. 그래서 이렇게 많은 종류의 제품을 구분 해야 할 필요가 있다. 왜냐하면

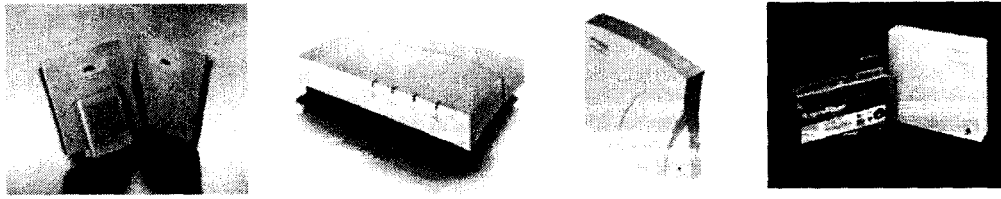
제품만 제대로 고르면 필요한 기능을 알맞은 가격으로 살 수 있기 때문이다.

(가) AP (Access Point)

무선랜 네트워크의 중심이 되며 유선 네트워크와 연결하는 다리역할을 한다. AP는 용도별로 특정 부분의 기능을 강화 하기도 한다. 가정 개인이나 작은 사무실에씩 사용 할 수 있는 소호용 AP의 경우는 IP공유기능은 물론 프린터 서버와 방화벽과 VPN기능 등도 탑재하여 필요한 기능을 통합적으로 제공하면서도 가격은 저렴하다. 돈을 많이 주고 대형 네트워크용 AP를 사더라도 없는 기능들이다. 그러나 대형 네트워크용의 AP들이 IP공유 기능이나 프린터 서버나 VPN기능 등은 없지만 기본적으로 완벽한 로밍 기능과 사용자 인증(802.1x)기능 등이 있으며 향후를 위해서 802.11a/g/h 등의 초고속 무선랜을 적용 할 수 있는 플랫폼을 제공 하기도 한다. 일반적으로 소호용 보다 훨씬 비싸다. 그러나 대형 네트워크들은 비즈니스를 위한 인프라로 이용 하기 때문에 이에 대한 보안과 장기적인 운영 방법까지 고려해야 한다.

· 서비스와 엔터프라이즈 용 (대형 네트워크용)

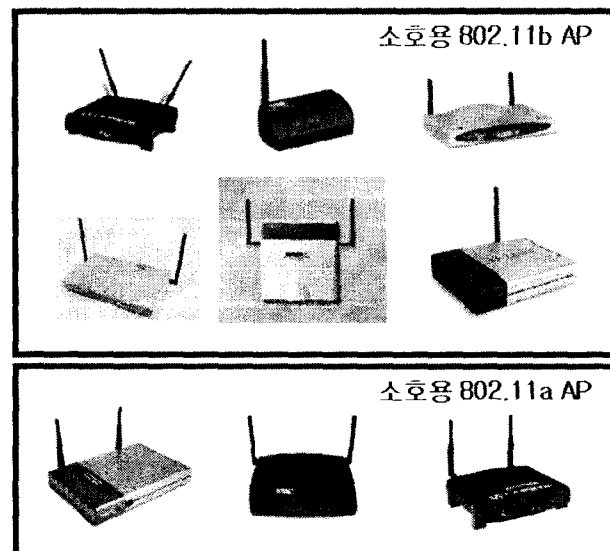
엔터프라이즈용 AP는 외장 안테나를 접속하는 것이 일반적이어서 겉모습은 깔끔하고 안테나 접속을 위한 케이블이 빠져 나오게 되어 있다. 용도에 따라서는 지향성 안테나를 사용하여 원거리를 통신하기도 한다. 섬이 많은 필리핀에서는 섬간에 지향성 안테나를 사용 하는 무선랜으로 통신을 검토하고 있는데 다른 통신 시설보다 가격이 저렴하여 적극적으로 나서고 있기도 하다. 이쯤 되면 랜(LAN: Local Area Network)이 아니고 웬(WAN: Wide Area Network)에 가까울 지경이다. 그리고 엔터프라이즈용 AP는 브리지 모드도 내장하여 무선랜의 거리를 연장하는 중계기 역할을 하는 기능도 내장되어 있다. 무선랜 서비스를 하자면 일반 소호용과 달리 서비스 사업자가 필요한 기능들이 있다. 예를 들면 가입자의 사용량 별로 비용을 청구 할 수 있는 통계기능과 다른 제조사와도 호환되는 AP 사이를 지나면서도 지속적으로 통신 할 수 있는 로밍기능 등이 필요하다. 대기업용은 무선랜 서비스용과 같은 규모로 적용 할 수도 있지만 서비스 제공업자가 필요한 비용 청구를 위한 기능 등은 네트워크 사용량의 추세를 분석 하는데 이용 하기도 한다. 엔터프라이즈 용 AP에는 또한 사용자 인증(802.1x와 MAC 주소 기반)등 대형 네트워크에서 필요한 보안 기능 등이 다양하게 탑재되어 있다. 사실 이 부분이 기업에서 선택하는 필수 요건이 되곤 한다. 11Mbps의 802.11b는 물론 54Mbps의 802.11a까지 동시에 사용 할 수 있는 AP가 요즈음의 추세이다. 그림 2.2-5는 대형 네트워크 용의 AP를 보여 주고 있다.



[그림 2.2-5] 서비스와 엔터프라이즈용(대형 네트워크용) AP의 모습

• 소호용

소호용 AP는 실내안테나가 기본적으로 장착되어 있다. 그리고 여러 가지 기능이 추가되고 있는 추세이다. 국내에서는 가정에서 많이 사용하는 ADSL에 연결할 수 있도록 PPPoE 기능이 기본적으로 필요하다. IP공유기 기능까지 탑재하여 공유를 별도로 설치하지 않아도 되게 하는 것이 추세이다. 부가적으로 별도의 네트워크 장비가 필요 없는 여분의 유선 이더넷 포트와 ADSL 동작 불능 시 자동으로 모뎀을 통한 전송이 가능하기도 하다. 요즘은 프린터 서버기능과 방화벽과 VPN기능까지 통합적으로 제공하는 장비까지 나오고 있다. 그림 2.2-6은 11Mbps의 802.11b 소호용 AP와 54Mbps의 802.11a 소호용 AP이다.



[그림 2.2-6] 소호용 AP

(나) 무선랜 카드

무선랜을 사용하기를 원하면 컴퓨터 사용자들은 무선랜 카드가 있어야 한다. 컴퓨터의 조건에 따라서 다양한 선택을 할 수 있다. 초창기에는 PCMCIA용만 출시 하던 것이 지금은 PDA용 소형의 무선랜 카드는 물론 USB접속 가능한 무선랜 접속 장치까지 나오고 있다. 앞으로는 노트북 컴퓨터나 PDA까지 무선랜 장치가 기본으로 탑재 하는 것이 일반적으로 될 것 같다.

· PCMCIA용 무선랜 카드

노트북 컴퓨터에는 모두 PCMCIA 슬롯이 있다. 노트북 컴퓨터에 이동성을 더하기 위해 무선랜 카드도 처음에는 PCMCIA슬롯에 장착할 수 있는 것이 많았다. 사실 무선랜은 노트북과 같이 이동 하며 사용하는 사람들을 위한 것 인데 제조사들이 노트북 컴퓨터를 위한 무선랜 카드를 안 만들 이유가 없었다.



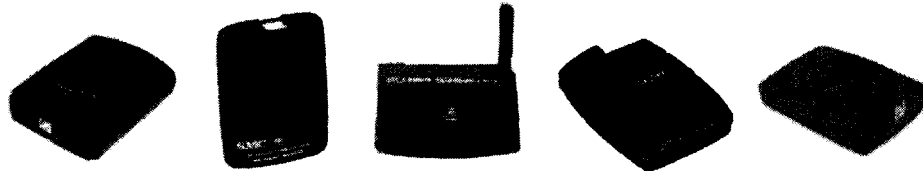
[그림 2.2-7] PCMCIA용 무선랜 카드

앞으로는 그러나 앞으로는 노트북 컴퓨터에 유선 이더넷과 같이 무선랜 기능도 기본적으로 내장한 일반화 될 것이다. 그림 2.2-7은 각종 PCMCIA용 무선랜 카드를 보여주고 있다. 모두들 무선랜의 KS규격이라 할 만한 WIFI국제규격을 획득한 것으로서 서로 통신 하는데 문제가 없다. 요즈음은 WIFI규격이 없는 무선랜카드도 호환이 잘 되고 있다. 사실 중소기업의 국내업체들에서는 무선랜 카드를 개발하고 WIFI인증을 받기 위해 외국에 장기간 머물면서 경비를 많이 지출하게 되는 것도 부담인 업체들이 있다.

· USB용 무선랜 장치

이동하지 않는 데스크톱 컴퓨터나 PC서버도 통신 회선을 설치하기 힘든 곳에 무선랜을 사용해야 하는 경우도 있다. 오래된 집이나 아파트를 보면 ADSL을 위한 전화선은 거실 등에 한곳에만 되어 있어 실제로 컴퓨터가 있는 방까지 케이블을 설치하기 힘든 곳도 있다. 이럴 때 ADSL쪽은 AP를 설치하고 데스크톱에는 USB용 무선랜 접속장비를 설치하

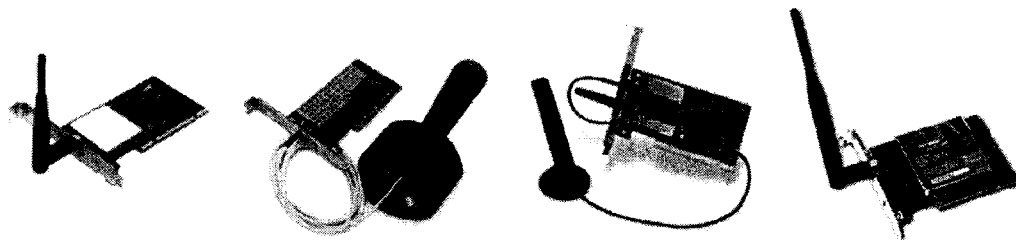
면 된다. 노트북 컴퓨터가 없더라도 바퀴가 있는 컴퓨터 책상에 무선랜을 장착한 컴퓨터는 집안에서 편리하게 이동하고 다니면서 사용 할 수도 있다. 그림 2.2-8은 각종 USB용 무선랜 접속 장비이다.



[그림 2.2-8] USB용 무선랜 접속 장비

· PCI용 무선랜 카드

PCI용 무선랜 카드는 컴퓨터 본체의 뚜껑을 열고 메인보드의 PCI슬롯에 직접 설치 한다. USB포트가 그림 2.2-8과 같이 일체형으로 안테나까지 붙어 있는 PCI 무선랜 카드도 있고, 그림 2.2-9와 같이 PCMCIA용 무선랜 카드를 장착할 수 있는 PCMCIA 캐리어도 있다. 그런데 용산에서 PCMCIA 캐리어를 사려고 했을 때 모두들 캐리어의 이름을 PCMCIA 카드리더기로 알고 있어 찾는데 힘들었던 적이 있다. 실제 시장에서 통용되는 용어도 알아 둘 필요가 있겠다.

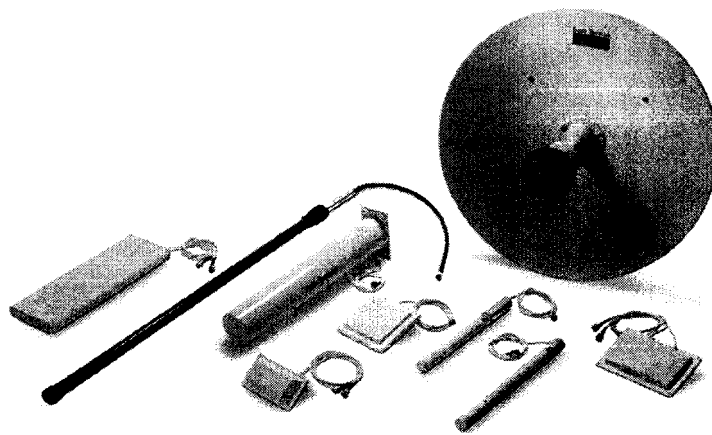


[그림 2.2-9] 안테나까지 붙어 있는 일체형 PCI 무선랜 카드

(다) 무선랜 안테나

흔히 대기업용의 AP에는 안테나를 많이 설치한다. 대부분 서비스범위를 멀리까지 하고 싶어

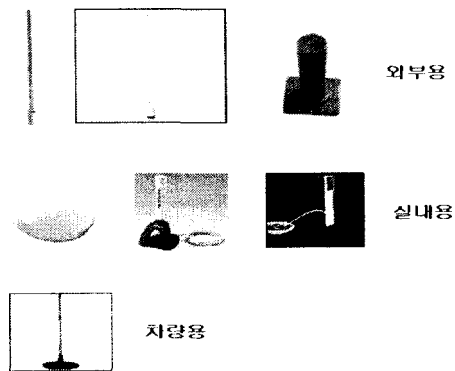
서 이다. 그러나 반대로 무선랜 신호의 보안을 위해 안테나 없이 좁은 범위에서 사용하기도 한다. 노트북 컴퓨터에서 사용하는 PCMCIA 용 무선랜 카드 중에도 끝을 유심히 보면 안테나 케이블을 접속하는 구멍이 마개로 덮여 있는 것을 볼 수 있다. 그곳에 안테나를 연결해 보면 그 동안 멀어서 보이지 않던 무선랜 네트워크 들이 보인다. 무선랜 해커들이 이런 방법으로 먼 거리에서 무선랜 신호를 탈취하기도 한다. 무선랜 안테나를 크게 두 가지로 구분하면 전체적으로 통신 범위를 넓혀주는 무지향성이 있고 특정방향만 더 먼 거리를 통신 하게 하는 지향성 안테나가 있다. 그림 2.2-10는 한 네트워크 회사에서 판매하고 있는 여러 가지 종류의 안테나를 한꺼번에 보여주는 사진이다.



[그림 2.2-10] 여러 가지 형태의 무선랜 장비 안테나들

- 무지향성 안테나

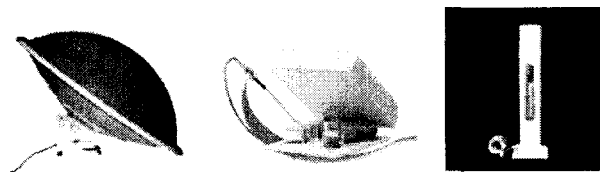
무지향성 안테나는 보통 지향성 안테나에 비해서 특정 방향은 통신 거리가 짧지만 모든 방향에 골고루 통신 범위를 넓혀 준다. 그림 2.2-11과 같이 사용 장소에 따라서 옥외용, 실내용 또는 차량에 설치하는 차량용이 있다.



[그림 2.2-11] 무지향성 안테나

· 지향성 안테나

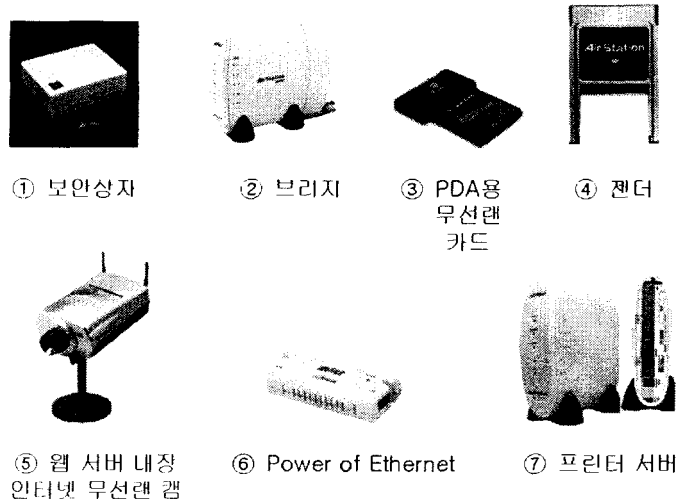
지향성 안테나는 한 방향으로만 통신 거리를 멀리 해준다. 브리지 형태로 중계기 역할을 하는 AP에 많이 설치를 한다. 그림 2.2-12는 지향성 안테나의 종류이다.



[그림 2.2-12] 지향성 안테나의 종류

(라) 기타 하드웨어

요즈음 출시하는 무선랜 관련 장비를 보면 무선랜의 광범위한 사용처를 느끼게 한다. 그림 2.2-13과 같이 외부에 설치한 무선랜 장비의 도난을 막는 보안상자, 무선랜의 통신 거리를 넓히는 중계기 역할을 하는 브리지, PDA도 무선랜을 사용하게 하는 PDA용 무선 랜카드, PDA용 무선랜 카드를 PCMCIA슬롯에도 사용하는 젠더, 웹 서버와 캠 카메라가 장착되어 인터넷의 어디서나 동영상으로 감시가 가능한 인터넷 무선랜 캠, 외부에 설치하는 AP등에 직접 전원 공급이 어려울 때 UTP데이터 케이블에 전원을 동시에 보낼 수 있는 PoE(Power of Ethernet), 프린터 전용 무선랜 장비인 무선랜 프린터서버 등등 이밖에도 무선랜 응용 장비가 무수히 나오고 있다.



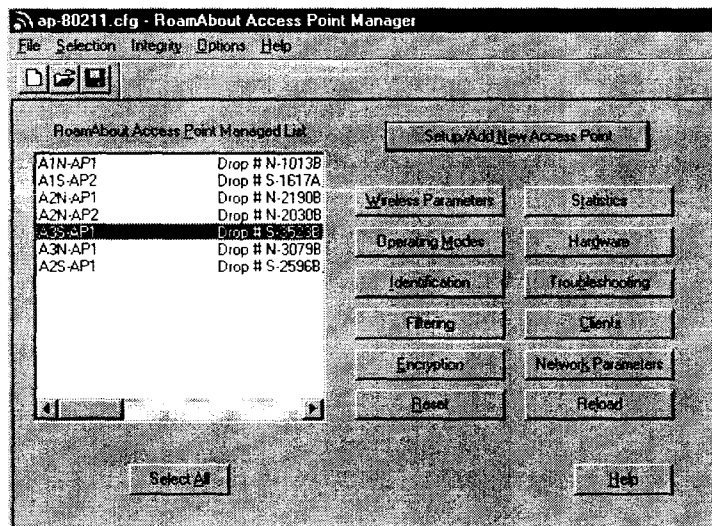
[그림 2.2-13] 여러 가지 무선랜 응용 장치

(2) 무선인터넷 구성 소프트웨어

소프트웨어 없이도 무선랜 통신은 가능하다. 그러나 깜깜한 밤에 소리로만 상황을 볼 수 없어 눈으로 보기 위한 적외선 망원경을 사용 하듯이 보이지 않는 무선랜 환경을 관리 하려면 소프트웨어를 통해서 무선랜 환경을 볼 수 있어야 한다. 물론 이런 소프트웨어가 없더라도 통신은 가능하나 여러 사람의 무선랜 네트워크를 관리 하는 사람은 꼭 필요한 도구 들이다.

(가) 관리용 소프트웨어

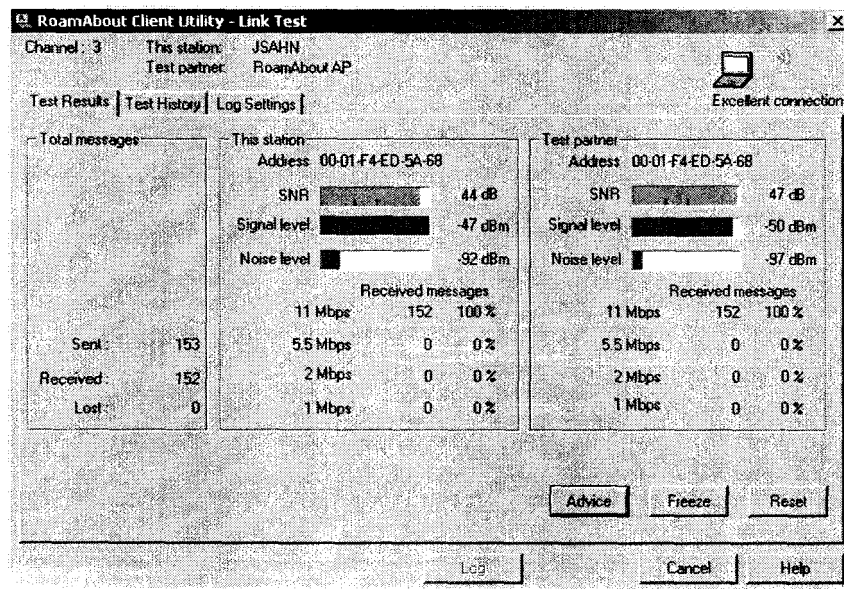
관리자는 AP와 사용자들을 관리해야 한다. 원격지에서 여러 대 AP의 펌웨어 업그레이드를 해야 하는 경우도 있고 관리를 위한 IP주소를 등록 하거나 새로 설치하는 인접 AP로 인해 채널을 변경 해야 하는 경우도 있다. 이럴 때 관리용 소프트웨어는 관리자의 시간을 몇 배 절약 할 수 있게 한다. 제조사별로 창 의 모습은 크게 틀리지만 모두 관리자가 한곳에서 AP들을 관리 할 수 있도록 한다. 그림 2.2-14는 관리자 화면의 예이다.



[그림 2.2-14] 관리자 화면의 예

(나) 클라이언트용 소프트웨어

대개의 클라이언트용 소프트웨어는 설치시의 무선랜 환경을 확인하는데 사용한다. 물론 윈도우 XP등에서도 제공하지만 선택 값을 바꾸는데도 사용한다. 그림 2.2-15는 클라이언트용 소프트웨어 화면의 예이다.



[그림 2.2-15] 클라이언트용 소프트웨어 화면의 예

라. 무선랜 구축 시 고려사항

이는 무선랜이 휴대폰보다 10~20배의 이상 낮은 출력으로도 통신이 가능하기 때문에 여러 방면에 적용하는 기술이 되어가고 있다. 정밀한 생산 시설이 있는 곳은 물론 생명을 다루는 병원과 같은 곳도 무선랜을 사용하고 있다. 그러나 이런 곳에서는 적용하기 전에 많은 검토를 하여야 한다. 무선랜에 간섭을 주는 방해 전파와 신호를 감쇄하는 방해물이 어떤 것이 있는지 알고 있어야 무선랜을 설치 전에 알맞은 설계가 가능하기 때문이다.

(1) 방해전파 (간섭)

방해전파에 의한 간섭은 실측이 가장 정확하지만 그전에 어느 것이 어느 정도로 나쁜 영향이 있는지 알고 있어야 1차적인 계획을 세울 수가 있다. 방해전파는 흔히 사용하고 있는 엘리베이터 모터와 플라스마 전구 뿐만 아니라 전자레인지와 블루투스도 무선랜 입장에서는 방해전파가 발생한다. 국내에는 없지만 해외에서는 무선 전화기가 2.4GHz를 사용하기도 한다. 그리고 해외에서는 방법 시스템도 2.4GHz를 사용하고 있는데 아쉽게도 국내는 어떤지 알 수가 없다. 방법시스템 장비가 수입품인 경우 2.4 GHz일 수도 있다는 가능성만 알 수 있다. 전자레인지의 주파수는 2450MHz이다. 전자레인지가 802.11b의 13개 채널 중에서 채널 8(2447 MHz)과 채널 9(2452 MHz) 중간을 사용 하지만 정상적인 경우라도 무선랜은 스프레드 스펙트럼을 사용하므로 4 ~ 13 채널들까지 영향을 준다. 물론 채널4와 채널 13등의 끝 부분이 제일 영향이 작기는 하다. 어떤 연구소의 테스트 결과는 전자레인지 안의 두 개의 물컵을 넣을 때 떨어진 거리(0센티미터, 5센티미터, 양쪽 끝으로 테스트 했음)에 따라 그 영향이 많은 변화가 있고 측정 위치(앞, 옆, 뒤)에 따라서는 적은 변화가 있었다. 그 테스트에서 물컵 사이가 떨어질수록 방해전파 스펙트럼이 급격히 커졌다. 전자레인지 회전 원판의 양쪽 끝에 물컵을 놓으니 전 채널(1 ~ 13)에 같은 강도의 방해전파가 발생 하였다. 정보통신부에서는 전자레인지로부터 5미터 이상 밖에서 무선랜을 사용하기를 권장하고 있다.

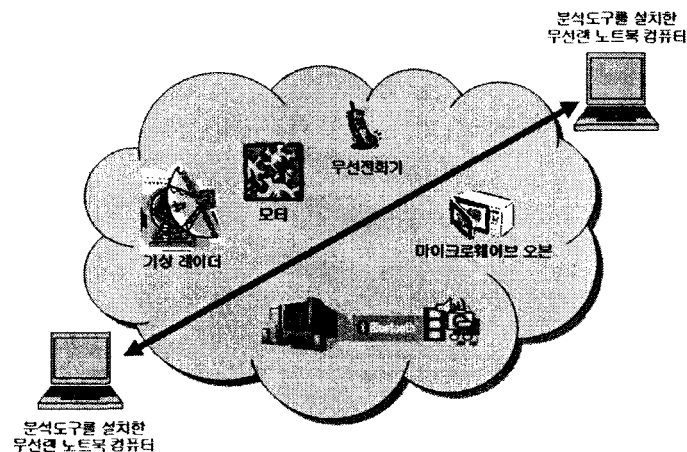
정보통신부에서는 간섭과 관련하여 다음과 같은 권고안을 준비하였다.

- 근거리(5미터 이내)에서 전자레인지가 작동하는 동안에 무선LAN을 사용하는 경우 무선 LAN간의 접속이 실패하거나 전송속도가 저하됨
- 플라스마 전구를 사용하는 장소에서 무선LAN이 채널 1~10번을 사용할 경우 접속실패 또는 속도저하가 발생하며, 이러한 전파간섭을 회피하기 위해서 무선LAN은 채널 11~13번을 사용
- 무선LAN과 블루투스는 공간적으로 5미터 이상 이격하여 운영할 것을 권고
- 영상전송용 무선기기는 표 2.2-4와 같이 4개의 채널을 사용할 수 있으므로, 동일 장소에서 무선LAN과 영상전송장치는 서로 겹치지 않는 채널을 사용할 것을 권고

[표 2.2-4] 영상전송용 무선기기의 채널현황

채널번호	주파수(MHz)
1	2410
2	2430
3	2450
4	2470

그리고 모터의 방해전파의 주파수 발생은 광범위 하다. (수 MHz에서 수십 GHz 사이). 무선 랜 장비를 설치하기 전에 무선 환경을 알아보기 위해 간섭 정도를 테스트 하는 경우가 있다. 간섭 테스트 시에는 무선랜 장비 이외에도 무선데이터를 분석하는 도구를 같이 사용하는 것이 보통이다. 지금까지는 네트워크 어소시에이트사(<http://www.sniffer.com>)의 스니퍼 와이어리스 (Sniffer Wireless)와 네트워크 인스트루먼트(<http://www.networkinstruments.com>)의 엑스퍼트 옵서버(Expert Observer) 그리고 와일드패킷(<http://www.wildpackets.com>) 사의 에어로픽 (AiroPeek)등이 있었다. 이들 모두 수백만원에서 일천만원 가까이 하는 고가의 소프트웨어 도구들이다. 이들 분석 도구를 설치한 노트북 컴퓨터 등을 간섭을 측정하고 싶은 곳에 놓고 큰 용량의 파일 등을 보내고 받으면서 데이터 프레임이 정상적인지 아니면 불량 프레임으로 인한 재전송이 발생 하는지를 측정한다. 불량 프레임의 발생 정도를 보고 간섭 정도를 측정해 볼 수 있다.

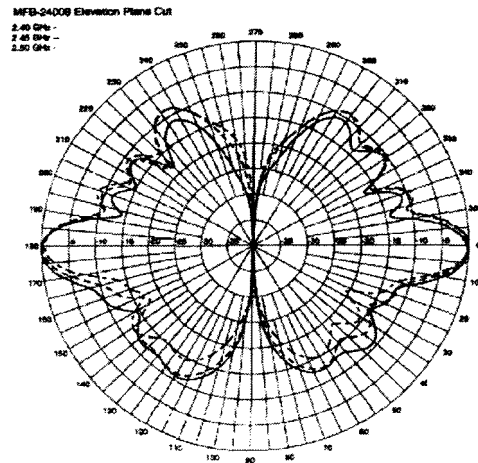


[그림 2.2-16] 방해전파 측정

(2) 지구 자기장과 곡률

무선랜 안테나를 설치 시에는 안테나를 중심으로 공 같은 동그란 구로 생각하나 실제로는

지구 자기장의 영향으로 인하여 그렇지 않다. 캠퍼스 빌딩에 무지향성 안테나를 설치하여 옥외 서비스를 할 경우는 안테나 설치에 대해 이를 고려해야 한다. 아래 그림 2.2-17은 주파수 별로 특성을 나타내는 것이다.



[그림 2.2-17] 주파수별 특성

지구가 둥근면도 고려해야 한다. 가시거리는 물론 직선거리 둘레도 일정한 면적을 확보해 두어야 한다. 간신히 안테나 끝을 서로 보게 하는 것만으로는 속도나 거리가 제대로 나오지를 않는다..지구의 곡률을 고려하여 안테나 사이의 거리와 높이를 결정해야 한다. 가까운 섬 간이나 정글 등의 오지를 통해서 연결할 때 이런 것들을 고려 할 수 있다.

3. 휴대인터넷(와이브로) 기술 분석

가. 개요

국내에서는 99년 중반 경부터 무선 인터넷이 일반인들에게 소개되기 시작했다. 무선인터넷은 무선으로 인터넷에 접근할 수 있는 모든 방법을 포함하므로 이동전화, 무선 LAN, B-WILL, 무선 CATV 등을 이용한 형태가 모두 가능하지만, 주변에서 무선 인터넷을 쉽게 접하는 형태는 이동전화를 이용한 무선 인터넷과 무선 LAN을 이용한 무선 인터넷일 것이다. 이동전화를 이용한 무선 인터넷은 빠른 속도로 이동하는 경우에도 인터넷 접속이 가능하다는 장점이 있는 반면 낮은 전송속도, 제한된 콘텐츠, 비싼 요금 등의 단점이 있다. 또한 무선 LAN을 이용한 무선 인터넷은 유선 인터넷과 동일한 수준의 전송속도를 제공하나 서비스 지역이 극히 제한적이고 이동 중인 가입자를 지원하지 못하는 단점이 있다. 따라서 사용자 입장에서는 낮은 가격에 높은 전송속도를 제공하면서도 이동 중에도 인터넷을 이용할 수 있는 새로운 무선 인터넷 서비스를 요구하게 되었다. 와이브로는 이러한 무선 인터넷 사용자의 요구를 만족시키고자 우리나라가 독자적으로 개발 중인 새로운 무선 인터넷 서비스이다. 2004년 12월 한국전자통신연구원(ETRI)은 삼성전자 및 통신사업자 등과 함께 2003년 1월 와이브로 장비를 개발하는 HPi(High Speed Potable Internet) 프로젝트에 착수해 2년여 만에 관련 장비를 개발하여 시연회를 개최한 바 있다.

와이브로(Wibro)는 Wireless Broadband Internet의 줄임말로, 우리말로는 휴대 인터넷, 무선 광대역 인터넷, 무선 초고속 인터넷 등으로 풀이된다. 이동전화처럼 언제 어디서나 이동하면서도 초고속으로 인터넷을 이용할 수 있는 서비스로, 이동전화와 무선 LAN의 중간 영역에 위치한다. 한국정보통신기술협회(TTA)를 중심으로 2003년 6월부터 표준화를 추진하는 한편, 국제전기전자기술협회(IEEE)에도 이러한 서비스를 도입하도록 하는 등 한국이 국제 표준화를 주도하고 있는 3.5세대 이동통신 서비스이자 국책사업이다.

와이브로 서비스의 특징은 정지 및 보행뿐만 아니라 시속 60Km 정도의 중저속 이동성 및 ADSL과 유사한 수준인 1Mbps 이상의 데이터 전송률을 지원하는 것이다. 와이브로의 이동성은 시속 60Km의 속도에서 원활한 전송을 보장한다. 이는 와이브로 자체가 도심지 위주의 서비스로 개발되었기 때문이며 지하철, 버스 등의 대중교통과, 도심지에서 승용차의 속도제한이 대부분 60Km/h 내외인 것을 보면 큰 문제는 없어 보인다. 하지만 고속도로나 열차를 이용할 경우 문제가 발생하며, 경쟁기술이라고 볼 수 있는 HSDPA의 경우 250Km/h 정도의 속도를 보장하기 때문에 개선이 요구된다.

서비스 범위는 AP를 기준으로 약 1Km의 범위를 커버할 수 있다. 이는 무선랜 AP의 범위인 약 100m에 비해 훨씬 넓은 커버리지를 제공하게 된다. 데이터 전송은 하향링크와 상향 링크를

시간으로 구분하는 TDD 방식을 사용하여 주파수 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있고, 다중 접속 방식으로는 OFDMA 방식이 사용된다. OFDMA 방식은 시간과 부반송파를 적절히 분할하여 부채널을 형성하고 이를 이용자에게 할당해주는 방식으로 채널 제어의 유연성이 뛰어나 최대 동시 이용자 수를 증가시킬 수 있고, 시간과 부반송파의 채널 할당을 제어하거나 전송률을 조정하여 다양한 QoS를 지원할 수 있으며, 셀 내의 이용자들에 의해 발생하는 간섭이 거의 없다. 이러한 기술의 뒷받침으로 한정된 주파수 자원으로 다수의 이용자에게 고품질의 서비스를 제공할 수 있다.

[표 2.3-1] 와이브로의 특징

항목	특징
사용주파수	2.3GHz 대역
이동성	60Km/h
서비스 범위	약 1Km
다중화 방식	TDD
다중접속 방식	OFDMA
채널대역폭	9MHz
최대 데이터 전송률	상향 : 1Mbps 하향 : 3Mbps
주파수 재사용 계수	1

2006년 상반기부터 서울과 수도권에서 상용 서비스할 계획으로 사업을 추진하고 있는데, 상용화될 경우 시속 60km 이내로 이동하면서 초고속인터넷을 이용할 수 있다. 주파수 대역은 2.3GHz 인터넷 속도(서비스 대역폭)는 1Mbps 정도이고, 예상되는 서비스 이용료는 월 3만원 안팎이다. PC, 노트북 컴퓨터, PDA, 차량용 수신기 등에 와이브로 단말기를 설치하면 시속 60km 이내로 이동하는 자동차 안에서도 이동전화처럼 자유롭게 인터넷을 이용할 수 있는 서비스이다. 2010년 후에는 가입자 수가 900만 명을 넘고, 연간 매출 규모는 3조 7000억원, 생산 유발효과와 부가가치 창출효과는 각각 6조 1000억원, 3조 3000억원에 달할 것이다.

나. 와이브로의 도입배경

전 세계적으로 한껏 기대를 모았던 IMT-2000(3G)이 엄청난 사업권 획득비용과 망 구축비용, 그리고 제한적인 전송속도의 문제로 부진을 면치 못해왔다. 그럼에도 불구하고 보다 편리하게

언제 어디서나 인터넷을 이용하려는 소비자들의 욕구는 계속되어 증대되었고 앞으로도 그 수요가 크게 증대될 것이라는 기대에 힘입어 광대역 무선인터넷 사업에 대한 높은 관심은 지속되었다. 이와 같은 상황에서 초기 단계의 광대역 무선인터넷에 해당된다고 할 수 있는 2.4GHz 대역에서의 공중 무선랜 사업이 90년대 후반부터 미국을 위시한 일부 국가들에서 도입되기 시작하였다. 공중 무선랜 사업은 주로 공항, 호텔, 카페 등 일부 특정지역에서의 인터넷 수요를 흡수하는 것을 목표로 한다. 그렇지만, 공중 무선랜 사업은 이동성이 극히 제한적이고 넓은 지역에서의 망 구축이 어려울 뿐 아니라, QoS의 어려움 등으로 인하여 애초부터 대규모 가입자 기반의 사업으로 성장하는데 한계를 가질 수밖에 없었다.

이에 따라 셀 환경이 상대적으로 넓고 기지국간 hand-off가 가능하며 망 구축비용과 QoS의 측면에서 경쟁력을 갖춘 광대역 무선인터넷 기술들이 등장하게 되었다. 이러한 기술들은 미국의 벤처기업들에 의해 개발이 주도되었고, 현재 미국과 호주 및 일부 유럽 국가들에서 서비스 상용화가 이루어졌고, 앞으로도 전 세계적으로 그 보급이 더욱 확대될 것으로 예상된다.

광대역 무선인터넷 기술들은 상당한 수준의 광대역성과 이동성을 갖추고 있어 기존의 유무선 인터넷 서비스 시장에 적지 않은 영향을 미칠 수 있을 뿐 아니라, 4세대 이동통신(4G)과 같은 미래의 무선통신기술과도 밀접히 연관되어 있다. 이러한 연유로, 각국은 이 기술들을 상용화하는데 매우 신중한 입장을 보여 왔다. 특히 hand-off 기능은 이동 중에 VolP를 제공할 수 있도록 함으로써 이동통신 시장에 직접적인 영향을 미칠 수 있으므로 각국 규제정책의 핵심적 사안으로 다루어졌다. 예를 들어 초고속인터넷 보급률이 낮은 유럽의 국가들은 이 기술들을 인터넷 보급을 확대시키는 수단으로는 활용하고자 하지만, 이동통신시장이 이에 의해 크게 영향을 받는 것은 별로 달갑지 않게 여기고 있다. 이에 따라 규제기관들은 광대역 무선인터넷의 hand-off 기능을 불허하는 입장을 취해왔다. 이에 반해, 광대역 무선인터넷 원천기술을 보유한 미국은 hand-off에 대해 비교적 자유로운 입장을 보이고 있다.

우리나라의 경우는 초고속인터넷 시장이 거의 포화상태에 도달해 있어 유럽에서와 같이 광대역 무선인터넷의 hand-off 기능을 제한하고 단순히 인터넷 보급률 증대 수단으로 활용할 수가 없는 입장에 있다. 뿐만 아니라 정부는 국내 업체가 개발은 주도한 와이브로 기술을 국내표준으로 채택하여 정책적으로 이 서비스를 활성화시키려는 의지를 보이고 있다. 이와 같은 배경에서 우리나라에서 와이브로 서비스의 hand-off 기능은 제한되지 않았다.

다. 와이브로의 특성

(1) 기술적 특성

무선인터넷 기술은 다양한 광대역 Access 망의 등장으로 점차 대용량화, 광대역화 되고 있으며, IP 기술 기반의 네트워크 확대와 Seamless한 서비스 제공이 가능한 통합 네트워크로 발

전되고 있다.

이러한 추세에 맞추어 와이브로가 채택하고 있는 IP 기반망과 OFDMA 및 변조기술 등은 EC-DO, WCDMA 대비 높은 전송속도와 낮은 전송원가로 고속 대용량 데이터 전송을 가능토록 하는 가장 최적의 시스템이라 할 수 있을 것이다.

특히, 와이브로가 채택하고 있는 이동성 보장, 핸드오버 기능, 셀 단위 엔지니어링, 휴대형 단말기 이용 등은 기존 이동전화에 사용하고 있는 기술이며, 와이브로의 핵심 기술인 OFDMA, Smart 안테나, MINO 기술 등은 차세대 이동통신인 4G의 핵심 기술로서 주파수 효율을 제고하는데 필수적인 기술이라 할 수 있다.

이러한 기술적 특성을 갖는 와이브로는 이동전화의 진화경로 상 2G/2.5G(CDMA2000 1x) → 3G(1x EV-DO/WCDMA) → 4G로 발전하는 전단계인 Pre-4G에 해당하는 이동통신의 핵심 기술을 사용하는 차세대 이동통신서비스이다.

향후 와이브로의 데이터 전송속도는 상·하향 최대전송속도 기준 2004년도 30Mbps, 2005년도에는 50Mbps, 2010년경에는 100Mbps 이상의 전송속도를 제공하여 4G 기술개발의 가교 역할을 수행할 것이다.

이러한 측면을 고려해 볼 때, 지난 20년간 이동통신사업을 운영해온 무선사업자가 서비스를 제공하는 것이 그간의 이동통신 망 운영경험 및 노하우를 활용하여 이용자에게 최적의 서비스를 제공할 수 있을 것이다. SK Telecom은 CDMA, CDMA2000 1x, EC-DO를 세계 최초로 상용화하여 이미 검증된 Global leading R&D 역량으로 소비자 Needs를 반영한 최적의 장비 개발 및 운영이 가능할 것이고, 또한 전국적으로 구축된 기지국 및 광케이블 등의 인프라를 활용함으로써 저렴한 투자비로 효율적인 망 구축이 가능하여 기존 서비스와 시너지를 극대화할 수 있을 것이다.

(2) 서비스 특성

이동전화는 음성서비스 중심의 회선 기반으로 설계되어 망 구조가 복잡하고(이중망 구조), 부가적인 데이터 서비스는 QoS와 실시간성은 보장되나 대역폭이 적고 전송속도가 낮아 화상 전화, Messaging(SMS, MMS), 금융거래, 물류정보 등 중·저속 데이터 서비스에 적합한 반면, 와이브로는 음성을 고려하지 않고 데이터 전송에 가장 효율적인 IP 기반으로 설계함으로써 저렴한 장비로 서비스 구현이 가능하여, 도심지역 중심에 대중교통수단의 이동성과 높은 수준의 전송속도로 영화·음악 스트리밍, 게임, VOD, 웹브라우징 및 파일 다운로드 서비스 등 멀티미디어 서비스 제공에 적합한 망이다.

(가) 와이브로와 WCDMA와의 차별성

WCDMA는 기존 이동전화망에서 발전한 음성 중심의 시스템으로 전국을 커버리지로 하여

음성 및 중·저속 데이터 전송에 적합한 서비스이고, WCDMA의 차기 버전인 HSDPA 역시 화상전화, 화상회의, 금융거래 등에 적합한 “음성+데이터”의 음성을 우선적으로 처리하는 시스템으로 높은 요금의 QoS가 보장되는 하이퀄리티 데이터서비스라 할 수 있다.

와이브로와 HSDPA의 기술적 특성을 구체적으로 살펴보면, 와이브로는 HSDPA에 비해 주파수 전송효율이 2배가량 높으며, 장비가격이 저렴해 원가는 1/5 수준의 정액제 형태의 요금으로 데이터 서비스가 가능한 훨씬 경제적인 망이라 할 수 있으며, 주파수 할당측면에서는 HSDPA로 Wibro의 예상 수요 및 트래픽을 수용한다면 수도권 지역에 현재 할당된 4FA로는 부족하여 추가대역이 필요하다.

(나) VoIP 도입 관련

와이브로는 저렴한 고속데이터 서비스 제공을 위한 IP 기반의 시스템으로 VoIP 방식의 음성 서비스 제공시 시스템 전송용량이 음성 10 CH(20 CH) 할당 시 오버헤드 증가(음성처리를 위해 데이터를 작은 단위로 분할하므로)로 인하여 24%(48%)의 데이터 용량 감소가 나타나 저렴한 고속데이터 서비스 제공이 불가능하게 될 것으로 예상된다.

또한 VoIP 장비 설치에 따른 투자비 증가, 초기 적은 이용자 수로 인한 타망 접속료 부담 등에 따른 부담 증가와 낮은 이용자 Needs(전체 가입희망자 중 서비스 이용목적이 인터넷 전화인 경우는 5%)로 VoIP 도입은 어려울 것으로 예상된다.

(다) 위성 DMB와의 비교

와이브로는 도심지에서 이동 중 인터넷 기반의 다양한 Interactive 서비스 이용이 가능한 고속 대용량의 데이터 서비스로 도심지역 일상생활에 이용하는 일반인을 대상으로 하는 서비스인 반면, 위성 DMB는 고속이동 중 휴대단말기를 이용하여 영상, 음성, 데이터 방송 수신이 가능한 단방향 실시간 방송서비스로 레저 활동에 적합한 독립적 서비스로서, 양 서비스의 가입자 기반, 이용행태, 커버리지, 콘텐츠 차이 등을 고려 시 상호영향은 미미할 것이다.

(라) 초고속인터넷과의 비교

와이브로가 이동전화 기술을 주로 활용하고 이용행태 등을 고려 시 이동전화 서비스로 유선 기반의 초고속인터넷과는 차별화되고, 전송속도 측면에서도 초고속인터넷은 2006년경 50~100Mbps의 광대역 통합망(BcN)으로 진화할 것으로 예상되어 상대적으로 저속, 이동성을 보장하는 와이브로 서비스와 차별화된다. 또한, 초고속인터넷은 가구단위로 데스크탑, 노트북 단말기를 중심으로 제공되는 가족단위 서비스이고, 와이브로는 시장조사 결과 휴대형 단말기를 주로 사용할 것으로 예상되는 개인화된 서비스이므로, 초고속인터넷 및 와이브로는 전송속도, 이동성, 서비스 이용기반 등의 차이로 상관관계가 미미할 것으로 분석된다.

(마) WLAN과의 비교

WLAN은 와이브로에 비해 Hot Spot 지역으로 한정된 커버리지와 보행수준의 이동속도를 제공함으로써, 도심지역을 커버하고 핸드오버 제공을 통한 이동성을 보장하는 와이브로와 다른 특성의 서비스로서, WLAN은 와이브로의 음영지역 커버, 대형 빌딩 등 고정된 지역에서 대용량 트래픽 분산 등의 상호 보완적인 역할을 수행할 것으로 예상된다.

이상과 같이 와이브로 및 이동전화(WCDMA 및 HSDPA)는 서비스별 성격에 따라 시장을 차별화하여 상호 보완적 관계를 형성하리라 예상되어, 시장 활성화를 위해서는 이동통신 사업자가 와이브로 사업을 추진하여야 한다. 이용자에게는 다양한 선택의 기회를 제공하고, 각 서비스는 상호 차별화된 서비스를 제공하여 무선 데이터 시장을 활성화시켜 나갈 것으로 전망된다.

라. 와이브로의 기술 요소

(1) 듀플렉스 방식(Duplexing)

듀플렉스 방식이란 양방향 통신 시스템에서 송수신을 할 때 한 개의 안테나를 공유하며 통신하기 위해 적용하는 기술 방식으로, 통신경로를 주파수로 구분하는 주파수분할방식(FDD: Frequency Division Duplexing)과 시간적으로 구분하는 시분할방식(TDD: Time Division Duplexing)으로 구분된다.

우선 TDD 방식과 FDD 방식의 차이점 비교를 통해 간단히 장단점을 알아보면 TDD 방식은 송신과 수신을 시간적으로 구분하기 위하여 안테나 전단에 스위치를 삽입하고, FDD 방식은 스위치 대신에 두 개의 필터로 구성된 듀플렉서(Duplexer)를 삽입하여 안테나를 공유한다.

TDD 방식은 상하향 전송시간 비율을 2:1 또는 3:1 등 적당히 비대칭적으로 할당하기 때문에 인터넷과 같은 비대칭 서비스에 적합하고, FDD 방식은 일반적으로 송신 및 수신 대역폭이 동일하므로 음성과 같은 대칭적인 트래픽 전송에 용이하다. 또한 FDD 방식은 주파수 축에서 보호대역이 필요하며 주파수가 낭비되는데 반해 TDD 방식의 경우에는 송수신 시간 사이에 보호시간이 필요하여 시간이 낭비된다.

또한 TDD 방식은 인접 주파수 채널 또는 인접 주파수 사업자로부터 간섭을 최소화하기 위하여 채널 간 또는 사업자 간에 송수신 시간동기를 맞추어야 한다.

TDD 방식은 대역 잡음, RF 스위치 삽입 손실 등의 성능 저하요인이 있으나 FDD 방식에 비해 Smart Antenna 기술 적용이 용이한 장점을 가지고 있다. 또한 TDD 방식은 FDD 방식에 비해 전력 증폭기, 필터, 발진기 등을 공유함으로써 발생하는 비용 상의 이점을 보유하고 있지만 FDD 방식에 비해 등화기의 길이가 2배이며, 2배 빠른 DAC/ADC가 필요하고, 고가의 RF

스위치가 필요하는 등의 가격 상승요인을 가지고 있어 가격적인 면에서 두 방식의 우열을 비교하기가 매우 어렵다. 와이브로는 주파수 활용도가 높고 인터넷 서비스와 같이 비대칭 트래픽에 적합한 TDD 방식을 채택하였다.

(2) 다중접속(Multiple Access) 방식

다중접속 방식이란, 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위하여 최대한 많은 사용자들이 안정적으로 망에 접속하도록 사용자를 구분하는 기술로 정의할 수 있다. 이러한 다중접속 기술은 크게 FDMA, TDMA, CDMA, OFDMA 등으로 구분할 수 있다.

(가) FDMA

FDMA는 사용자마다 다른 주파수를 할당해 주는 방식이다. 이는 마치 라디오가 각 방송국별로 서로 다른 주파수를 가지고 방송파를 송신하는 것과 같은 원리이다. 아날로그 방식의 이동전화인 AMPS(Advanced Mobile Phone Service)가 대표적인 FDMA 방식이다.

(나) TDMA

TDMA는 사용자를 시간적으로 구분하여 자원을 사용하도록 한다. 아주 짧은 시간 간격을 두고 디지털 샘플링 신호를 번갈아 보내야 되는 TDMA 시스템은 신호의 동기검출이 가장 중요하다. 유럽의 이동통신방식인 GSM이 TDMA 방식을 사용하는 대표적인 사례이다.

(다) CDMA

CDMA는 동일 주파수를 사용하지만 동기화의 필요 없이 가입자들을 부호(Code)로 구분하는 방법이다. 부호신호의 대역폭은 정보신호의 대역폭보다 훨씬 크게 선택된다. 이러한 부호화 과정을 통해 신호의 대역폭이 확산되므로 확산 스펙트럼 다중접속방식이라고도 한다. 각 사용자는 고유의 확산부호를 할당받아 정보신호를 부호화하며, 사용자의 확산부호를 알고 있는 수신기는 수신된 신호를 복호하고 전송데이터를 복원하므로 간섭제거능력이나 비밀유지능력이 타 다중접속 방식에 비해 우수하나, 부호신호의 대역폭은 정보신호의 대역폭보다 훨씬 크므로 고속전송에는 다소간의 제약이 발생한다.

(라) OFDMA

OFDMA는 사용자들을 직교 성질을 가지는 주파수와 시간으로 구분한다. OFDMA 방식은 OFDM을 기반으로 하고 있으며, 그 역사는 1960년대로 거슬러 올라간다. 기존의 병렬 데이터 전송 시스템에서는 채널 간의 간섭을 제거하기 위하여 전체 신호 주파수 대역을 서로 중첩하여 사용할 수 없었다. 이 때문에 스펙트럼 사용의 비효율성이 발생했다. 이러한 비효율성을 해

결하는 방법으로 부채널 간에 중첩하여 사용하는 병렬 데이터 전송과 주파수 다중화 방법이 소개되었다. 부채널 간의 중첩특성을 확보하기 위해서는 부반송파 사이의 직교성이 보장되어야 한다. 직교성은 타 반송파에 의해 영향을 받지 않는다는 것을 의미하는데, 특정 반송파의 값이 최대가 될 때 타 반송파의 값은 0이 되도록 함으로써 얻어지는 특성이다.

이후 고효율의 다수 반송파 전송방식에 대한 많은 연구가 이루어져, 1980년대에는 OFDM 기술을 이용한 고속 모뎀, 디지털 이동통신, 고밀도기록이 연구되었다. 최근 발전된 VLSI 기술로 인해 고속 및 대용량의 기술 구현이 가능해짐에 따라 OFDM 기술의 상용화가 이어졌고, DAB, DVB 및 무선랜(IEEE802.11a), WirelessMAN(IEEE802.16), 와이브로, VDSL 등의 전송방식으로 채택되었다. 또한 4세대 이동통신 기술에서 채택이 유력한 첨단 기술방식이다.

(3) 변조 및 복조 기술

(가) 변조와 복조

변조(Modulation)란 기저 대역의 신호를 무선이나 유선으로 장거리 전송할 때 높은 주파수의 반송파로 옮기는 것을 말하는데, 메시지 신호에 따라 반송파의 진폭, 주파수, 위상 또는 진폭 등의 성분을 변화시켜 전송한다. 변조된 신호는 반송파에 의해 상대방에 도달하게 되며, 수신기에서는 이 신호를 원래의 신호로 복원하게 되는데 이를 복조(Demodulation)라고 한다. 변조를 하는 주요한 목적은 원천 신호를 먼 거리까지 잡음을 이겨내며 도달하도록 하기 위한 것이다. 최근에 일반적으로 사용되고 있는 디지털 변조는 디지털 정보를 아날로그 전송매체로 전송하기 위해 아날로그 신호로 변환하는 과정이다.

디지털 변조를 하는 이유는 아날로그 신호를 통신망에 전송하는 것보다 디지털 신호로 전송하는 것이 더 많은 장점을 가지고 있기 때문이다. 예를 들면 오류가 발생했을 경우에도 아날로그 신호보다 디지털 신호에서 더 확실하게 복원할 수 있으며, 또한 더 먼 거리까지 전송이 가능해진다. 디지털 변조에는 진폭변이변조(ASK), 주파수편이변조(FSK), 위상편이변조(PSK), 진폭·위상편이변조(QAM) 등이 있다. 와이브로에서 사용하는 변조방식은 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM이다.

무선통신 시스템에서는 순간적 전송속도도 중요하지만 전체 시스템의 성능을 증가시키는 가장 적합한 방법으로 제시되고 있는 것이 적응변조·부호화(AMC) 기술인데, 이는 채널 환경에 맞추어 변조 기법과 부호화 기법을 바꿔주는 것이다. 즉 채널 환경이 좋지 않은 경우에는 낮은 효율의 변조 및 부호화 기법을 사용하는 것이다.

이를 위해서는 사용자가 자신의 수신환경을 기지국으로 보고해야 한다. 먼저 사용자는 현재 상태에서의 신호 수신 환경을 측정하고 이를 기지국으로 보고한다. 기지국은 사용자로부터의 보고를 바탕으로 적당한 변조 및 부호화 기법을 선택하게 된다. 와이브로에서는 고속의 전송 속도 확보를 위해 이런 AMC 기능 및 수신 품질 측정·보고를 위한 채널(CQI)을 운용하고 있

다.

직교주파수 분할다중(OFDM) 방식은 이러한 AMC를 적용하기에 적합하며, 와이브로 및 4세대 무선통신 시스템에서 전체 시스템의 성능을 증가시키기 위해 AMC를 사용하는 것은 당연한 일이다. OFDM의 경우는 각 부반송파별로 다른 신호를 전송하기 때문에 각 부반송파의 채널 상태에 맞추어 변조 및 부호화 기법을 변화시켜주면 최적의 전송이 가능하게 된다. 실제로 유선에서 OFDM을 사용하는 xDSL 시스템의 경우, 전송 채널 환경에 맞추어서 AMC를 수행하고 있다.

기지국과 단말기의 거리가 가까울수록 전파 손실이 적어 수신신호의 C/I가 높게 되고, 셀 경계지역으로 갈수록 전파 손실이 커지고 인접 셀로부터의 간섭량이 증가되어 단말기가 수신하는 C/I는 낮아지게 된다. 단말기는 이러한 링크 상태를 상향의 CQI를 이용하여 주기적으로 보고함으로써 기지국은 단말기의 링크 상태에 적절한 AMC 스케줄링을 할 수 있게 되어 기지국 전송용량을 증가시킬 수 있다.

(나) 부호화, 복호화

부호화(Coding)란 신호를 특정한 부호들의 나열로 그 형태를 바꾸는 것으로 그 기능에 따라 소스 부호화와 채널 부호화의 2가지로 나뉜다. 소스 부호화는 신호의 중복성을 효과적으로 제거함으로써 부호화의 결과로 나오는 데이터의 양을 줄이고, 결과적으로 전송 데이터의 양을 줄이는 기능을 한다. 이와 달리 채널 부호화는 인위적인 여분(Redundancy)을 추가함으로써 전송되는 신호가 다양한 채널 오류를 극복하게 하여 통신 효율을 향상시키는 것이다. 일반적으로 채널 부호화의 목적은 대역폭은 더 많이 사용하게 되지만 이를 통해 에러 확률을 감소시키거나 요구하는 신호 대 잡음비를 감소시키는 데 있다.

(다) 재전송 기술

와이브로는 에러를 정정하는 기법으로서 가장 많이 사용되고 있는 자동재전송방식(ARQ)을 채용하고 있다. 이 방식은 에러 검출 후에 에러가 발생한 데이터 블록을 다시 전송해주도록 송신 측에 요청함으로써 에러를 정정한다.

이동통신망에서는 가입자가 이동할 때 채널 환경의 급격한 변화가 있다. 따라서 이런 환경에서는 무선채널 및 간섭의 출렁임을 완화시킬 수 있는 기술이 필요하다. 이것은 HSDPA에도 적용되고 있는 기술인데, 이전에 전송되었으나 오류가 있었던 패킷과 재전송된 패킷을 결합하여 신호 대 잡음비(SNR) 이득과 시간다중화의 효과를 통해서 성능의 향상을 얻는 방식이다.

(4) 매체접근제어(Media Access Control) 기술

MAC 계층은 논리적 채널을 통해 사용자 트래픽과 제어 트래픽을 높은 신뢰성과 효율성을

가지고 전달하기 위해 필요한 무선매체에 대한 관리 및 제어 기능을 제공하며, 이를 위해 논리적 채널을 물리적 채널로 매핑하는 기능을 수행한다. 특히 호의 등록 및 해제뿐만 아니라 단말기의 소모 전력을 줄이기 위한 상태 관리, 네트워크 제어 및 관리, 그리고 각 사용자별의 자원 요청 및 할당 등의 기능을 포함한다. 와이브로에서의 MAC 계층은 자원의 요청과 할당, 사용자들이 요구하는 다양한 QoS 지원방법 및 이를 위한 스케줄링 알고리즘, 전력 절감 기술, 보안, 인증 기술 등이 제시되어 있다.

(가) 초기화

하드웨어 및 소프트웨어가 시작되는 시점에서 적용되는 기능으로 하드웨어적인 초기화가 시작되고 소프트웨어가 로딩되어 태스크가 수행될 때 요구된다. 초기화 감지 시 진행 중인 세션들을 종료하고 관련된 모든 정보들을 초기화한다. 태스크 운용에 필요한 DB에 접속하여 하드웨어 구성정보와 무선 초기값들을 획득하고 실제 형상과 비교하여 검증한다.

(나) 등록

단말기는 등록 절차 후에 기지국과 단말기 간에 제어 및 사용자 데이터그램을 스트림 형태로 교환할 수 있으며, 다수의 스트림이 동시에 열릴 수도 있다. 만일 더 이상 데이터그램이 발생하지 않는 경우 단말기는 하향 링크의 페이징 정보를 주기적으로 확인하고, 이러한 상태가 미리 정해진 시간 동안 지속되는 경우에 등록이 만료된다.

(다) 폴링

폴링은 기지국이 대역 요청을 수행하기 위한 목적에 따라 단말기들에게 대역폭을 할당하는 과정이다. 이 할당은 개별적인 단말기들에 대한 것일 수도 있고, 단말기들의 그룹에 대한 것일 수도 있다. 연결들의 그룹 또는 단말기들에 대한 할당은 실제로 대역 요청 경쟁 정보 요소들을 정의한다. 그 할당은 명시적인 메시지의 형태로 주어지는 것이 아니지만, 상향 링크 맵 내에서 일련의 정보 요소들로서 포함된다.

(라) 자원 요구 및 할당

상향 링크 대역 할당을 필요로 한다는 것을 기지국에게 나타내기 위하여 단말기가 사용하는 방식을 요청이라 한다. 요청은 독자적인 대역 요청 헤더가 될 수도 있으며 피기백(Poggyback)된 요청이 될 수도 있다. 상향 링크 버스트 프로파일은 동적으로 변경될 수 있으므로, 대역폭에 대한 모든 요청들은 물리 계층 오버헤드에 의해서가 아니라 매체접근제어 계층 헤더와 탐재물을 운반하는 데 필요한 바이트 수에 의하여 수행되어야 한다.

(마) 스케줄링

패킷 스케줄링은 일반적으로 주어진 자원을 여러 사용자들이 공유하기 위해 필요한 전송순서를 결정하는 알고리즘으로 사용자의 QoS와 시스템의 성능을 결정하는 중요한 절차가 된다. 특히 AMC를 적용하는 와이브로 시스템의 경우에는 사용자의 위치에 따른 채널 상태에 의해 전송률이 달라지기 때문에 사용자 간의 공정성이 보장될 수 없다. 즉, 채널 상태가 좋은 사용자를 우선적으로 할당하게 되면 시스템의 전체 수율은 극대화될 수 있다. 특히 전체 수율이 높아질 수 있다. 이와 같이 사용자 수의 증가로 인해 전체 수율이 높아지는 현상을 다중사용자 다이버시티 이득이라 한다. 그러나 항상 채널 상태가 좋은 사용자만을 우선적으로 선택하여 할당하게 되면 사용자 간의 공정성이 확보될 수 없다.

일반적으로 패킷 스케줄링 알고리즘은 시스템의 수율과 사용자 간의 공정성을 동시에 고려하면서 이들 간의 득실관계를 유연하게 제어할 수 있어야 한다. 이를 고려한 대표적인 방안으로 비례적 공정성 스케줄링 알고리즘을 들 수 있다. 이는 모든 사용자에게 대해 현재 제공 가능한 전송률과 지금까지 할당받은 평균 전송률의 비를 계산하고 이 비율이 가장 큰 사용자를 우선적으로 고려하는 방식이다.

즉, 지금까지 채널 상태가 좋은 사용자를 우선적으로 할당하되, 그 할당받은 전송률이 높은 경우에는 그 우선권을 낮추어서 공정하게 한다. 이 방식은 수율과 공정성 간의 득실관계를 동시에 고려하여 할당 우선권을 제어하게 된다. 일반적으로 비례적 공정성 스케줄링 알고리즘은 비실시간 서비스에 적합하며, 만일 실시간 서비스나 특정 QoS를 요구하는 서비스에 대하여 우선권을 결정하는 기준이 달라져야 할 것이다.

한편 자원 요청 및 할당에 의해 동작하는 예약방식의 경우에는 자원요청 과정에서 각 사용자가 필요로 하는 대역폭을 명시적으로 요청할 수 있다. 이 경우에는 사용자의 QoS 요구사항과 채널상태, 그리고 트래픽 부하 등을 동시에 고려하여 스케줄링이 수행되어야 한다.

스케줄링은 트래픽 부하가 낮을 경우에는 명시적으로 요청된 자원 요청을 모두 수용할 수 있지만, 부하가 높을 경우에는 사용자의 QoS를 만족하면서 시스템의 수율을 극대화할 수 있는 방식이 적용되어야 한다.

(바) 전력 절감 기술-Idle, 슬립 등

단말기의 이동성이 고려되면서 단말기의 전력소모가 매우 중요한 설계 요소 중의 하나가 되었다.

전력을 절감하기 위한 방법으로 와이브로에서는 두 가지 모드가 있다. 이중 한 가지인 슬립(Sleep) 모드는 단말기가 송수신할 데이터가 없을 때 전환되는데 이때 전력소모를 줄이기 위하여 패킷 송수신을 중단하나 기지국과의 연결은 유지된 상태이다. 간헐적인 경청 구간 동안에 수신할 트래픽의 유무를 확인할 수 있다.

Idle 모드에서는 단말기의 송수신 데이터가 없고 기지국과의 연결이 해체된 상태를 의미한다. 기지국 간 이동 시 불필요한 핸드오버 트래픽 발생을 제거함으로써 단말기 전력소모 최소화 및 기지국 자원의 효율적 활용을 가능하게 해준다.

Idle 모드는 단말기가 특별한 기지국에 등록하지 않고 하향 브로드캐스트 트래픽 메시지를 가능하게 하는 메커니즘으로 핸드오버나 모든 종류의 정상 동작을 제거함으로써 단말기 전력 및 기지국 자원의 이득을 얻을 수 있다. 단말기는 페이징 그룹 내에서는 상향을 전송할 필요가 없고 트래픽이 발생하는 경우에만 페이징을 수신 가능하다.

기지국이 단말기로 전달해야 하는 패킷을 받았다면 기지국은 단말기와 접속을 위해 페이징 메시지를 브로드캐스트할 것이다.

특히 Idle 모드 상태에 있는 이동 단말기에게 하향 트래픽이 필요할 경우 해당 단말기가 존재할 것으로 판단되는 페이징 그룹의 기지국들에서 동시에 페이징을 보냄으로써 해당 단말기가 정상 상태로 돌아올 수 있도록 하는 작업을 위해 페이징 제어기가 필요하다.

페이징 제어기는 각 이동 단말기가 페이징 그룹을 갱신할 경우 각 기지국으로부터 해당 단말기의 정보를 수집하여 갱신하고, 이동 단말기를 찾는 요청을 통해 해당 단말기의 접속 기지국 정보를 최신으로 유지하므로 향후 단말기의 재접속 시 단말기 서비스 및 운용정보를 보유한다.

와이브로가 IP 기반의 네트워크이고 전체 망이 ALL IP 기반이라는 관점에서 이동 단말기의 IP정보, 접속 기지국 및 제어국의 정보, 푸시 기반의 서비스 적용 등을 위해 가입자의 이동 단말기의 위치정보를 총괄하는 기능이 페이징 제어기에 필요할 수 있다.

(사) QoS 보장

와이브로는 All IP 망으로 기존 유선의 IP 망에서의 Diffserv 또는 MPLS 등의 QoS 기술을 적용할 수 있다.

망 음성 호 서비스 위주의 시스템과는 달리 와이브로와 같은 패킷 트래픽은 버스트한 특징을 가질 뿐 아니라 트래픽별로 다양한 QoS를 요구한다. 또한 트래픽 특성과는 별도로 사용자 간 또는 서비스 간에 대한 우선권 지원이 가능한 스케줄링 알고리즘을 제시해야 한다. 이를 위해 먼저 기존의 스케줄링 알고리즘을 비교한 후 QoS 보장 및 우선권 부여가 가능한 스케줄링 방안이 필요하다.

(아) 인증·보안

와이브로에서 적법한 사용자 및 사용자 트래픽 정보가 외부로 노출되는 것을 예방하기 위한 보안 기능을 제공하며, 이를 위하여 보안 암호부 계층을 별도로 두고 있다. 보안암호 부계층을 통해 제공되는 보안 기능은 고정 또는 이동무선망의 기지국과 단말기 사이의 모든 연결을 암호화

호화함으로써 가입자들에게 안정적인 서비스를 지원하기 위해 수행된다. 또한 이 보안 기능은 사업자들에게 외부의 불법적인 서비스 사용을 통제할 수 있게 강한 보안 기능을 제공하고 있다. 즉, 기지국 망에 연결된 모든 서비스 플로우에 대하여 암호를 강화함으로써 불법적인 접근을 막는 것이다. 이러한 보안 기능을 지원하기 위해서 인증 클라이언트인 단말기를 인증하고 기지국은 트래픽 암호화 키 정보들을 분배 관리한다. 와이브로의 인증 및 보안 서비스는 제3자의 불법적인 접근 및 네트워크 서비스의 사용을 금지하는 인증 서비스를 통해 사용자의 인증 정보 및 송수신 정보를 보호할 수 있어야 한다.

(5) 끊임없는 이동성 기술

와이브로가 단말기의 이동과 관계없이 끊임없이 연결을 유지하기 위해서는 핸드오버가 지원되어야 하며, IP 연결성을 효율적으로 지원하기 위한 Mobile IP 기능이 구현되어야 한다. 이를 위해 IEEE802.16 프로토콜 스택 위에 이동 에이전트 계층이 새로 도입되고 핸드오버 과정에서 필요한 MAC 계층에서의 절차와 필요한 메시지가 정의된다.

와이브로에서는 Mobile IP를 통한 IP 이동성을 보장하는 것이 CDMA2000의 현재 SIP를 제공하고 있는 것과 가장 큰 차이점이라 할 수 있다. 노트북이 점점 소형화, 고성능화되고 무선 액세스 기술이 향상됨에 따라 이동성에 대한 사용자의 요구가 점점 늘어나고 있다. 그러나 현재의 인터넷프로토콜은 인터넷에 접속하는 호스트는 그 위치가 고정되어 있다는 가정 하에 라우팅이 이루어지고 있다. 때문에 기존의 인터넷프로토콜은 호스트가 다른 네트워크로 이동할 경우 호스트의 새로운 위치로 IP 데이터그램을 전달할 수 없다. 이러한 환경에서 다른 네트워크로 이동한 호스트가 계속 인터넷에 연결하기 위해서는 사용자가 이동한 네트워크 시스템에서 유효한 IP 주소를 할당받아 이에 맞게 호스트의 설정을 변경해야 한다. 이는 IP 주소 관리 등의 문제에서 많은 불편을 감수하게 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 IETF라는 프로토콜이 제안되었으며, 이를 위치정보 관리 측면에서 보면, 인터넷에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Mobile IP(REC 3344)라는 프로토콜이 제안되었으며, 이를 위치정보 관리 측면에서 보면, 인터넷에서 호스트의 이동성을 지원하기 위한 Mobile IP 프로토콜은 홈 에이전트와 외부 에이전트로 구성된 두 계층의 위치정보 서버 구조를 가지고 있으며, 호스트가 다른 기지국으로 이동할 때마다 위치 정보를 등록하는 방식을 사용하고 있다. 현재 국내외 연구기관 및 기업들은 Mobile IP 기술과 연동하는 응용 기술 개발에 주력하고 있다.

Mobile IP 기술에 대한 표준화 진행은 IETF의 Mip4, Mip6, Mipshop WG을 중심으로 이루어지고 있다. Mip4 WG에서는 IPv4 기반의 인터넷 망에서 이동 단말기의 이동성을 지원하는 Mobile IPv4 표준화와 함께 Mop4의 deployment를 위한 AAA와의 연계와 관련된 표준화를 진행하고 있으며 Mip6 Working Group에서는 IPv6에서 built-in 기능인 Mobile IPv6 프로토콜 표준화를 진행하고 있다. 또한 Mipshop에서는 Mip6에서의 빠른 핸드오프 지원을 위한 표준화

를 진행하고 있다.

Mobile IPv4에 대한 표준화는 이미 세 번의 개정을 거쳐서 RFC3344로 규격화되어 있으며, 현재는 빠른 이동성을 위한 표준화 및 인증·보안 등 추가적인 규격 확장 작업을 중심으로 표준화가 진행되고 있다. IETF RFC3375로 규격화 된 Mobile IPv6는 IPv6의 장점인 다양한 확장성에 기반을 두고 IP mobility 기능을 IPv6 헤더의 하나의 확장 기능으로 제공하여 IPv6을 지원하는 이동 단말기에 이동성을 지원하고 있다.

와이브로는 IP 기반이기 때문에 서비스에 따라 핸드오버 지연에 따른 영향을 받을 수 있다. 이러한 핸드오버 지연을 최대한 줄이기 위한 여러 기법들이 제안되고 있고 와이브로 표준에서도 FBSS(Fast BS Switching)을 제안하고 있다.

4. 3세대 '802.11a/d/g' 표준 분석

가. 개요

무선랜은 금년 들어 국내에서도 상용화 서비스가 이루어지면서 주목을 받게 되었다. 무선랜은 유선 케이블을 사용하지 않고 전파 또는 빛을 이용하여 허브에서 각 단말까지 네트워크 환경을 구축하는 서비스를 말한다. 무선랜은 기존의 통신기술이 갖고 있는 취약성을 보완할 수 있는 특성을 가지고 있다. 기존 이동통신망의 경우 이동성과 전송 커버리지 면에서는 절대 우위를 갖고 있지만, 통신 속도는 유선망에 비해 취약하다. 한편 블루투스는 사용자의 작업공간을 둘러싼 수 미터의 공간 내에서는 유용하고 사용될 수 있지만, 이동성이나 커버리지 면에서 열세에 있다. 유선망은 통신 속도에서는 뛰어나지만, 이동성면에서 불편하다. 이런 타 통신기술들의 특성과 비교하여 종합해 보면, 무선랜은 이동성면에서 유선망에 비해 뛰어나며, 통신 속도면에서 이동통신망에 비해 빠르다. 또한 블루투스 보다 비교적 넓은 영역을 커버할 수 있다. 이러한 장점들을 잘 살린다면, 무선랜은 급속도로 보급될 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 무선랜의 설치 유형은 크게 나누어, 사설망 성격의 독립형 무선랜과, 공중망 성격의 공중 무선랜(Public Wireless Lan: 일명 Hotspot)으로 구분된다. 독립형은 액세스 포인트가 client상호간의 통신은 지원하지만 외부망과의 연결은 지원하지 않는 반면, 공중 무선랜은 액세스 포인트가 기존 유선망과의 다리 역할을 하면서 client상호간 뿐 아니라 외부망과의 연결도 가능하다. 무선 client가 새로운 액세스 포인트 영역으로 이동시 기존 접속을 끊고 새로운 액세스 포인트로 접속할 수 있게 된다.

독립형 무선랜은 이전부터 주로 기업을 대상으로 도입되어 왔으나, 일반 소비자를 대상으로 하는 공중 무선랜의 경우는 금년 들어 상용화 기업이 속속 등장하면서 크게 주목을 모으고 있다.

나. 무선랜 규격 표준화 동향

무선랜 규격의 표준화는 미국중심의 IEEE 802.11규격, 유럽중심의 Hiperlan규격, 일본의 MMAC PC규격으로 대별된다. 이중 IEEE(미국전기전자학회)의 802.11위원회는 처음 무선랜 표준을 확립하여 미국과 아시아 지역에서 활성화되고 있다. 무선랜의 최초 규격은 1998년에 표준화가 완료되었고, 당시 통신속도는 최대 2Mbps였다. 그 후에 보다 고속 통신규격으로서 IEEE 802.11a와 IEEE802.11b라는 두 가지 규격이 표준화되었다. 2.4GHz대에서 11Mbps를 실현하는 IEEE802.11b 규격은 바로 제품화되었으나 5GHz대의 IEEE802.11a는 작년말부터 제품이 등장하기 시작한 단계이다. IEEE802.11b와 호환성을 갖는 고속 통신규격인 802.11g는 현재 표

준화작업이 한창 진행중이다.

(1) IEEE802.11b (Wi-Fi)

현재, 무선랜에서 주로 사용되는 것은 IEEE802.11b라는 규격이다. 이 규격은 주파수 면허를 받을 필요가 없는 2.4GHz대를 이용하여 최대 전송속도 11Mbps를 낼 수 있다. IEEE802.11b 대응 제품은 기기가 저 가격화하여 급속히 보급되고 있으나 통신 속도가 비교적 늦고, 타 기기와의 전파간섭 문제와 시큐리티면에서 문제가 표출되고 있다. 이에 따라 최근에는 IEEE802.11b보다 전송속도가 빠른 IEEE802.11a라는 규격과, IEEE802.11g라는 2가지 규격이 주목을 모으고 있다.

(2) IEEE802.11a

IEEE802.11a는 대응제품이 금년 들어 등장하기 시작했는데, IEEE802.11b와는 달리 5GHz대의 주파수대를 이용하여 최대 통신 속도 54Mbps를 내는 것이 특징이다. 5GHz대를 이용하기 때문에 IEEE802.11b와의 호환성은 없으나, 이 대역은 무선랜을 위한 전용대역이기 때문에 2.4GHz대처럼 블루투스나 같은 다른 기기의 영향을 받지 않는 이점이 있다. 단, 이 5GHz대의 주파수대는 통신위성이 지상과 교신할 때 이용하는 대역이기도 하기 때문에 국가에 따라서는 옥외이용이 금지되어 있다. 국내에서도 전파법에 의해 이용이 규제되고 있다.

(3) IEEE802.11g

한편, IEEE802.11g 규격은 IEEE802.11b와 같은 2.4GHz의 주파수대를 이용하여 고속통신을 실현하려는 것이다. IEEE802.11g는 표준 최대전송속도 24Mbps, 옵션으로 54Mbps까지 고속통신에 대응한다. 또한, IEEE802.11b에 대해 상위호환성을 갖고 있어, 기존의 IEEE802.11b대응기기에서도 통신이 가능한 것이 특징이다. 이 때문에 기존 무선 랜환경에서의 이행이 용이하다. 단, 802.11g는 아직 규격 표준화가 진행 중인 단계이어서, 실제로 제품이 출시되는 것은 2003년 이후가 될 전망이다. 따라서 그 전까지는 IEEE 802.11a제품이 보급될 가능성이 높다.

(4) 기타 통신 규격

상기와 같은 주요 통신규격이외에도 IEEE802.11에서는 다양한 추가규격의 표준화가 이루어지고 있다. 그 중에서도 주목을 모으고 있는 것은 IEEE802.11a의 추가기능으로서 표준화가 진행되고 있는 IEEE802.11h이다. IEEE802.11h는 주로 사용채널을 이용 상황에 따라 동적으로 변화시키는 DCS(Dynamic Channel Selection)와, 전파상황에 따라 소비전력을 제어하는 TPC(Transmit Power Control)의 두 가지를 무선랜의 기능으로서 추가하려고 한다. 특히 TPC는 소비전력이 큰 IEEE802.11a에서 유효한데, PDA 등에 무선랜이 내장형으로 도입될 때에도 유효할 것이다.

또한, 시큐리티 향상이라는 면에서 IEEE802.11i라는 규격으로 암호기능 강화와 인증시스템과의 조합력을 검토하고 있다. IEEE802.11i는 RADIUS와 IEEE가 정한 802.1x 등의 규격에 의한 인증을 지원함으로써 무선랜 시큐리티를 향상시키고자 하는 것이다.

이 밖에도 무선랜에서 필요한 대역을 확보하는 QoS(Quality of Service)를 실현하는 802.11e와, 서브넷을 걸친 로밍시의 동작을 규정한 802.11f 등의 표준화가 진행되고 있다.

[표 2.4-1] IEEE802.11 그룹 표준화 동향

표준 규격	내용
802.11	2.4GHz ISM대역에서 1/2Mbps 전송속도를 가지는 Infrared, FHSS, DSSS 등 3가지 PHY 및 MAC 개발
802.11b	2.4GHz ISM 대역에서 최대 11Mbps 전송속도를 지원하는 고속 PHY 개발
802.11a	5GHz UNNI 대역에서 최대 54Mbps 전송속도를 지원하는 고속 PHY개발
802.11b cor1	802.11b MIB 정의에서의 결함 수정
802.11c	유선랜과 무선랜의 브릿지에 관한 규격. 802.1d에서 802.11 프레임 지원
802.11d	2.4GHz/5GHz를 이용할 수 없는 지역을 대상으로 한 규격. 802.11에서 정의되지 않은 다른 국가들의 주파수 사용 규정 및 요구사항 반영
802.11e	QoS (통신품질 보증)에 관한 규격. MAC강화
802.11f	액세스 포인트 간의 표준화된 프로토콜 개발
802.11g	2.4GHz ISM대역에서 20Mbps 이상의 전송속도를 지원하는 고속 PHY개발
802.11h	채널 이동과 전력 컨트롤에 관한 규격. 802.11a에서 전송전력 관리기능, 동적 주파수 선택 기능 추가
802.11i	시큐리티 개선에 관한 규격. 시큐리티를 위한 MAC 강화

다. 무선랜시장분석

(1) 시장동인

IEEE802.11b규격이 업계표준으로 확립되면서, 2001년부터 장비 및 소프트웨어 들의 지원이 본격화되었다. 이에 따라 장비가격이 하락되어 수요가 확대되고 있다. 2001년 말 무렵부터는 저렴한 무선랜 내장형 단말기 등이 본격적으로 출시되어, 급속도로 보급화 되고 있다. 단말기 보급화로 무선랜 서비스 사업 환경은 갖추어지고 있다고 할 수 있다.

(2) 유선통신사업자의 신사업 모델 구축 필요성 대두 및 이동통신사업 진출 의욕

국내에서는 유선통신업체인 KT와 하나로 통신이 선행하여 무선랜을 상용화하였다. 일본에서

도 최대의 유선통신업체인 NTT그룹이 무선랜 서비스에 적극적으로 나서고 있다. 세계적으로 유선통신업체는 이동통신 사업자에게 수익의 상당한 부분을 빼앗기고 있는 실정이며, 고정망 통신시장의 포화로 성장이 어려운 상황에 있다. 따라서 신사업 모델 구축에 대한 의욕이 강할 수밖에 없다. 또한 통신기술 발전상 유무선의 경계가 없어지고 있는 상황이기 때문에 사업자 간 경쟁체제도 유선 대 유선, 무선 대 무선이 아닌 유무선 상호간의 경쟁체제로 바뀌고 있다. 그러나 유선통신사업자의 경우 주파수가 한정되어 있는 무선 사업의 영역에 진출하는데 어려움이 있다. 따라서 유선통신업체는 무선랜 제공을 통해 자사의 고정망 고객에 부가가치로서 제공함으로써 고객충성도를 높이고, 이동통신사업 부문에 진출하는 기회로 삼고자 하는 것이다.

(3) 이동통신사업자의 무선랜 견제 및 3G 보완재로서의 무선랜 도입 필요.

무선랜은 장래적으로 이동통신의 트래픽 수익을 감소시킬 수 있는 소지를 갖고 있기 때문에 이동통신사업자들이 무선랜을 기뻐할 이유는 없다. 그러나, 유선사업자 등이 무선랜 상용화 서비스를 시작하면서 이동통신사업자들도 이를 도외시 할 수 없게 되었다. 무선랜 사업을 함으로써 리스크 회피와, 확산이 빠르지 않은 3G의 보완재로서도 이용할 수 있기 때문에 도입한다는 입장이다.

(4) 이용자가 “언제 어디서나” 네트워크에 접속할 수 있는 환경 추구

이용자의 모바일 환경에서의 네트 접속 욕구는 매우 높아졌으나, 이동통신사업자가 제공하는 3G는 서비스 일정이 지연되고 있는데다, 통신 속도가 이용자가 만족할 만한 수준이 되지 못하는 문제가 있다. 이런 틈새에 “언제 어디서나” 유선과 비슷한 속도로 네트를 이용할 수 있는 무선랜은 매우 큰 잠재 성장력을 갖고 있다.

(5) 호텔 등 숙박업소와 음식점 등에서 부가서비스로 설치

라. 보급을 위한 과제

(1) 시큐리티

일반유저라면 모르지만, 비즈니스 유저는 시큐리티에 민감할 수밖에 없는 데 현재의 무선랜은 시큐리티에 매우 취약한 것이 문제가 되고 있다. 사내에서 사용하는 무선랜 전파를 부정하게 다른 사람이 액세스할 수 있는 위험에 노출되어 있기 때문이다. IEEE802.11b 무선랜 제품이 갖추고 있는 기본적인 시큐리티 기능만으로는 유선랜 만큼의 시큐리티를 유지할 수 없다. 미국의 로렌스 리버모어 국립연구소는 금년 1월에 기밀정보누설 방지를 이유로 무선랜의 사용을 금지한 바 있다.

IEEE802.11b에도 유선과 같은 정도의 보안을 실현하기 위해 40bit의 Key와 RC4라고 하는 암호화기술을 조합해 통신을 암호화하는 WEP이라는 규격이 있기는 하다. 그러나 이 암호의 강도는 충분하지 못하며, 이미 해독용 Tool이 나돌고 있다. 암호의 강도를 높여도 사실 핫스팟 서비스에는 그다지 의미가 없다. 현재의 암호방식으로는 동일 액세스 포인트를 이용하는 유저는 동일 암호키를 이용하기 때문에, 유저간의 도청이 용이하기 때문이다. 그 때문에 핫스팟 같은 불특정 다수의 유저가 무선을 이용할 경우에는 시큐리티 확보를 위해 VPN이나 독자적인 암호화 등 별도의 기술을 이용하는 것이 필수적이다.

(2) 통신품질 유지 문제

무선랜은 그 특성상 전파간섭에 의한 전송속도 저하 등의 품질 문제를 제공 사업자가 보장하기 어렵다.

(3) 가격경쟁 문제

복수 사업자가 무선랜 핫스팟 서비스에 진입하면서 무선랜 서비스의 보급은 가격, 서비스 커버리지, 실행속도, 시큐리티 대책이 중요해지는데, 특히 가격은 일반소비자의 경우 가장 피부에 닿는 지표가 되기 때문에, 가격경쟁이 예상된다. 사업자로서는 저가격으로도 이익을 낼 수 있는 비용구조를 구축하는 것이 관건일 것이다. 서비스 뿐 아니라 무선랜 장비에 있어서도 출혈 가격경쟁이 문제가 되고 있다. 국내 장비업체들은 무선랜 시장을 선점하기 위해 거의 원가에 가까운 가격에 장비입찰에 나서고 있는 실정이다.

(4) ROI관점에서의 접근 및 애플리케이션의 제안

핫스팟의 법인용서비스에서는 기업에게 ROI(Return on Investment)관점에서 어떻게 무선랜의 이점을 소구할 것인지가 중요하다. 또한, 업무용 애플리케이션을 무선랜의 인프라 상에서 실현하고 엔드유저의 업무효율을 향상시키는 환경을 제안하는 것이 중요하다.

예를 들면, 일본의 가전판매체인회사 베스트전기는 NEC의 「Webhandy」라는 단말기를 무선랜과 함께 사용하여 재고확인에 이용하고 있으며, 후지쓰제의 「TeamPad7500」이라는 단말을 발주 단말로서 이용하고 있는데, 이러한 이용방법은 과거의 판매데이터, 발주이력을 표시 해주며 각종정보와 조회하면서 발주할 수 있어 업무효율을 높여준다.

(5) 타사업자와의 로밍

지금의 무선랜은 그 지역에서 서비스를 수행하고 있는 사업자에 가입하지 않으면 이용할 수 없다. 그러나 지역과 장소에 따라 서비스를 제공하는 사업자가 달라, 이용자에게 불편을 주고 있다. 사업자의 투자비용을 줄이고 영역을 확충하는 방법으로 휴대폰에서 수행하는 방식인 로

밍 서비스를 이용할 수 있다. 로밍이 되면 하나의 사업자가 이용할 수 있는 지역이 한정되어도 복수 사업자를 조합하여 어디서든지 무선랜으로 인터넷 접속할 수 있게 되어 보급이 촉진될 것이다.

5. Wi-Fi 기술 분석

가. Wi-Fi 개요

Wireless Fidelity 의 약자이며, Wi-Fi Alliance 라는 비영리 단체에서 독자적인 호환성 테스트를 거친 제품에 한하여 부여하는 브랜드의 성격을 가지고 있다. 초기 무선랜 제품을 사용하는 데 있어 가장 큰 문제점으로 부각한 것이 호환성에 대한 문제였다. 각 Vendor 들이 모두 IEEE 802.11에 따른 규격을 기반으로 제품을 공급하였으나, 호환이 안되어 각기 다른 벤더의 제품을 사용할 수는 없었다. 이에 따라 업계에서 무선랜 제품의 시장을 확대시키자는 목적으로 별도의 단체를 설립하여 호환성을 검증하기로 하였다. 이에 따라 WECA (후에 Wi-Fi Alliance 로 명칭 변경)가 설립되었다.

Wi-Fi Alliance에서 테스트를 하는 제품은 IEEE 802.11b제품에 한정되어 있었으나, IEEE 802.11g, IEEE 802.11a등 전송속도를 개선한 기술들이 등장함에 따라 이들 기술을 기반으로 하는 전 제품으로 확산되었다.

Wi-Fi Certification을 획득한 제품에 대해서는 상호간의 호환성이 입증됨으로서 서로 다른 Vendor 들의 제품이라도 혼용해서 사용할 수 있음을 입증한다. 이에 따라 무선랜 제품의 확산에 일조하게 되었으며, 특히 Wi-Fi가 확산되고 난 이후에는 거의 모든 무선랜 제품의 구매자들이 Wi-Fi certification을 획득한 제품을 구매하고 있다. 또한 국내의 무선랜 서비스 사업자들(KT, SKT, 하나로통신 등)도 무선랜 제품의 구매제품들의 기술 규격에도 Wi-Fi certification을 의무화하고 있다.



[그림 2.5-1] 제품에 사용하는 로고

나. Wi-Fi Alliance

Wi-Fi Alliance라는 단체는 비영리 기관이며, 무선랜 제품(IEEE 802.11b, 11g, 11a 기술기반의 네트워크 제품)을 공급하는 여러 제조사들로 구성되어 있다. 1999년 10월에 설립되었을 당시에는 Wireless Ethernet compatibility Alliance (WECA)라는 명칭으로 Agere, Cisco, Conexant, Dell, Intel, Microsoft, Nokia, Philips, Sony, Symbol Technologies and Textra Instruments 등의 회원사로 출범하였으며 이후 명칭을 변경하였고, 현재 약 200여개의 회원사로 늘어났으며, 1,250개의 Certified products를 갖추게 되었다.

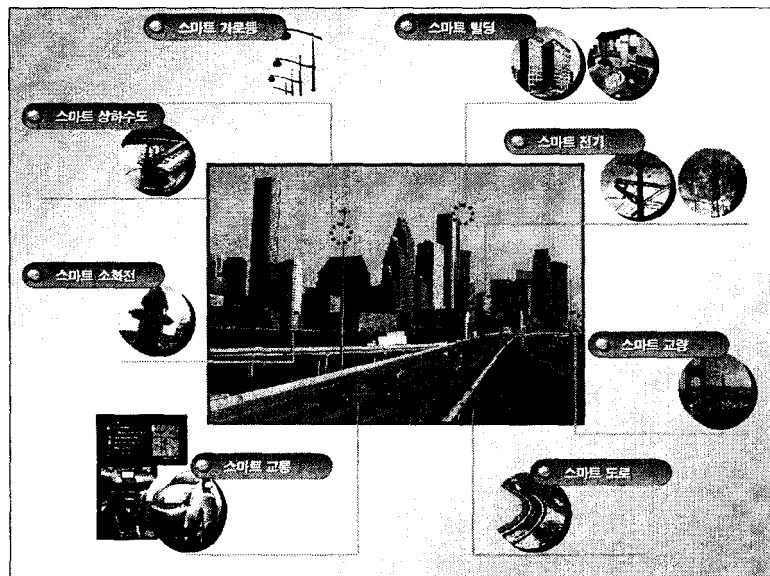
다. Wi-Fi Alliance의 역할

각 무선랜 제품 제조사들이 802.11 표준에 따라 제품을 공급하게 함으로서 전 세계적으로 무선랜 시장을 확대시키는 역할을 하고 있으며, 가장 큰 역할은 무선랜 제품의 호환성을 테스트하고, 이에 대한 Wi-Fi certification을 발급함으로써 무선랜 제품간의 호환성을 검증하고, 제공하는 것이다. 또한 Wi-Fi Alliance 내부에는 WISPr(Wireless Internet Service Provider) subcommittee가 존재하고 있다. 이는 ISP들이 Wi-Fi 제품들을 통해 가정 및 SOHO 시장에 서비스를 제공하도록 Promotion 및 Support 한다.

6. 전자태그(RFID) 분석

가. 기술의 개요

소위 ‘전자태그’로 불리는 RFID는 다가올 미래 정보 산업의 핵심이 될 뉴 패러다임인 유비쿼터스 환경 하에서 존재하는 수도, 전기, 가스, 교통, 항만, 공항과 같은 Public utility 뿐만 아니라 유통, 물류, 의약, 가전, 자동차등과 같은 다양한 산업에 적용되어 이를 지능화함과 동시에 효율적으로 관리함으로써 이에 따른 사회적 비용을 현저하게 절감할 수 있는 핵심 원천 기술이다. 따라서 이러한 RFID기술에 의해 언제 어디서나 손쉽게 지속적으로 해당 정보를 모니터링 및 수집하기 위해서는 RFID와 리더 간 데이터를 상호 송수신할 수 있는 근거리 무선 통신 방식이 필요하다. 또한 RFID가 기존의 passive형태에서 battery 및 데이터 무선 전송 기능이 추가되어 self-configuration 네트워킹을 통해 RFID 리더와 협대역의 데이터를 상호 공유하게 함으로써 다양한 서비스를 가능하게 하는 active형태로 진화함에 따라 이들 간을 무선네트워크로 상호 연결하기 위한 Baseband 및 RF front-end단의 기술이 기본적인 핵심 기술로 대두되고 있다.



[그림 2.6-1] RFID응용 기술 기반 지능형 인프라 개념도

(1) 기술적 측면

유비쿼터스 지향 무선 네트워크 인프라를 구축하기 위해서는 RFID 및 USN(Ubiquitous Sensor Network)와 같은 초저전력의 근거리 무선 통신 기술이 필수적이며 이것과 관련 한 핵심 기술 개발 및 표준화 경쟁이 본격화 되어 미국, 일본, 유럽 등의 선진국에서는 초소형, 저

전력의 RFID 칩셋 관련 기술 개발 및 표준화에 이미 착수하였다. 다가올 미래 정보 산업의 핵심이 될 유비쿼터스 환경에서 RFID 응용 기술 개발에 의해 유통, 물류, 가전, 자동차등과 같은 산재된 산업에 무선 RFID 노드 기능을 제공하여 임의의 네트워크를 통한 효율적인 통신 서비스를 가능하게 하는 기술 개발이 요구된다. 이러한 유비쿼터스 공간에 존재하는 각종 사물들을 RFID와 리더로 이루어진 무선 네트워크로 상호 연결하기 위해 RF Front-end 및 Baseband 기능이 하나의 칩 상에 결합된 시스템 온칩(SoC) 기술 개발이 요구된다. RFID 및 리더와 관련한 근거리 무선통신 분야는 원천기술을 보유한 선진업체들이 국제 표준의 제정에서부터 치열한 기술 경쟁을 벌이고 있으며 선진업체의 기술 독점으로 인해 향후 해당 분야의 경쟁력 상실의 예상되므로 핵심 기술의 선점을 위한 노력이 시급한 상태이다. 현재 RFID와 관련한 칩셋 기술은 기술적인 측면에서 3년, 실증실험 분야에서도 적어도 2년 정도 선진국에 뒤떨어져 있는 상황이므로 아직 선진 업체에서도 초기 단계에 있는 UHF대역 RFID 분야를 선정하고 역량을 집중하여 원천 기술을 확보함으로써 우리나라 RFID 관련 기술을 한 단계 도약시킬 수 있는 여건 마련이 필요하다. 현재 passive형태의 고정된 개체 정보 수집 수준에 머물러 있는 RFID 기술이 향후 주변 환경 인지 및 개체간의 통신기능이 부가된 active형태의 유비쿼터스 센서로 진화할 것으로 예측됨에 따라 active형태와 passive 형태를 통합한 RFID 원천 기술 개발이 필요하다. 이렇게 RFID는 인식정보를 제공하는 기술 위주로 발전하고 이에 감지기능이 추가되고 이들 간에 네트워크가 구축되어 능동적으로 정보를 처리하는 지능형 초소형 네트워크로 발전할 것이 예상된다. 현재 900MHz대역의 국제 표준은 ISO18000-6 type C가 사실상의 표준 기술로 채택되었으나 passive RFID 기술이며 향후 USN과 관련한 active RFID에 대한 기술 표준화가 진행될 것으로 예상되기 때문에 해당 기술의 선점을 통한 기술 경쟁력 강화가 필요하다. 또한 WLAN, 블루투스과 같은 다양한 이종 표준이 존재하는 2.4GHz 대역에서의 RFID방식은 이러한 표준에 의한 강력한 간섭 신호가 RFID 시스템의 오동작을 초래할 가능성이 현저히 높기 때문에 UHF대역, 즉 900MHz 대역에서의 RFID 및 리더에 대한 기술이 현실적으로 매우 의미 있는 기술로 평가될 수 있기 때문에 이에 대한 기술 개발 요구가 증가할 것으로 판단된다. 또한 국내의 RFID관련 전파법 기술 기준에서 UHF(908.5~914MHz)대역을 RFID/USN 용으로 확정 고시하였기 때문에 이 대역에서 동작 가능한 RFID 및 리더기에 대한 핵심 기술 개발이 요구된다. UHF대역의 passive/active RFID SoC 기술은 최근 이슈가 되고 있는 모바일 RFID기술로 확장 적용되어 휴대 단말에 내장되게 함으로써 사용자와 사물간의 인식정보를 모바일 네트워크를 이용하여 가공 및 활용가능 하게 하는 핵심 기술로 평가 되는 바 기술 개발의 필요성이 증대될 것으로 예측된다.

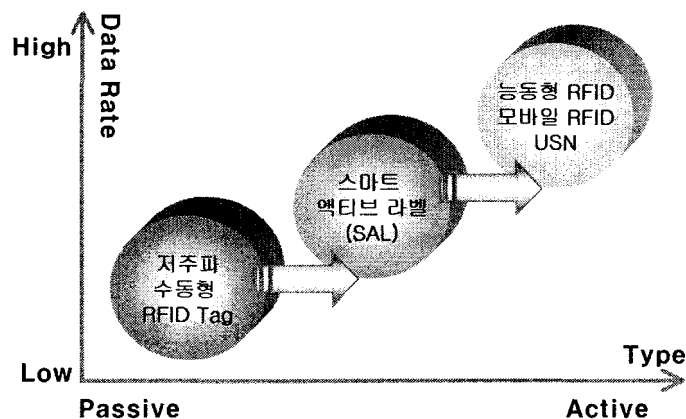
결국 UHF 대역에서의 passive/active 통합형 RFID SoC 기술을 통해 ISO 및 EPC의 국제 표준에 근거한 passive RFID와 향후 해당 대역에서 USN과 연동되어 표준화가 진행될 active RFID기술까지 고려한 선행 연구가 가능할 것이다.

(2) 경제·산업적 측면

유비쿼터스 환경 지향 기술의 중요성 증대로 텍사스인스트루먼트, 히다치, 미쓰비시와 같은 우수 통신 업체뿐만 아니라 AWID, Intermec, ThingMagic, Avery Dennison 등의 중견기업들을 중심으로 RFID 관련 산업의 활성화를 위해 핵심 기술에 대한 표준화 및 기술 선점을 위한 경쟁이 치열한 상태이고, 향후 RFID가 유비쿼터스 네트워크의 핵심 기술로 발전할 것으로 예측되며 이러한 기술의 소형화, 다기능화, 대중화 및 글로벌화에 의한 물류 및 유통 혁명을 통해 다양한 새로운 수익 모델이 출현하게 되어 광범위한 유비쿼터스 거시 경제가 탄생할 것으로 전망된다. 또, 통신 기능이 부가된 RFID를 통하여 시간과 장소에 상관없이 모든 사람, 사물, 상품 등을 상호 연결하는 유비쿼터스 네트워크를 통해 실시간으로 정보를 공유함으로써 다양한 콘텐츠 및 서비스 제공을 통한 부가 가치 창출 및 산업 경쟁력이 강화된다. 초소형 RFID 관련 근거리 무선 통신용 SoC, 임베디드 안테나, 응용 프로토콜 기술은 산업 전반에 파급효과가 매우 큰 고부가 미래형 핵심 기술로서 선진국에 의존율이 높은 비 메모리 반도체 기술의 국산화에 의한 수입대체 효과 및 관련 시장 선점으로 국가 경쟁력 상승효과 기대된다. 이러한 RFID SoC 관련 고부가 핵심 기술의 개발이 USN(Ubiquitous Sensor Network)와의 연계 기술로 발전하여 향후 정보통신(IT), 바이오(BT), 나노(NT), 환경(ET)분야 기술들의 컨버전스(convergence)가 유도될 수 있으며 따라서 국가 기간산업의 첨단화, 고도화로 산업 체질 및 구조개선 효과가 전망된다. 또한 RFID 및 USN과 같은 미래 유비쿼터스 핵심 기술의 선점을 통한 관련 부품 산업체의 기술 선점 및 우위 확보로 산업 활성화 및 산업경쟁력 확보 가능하다. 이에 더하여 국제표준인 ISO18000-6의 UHF 대역 RFID SoC관련 RF front-end 및 baseband의 핵심 기술을 보유함으로써 해당 분야에 대한 국내 기업의 기술 주도권 확보로 세계 시장 진출 가속화를 촉진하며 이에 따른 관련 산업 활성화에 의한 막대한 고용 창출 효과도 예상된다. RFID의 기술적 발전 추이가 기존의 passive 형태로부터 active 형태로 진행됨에 따라 초소형의 저 전력 무선 네트워크 기능을 가진 RFID 기술이 각종 산업에 적용되어 이들 간의 global 네트워킹을 가능하게 함으로써 정보 공유의 용이성 및 효율성을 제공하여 산업 경쟁력 제고에 기여한다. UHF대역의 passive/active 통합형 RFID SoC 핵심 기술 개발을 통해 해당 분야에 대한 국제적 수준의 논문 및 지적 재산권 등의 결과물을 도출해냄으로써 국제 표준화 및 핵심 기술에 대한 국가 이미지 제고 효과가 있다. 따라서 이러한 passive 및 active RFID 관련 SoC, 시스템 H/W 및 S/W 네트워크 프로토콜 기술 등과 같은 관련 분야의 우수 산업 인력을 양성하고 해당 인력의 국제 경쟁력을 증진시킬 수 있을 것으로 기대된다. UHF대역의 passive/active 통합형 RFID 노드용 SoC 기술과 관련된 근거리통신용 원천 기술의 확보 및 해당 기술의 확장성으로 다양한 산업 분야에 적용함으로써 새로운 비즈니스 모델 및 사업 기회 창출의 효과가 있다.

나. 국내·외 관련기술의 현황

유통, 물류 분야에 가장 널리 적용될 것으로 전망되는 UHF대역의 RFID 기술과 관련한 표준화 초기에는 ISO, IEC-18000-6 type A, B 와 EPC Global에서 정의된 Class 0 Class 1등의 각기 다른 여러 가지 표준이 등장하여 그 호환성 문제를 야기 시켰으나 현재는 EPC Class1 Generation2, 즉 ISO 18000-6(type C)의 등장으로 주요 업체들이 이러한 새로운 표준에 맞는 규격의 칩을 속속히 개발하고 있으며 이에 따라 칩의 가격도 상당히 저가로 내려가고 있기 때문에 한동안 침체되어 있었던 RFID의 상용화 시장은 조금씩 앞당겨지리라 전망됨. 또한 해당 국내 기업들은 RFID의 후발 주자이기 때문에 기술 특허권 문제가 RFID 산업 활성화의 걸림돌이 될 수 있으나 이는 active RFID, passive/active 통합형 RFID SoC, 모바일 RFID, USN등의 새로운 응용분야의 발굴과 기술 개발로 특허 및 지적 재산을 확보함으로써 새로운 기술을 응용한 다양한 서비스 시장의 출현을 예고하고 있다.



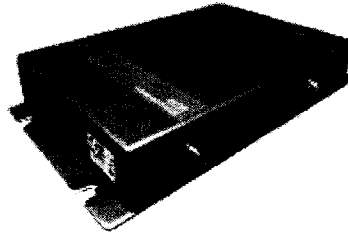
[그림 2.6-2] RFID 관련 기술 발전 방향

(1) 국내 기술 동향

최근까지 RFID와 관련하여 국내에서 상용 수준의 구체적인 비즈니스 확산 사례는 거의 전무한 실정이었으나 정부 및 민간 부문을 중심으로 확산 노력이 매우 빠른 속도로 진행되고 있다. RFID시스템 구축과 관련한 사업으로는 이미 2003년 말에 유통물류진흥원을 중심으로 시범사업이 시작되었으며 한국전산원에서는 2004년도에 USN구축 기본계획을 확정하고 세부추진계획을 발표 한데 이어 2005년도에는 RFID 적용 선도사업으로 6과제를 선정하여 추진하였으며 송도 U City구축 방안 발표 등이 지속되고 있다. UHF대역의 RFID 태그칩은 기능, 성능, 가격 및 글로벌마켓의 확보가 경쟁력의 관건이지만 RFID 칩의 안정적 공급을 위한 핵심 기술의 확보라는 측면에서 국내 기술개발이 중요성이 인식되고 있으며 이러한 차원에서 ETRI는 Gen 2

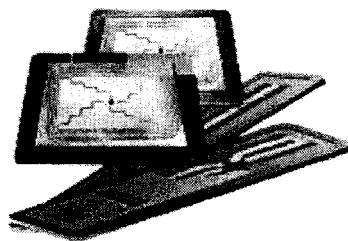
1.04버전의 칩을 개발하여 기본적인 시험을 완료했으며 국내 우수 반도체 업체인 매그나칩과 함께 상용화와 양산에 대비하고 있다. 국내 정부 연구기관 중 한국전자통신연구원(ETRI)은 하이트렉스, 파이칩스, 그리고 아이디퓨처 등과 2005년 9월까지 제품을 개발하기 위한 공동 연구를 진행하였음. 또한 국내 시장에서 가장 취약한 분야인 RFID 태그 개발은 국내 삼성테크윈이 900MHz대 RFID 태그 양산을 위한 설비를 갖춰 스마트라벨과 단말기분야에 나서고 있고 ETRI와 크레디패스, LG산전등도 연구 개발에 참여하고 있는 상황이다. 2004년 초부터 개발에 착수한 ETRI중심의 국내 RFID 기술개발도 현재 상당한 기술적 진척을 이룬 바 있으며 시작 당시 선진국에 비해 3년 정도 뒤진 것으로 분석되었던 UHF대역 기술 분야에서는 많은 참여업체들의 독자적인 기술개발을 통한 제품 발표가 이루어지고 있다.

이밖에 ETRI는 항공, 물류, 군사 및 USN,과 같은 다양한 분야뿐 아니라 특히 수요가 가장 많은 항만물류용 컨테이너 관리를 위한 ISO 180000-7 규격의 433MHz active RFID 태그와 리더를 3개 참여기업과 개발하였으며 2005년부터는 전자 실험(e-seal)형 태그개발, 환경시험, 응용프로그램개발, 시스템 및 서비스 시험등을 수행중이고 컨테이너위치확인을 위한 2.45GHz RTLS(Real Time Location System)기술 개발도 진행 중이다. RFID태그, 리더기, 안테나, 칩 등과 관련한 H/W 개발 생산 기업을 살펴보면 태그 개발의 경우 제품 설계에서부터 최종 제작까지의 전 과정의 기술력을 보유한 기업은 극소수에 불과하고 대부분의 기업은 일부 공정만을 수행할 수 있는 기술력을 갖추고 있다. 저주파용 RFID 리더기의 생산업체로는 LS산전, 세연테크놀로지, 한맥이엔지등 많은 업체에서 형식등록을 마친 제품을 출시하고 있다. 현재 유통 및 물류분야에서 각광 받고 있는 UHF(900MHz)대역의 RFID 및 리더기의 경우는 키스컴, 크레디패스, 한맥이엔지, 현대오토넷 등 약 20여개 업체에서 형식등록을 마친 제품을 출시하고 있다. 국내 기업 중에서는 크레디패스와 키스컴이 UHF(900MHz)대역의 리더기를 개발했고 코리아센서 닷컴과 RFID LAB 등이 13.56MHz 대역 이동형 리더기를 개발한 것으로 알려져 있음. 특히 크레디패스가 개발한 전자요금 징수 시스템(ETCS)은 차량이 톨게이트에서 15m 떨어진 곳에서 시속 165Km 속도로도 통행료를 징수할 수 있는 특징이 있다. RFID 솔루션 관련 업체로는 최초로 키스컴이 미국연방통신위원회(FCC)로부터 UHF(900MHz)대역 RFID 리더에 대한 FCC인증과 싱가포르정부의 형식승인 인증인 IDA를 받음. 또한 키스컴은 이미 지난 90년대 중반부터 RFID분야에 투자를 해온 국내 대표 장비업체로서 관련제품 군을 모두 자체기술로 확보한 후부터 900MHz RFID시장에서 국내업체의 기술력을 과시하며 영업에 총력중이며 최근에는 UHF(900MHz)대역 이동형 리더기를 개발하였다.



[그림 2.6-3] 900MHz대역 지원 Kiscom RFID 리더

- 송신 출력 신호 :
 - USA site licensed : 30W EIRP
 - USA unlicensed 4W : EIRP
 - European unlicensed : 500 mW EIRP
 - South Africa : 8W EIRP
 - Korea : 4W EIRP
- 주파수 대역 :
 - USA unlicensed : 902-928MHz band with frequency hopping
 - Europe : 869.4-869.65MHz fixed frequency
 - South Africa : 915.3MHz fixed frequency
 - Korea : 910-914MHz
- Cover range :
 - USA site licensed : 20m 이상
 - USA unlicensed : 약 6-8m
 - European unlicensed : 3m 이하
 - South Africa : 약 10m



[그림 2.6-4] 900MHz대역 지원 Kiscom RFID Tag

- 주파수 대역 :

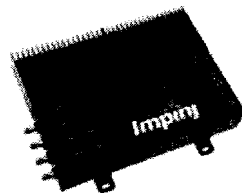
- USA unlicensed : 902-928MHz band with frequency hopping
- Europe : 869.4-869.65MHz fixed frequency
- South Africa : 915.3MHz fixed frequency
- Korea : 910-914MHz
- Data rate : 64Kbps/256Kbps

국내 기업 중 LS산전은 국내에서 처음으로 RFID 전용 테스트 센터와 연간 10만대 규모의 리더 양산라인을 준공하여 본격가동에 돌입 하였으며 2005년 말경에는 RFID 태그 양산 라인을 구축하고 오는 2007년까지 물류분야 RFID 태그 전문화와 새로운 비즈니스모델을 발굴하여 국내최대 RFID 태그 전문생산업체로 정착할 계획이다. UHF 리더 기술은 국내에서도 다수 업체들이 EPC글로벌 C0, C1와 ISO 18000-6 A/B 규격의 리더를 개발 발표하였는데 특히 ETRI는 기존 규격을 지원하는 멀티프로토콜리더를 개발하여 4개 업체에 기술이전을 하였고 RFID 리더용 아날로그 칩을 개발 중이며 여기에 핸드 헬드형 리더의 경쟁력을 향상시키기 위한 아날로그 디지털 칩을 개발 중이다. 추가적으로 active RFID 기술과 관련한 스마트 액티브 라벨(SAL) 및 USN 기술은 선진국에 비해 진입시기가 늦었으나 기술 선도가 가능하다는 판단 하에 본격적인 기술개발이 시작되었다. 특히 센서와 배터리가 부착된 얇고 유연성이 있는 SAL은 인식거리, 부착물체 영향 등 RFID의 단점을 보완하고 간단한 센싱 기능을 부가할 수 있는 기술로 ETRI는 2006년 말까지 SAL 기술을 개발 완료하여 실용화한다는 계획으로 추진 중에 있으며 모든 곳에 스며들어 있는 센서노드에서 획득한 실시간 데이터를 다양한 분야에 활용하기 위한 USN 기술은 유비쿼터스 구현의 핵심이며 이를 위한 소형 운영체제(OS), 저 전력 무선 통신 칩셋 기술, 네트워크 프로토콜 기술, 전지기술 및 패키징 기술 등을 중점개발하고 2006년 까지는 산업적 파급효과가 큰 3~4개 서비스를 선보인다는 계획이다.

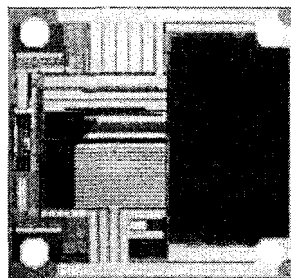
(2) 국외 기술 동향

RFID 태그 및 시스템과 관련한 기술이 유통 및 물류 분야의 핵심기술로 등장하면서 2003년도에 미국의 Matrics, Alien사에서 EPC 규격의 3m 이상에서 인식이 가능한 대역의 단일 칩과 시스템을 발표하면서 전 세계적으로 개발의 열기가 가속화되었다. 뒤이어 2004년에는 국제표준(ISO)이 확정되어 2004년에는 Philips, EM, ST Micro 에서 UHF대역의 태그용 단일 칩을 발표하였으며 2005년 3분기에 IMPinJ사에서 EPC C1G2(ISO 18000-6 type C) 규격의 태그용 단일 칩 발표를 시작으로 Philips, TI사 및 그 외 많은 대형 반도체 기업에서 해당 제품을 출시발표하고 있다. RFID관련 하드웨어 개발 업체 중에서 RFID 태그 개발 업체들을 살펴보면 Philips, Intermec, Matrix, Alien, EM Micro, TI, Hitachi등 주로 외국 기업이 이미 기술 개발을 마치고 상용화 단계에 있으며 국내에서는 삼성전자가 13.56MHz 칩을 개발하였고 연이어

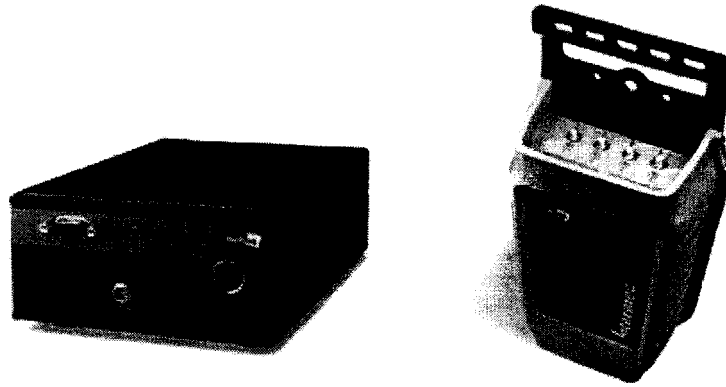
900MHz 대역 칩을 개발 중인 것으로 알려졌다. RFID 리더기 개발 분야에서 UHF대역의 리더기를 개발하는 업체로는 매트릭스, 하이트랙스, 사비테크노로지, LG CNS, 에일리언, 이림테크, 텍사스 인스트루먼트등의 외국 업체 및 국내 업체들이 상용화 단계를 거쳐 시장을 공략하고 있다. 특히 하이트랙스는 미국 글로벌 유통 전문회사로 전 세계에서 RFID도입에 가장 적극적인 월마트에 설치되고 있는 RFID 시스템에 탑재된 안테나의 대부분을 국내에서 생산하여 공급하고 있다. 또한 매트릭스의 인수 합병기업인 심볼테크놀로지스는 월마트와 독점으로 RFID 구축 사업을 하고 있고 심볼테크놀로지스의 안테나들 대부분은 하이트랙스, 매트릭스를 통하여 공급하고 있으며 하이트랙스의 안테나 기술은 매트릭스의 기술에 국내 안테나 기술을 접목하여 개발한 제품이다. 900MHz대역의 RFID가 가장 활발하게 적용되는 유통분야에서 살펴보면 EPC C1 Gen2(ISO18000-6 type C)태그와 리더가 본격적인 개막을 알리며 미국의 IMPinJ의 태그인 Monza와 리더인 Speedway가 'RFID 저널 Live 2005' 컨퍼런스에서 전시되면서 AWID, Intermec, ThingMagic, Avery Dennison, RSI, SAMsys, Alien등의 많은 업체들이 속속 Gen 2 제품을 출시하고 있다.



[그림 2.6-5] EPC C1 Gen2를 지원하는 IMPinJ사의 RFID Reader

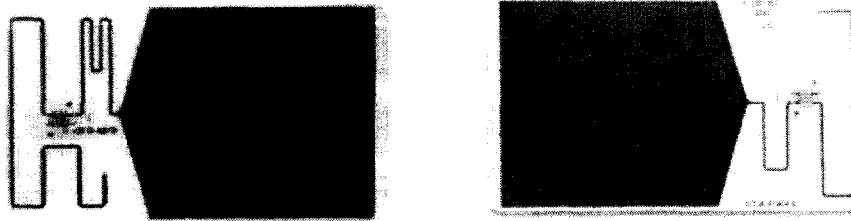


[그림 2.6-6] EPC C1 Gen2를 지원하는 IMPinJ사의 RFID 태그



[그림 2.6-7] EPC C1 Gen2(UHF대역)를 지원하는 Intermec사의 RFID Reader

- Software configurable to read/write EPC class1, EPC Gen2, ISO tag
- 주파수대역 : 865MHz, 869MHz, 915MHz, 950MHz
- Downloadable firmware for migration path to ISO 18000-6c



[그림 2.6-8] UHF대역을 지원하는 Intermec사의 RFID 태그

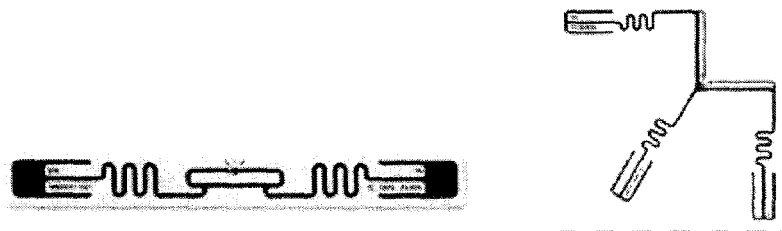
- 주파수 대역 : 915MHz
- Tag type : Passive, read/write
- Maximum range performance

미국의 세계적인 RFID 관련기업인 Alien Technology사는 RFID 관련 시스템의 표준화 선두 기업으로 1995년 이래로 UHF대역의 RFID에 있어서 태그와 리더기, 안테나등 관련제품을 생산하여 저가로 공급하고 있는데 대표적인 사례로 Wal-Mart, 미 국방부등에 RFID 시스템을 공급한 예가 있으며 Alien사의 RFID 태그는 미국, 아시아, 유럽용으로 구분되어 있음은 물론 리더기의 경우에는 기본 구성 품에 각 국가별 제품을 업그레이드하여 제공하고 있다.



[그림 2.6-9] EPC C1Gen2(UHF대역)를 지원하는 Alien Technology사의 RFID Reader

- XScale 프로세서, 리눅스, 64Mbyte RAM, 32Mbyte Flash
- 주파수 대역 : 902.75MHz-927.25 MHz
- EPC C0, 0+, C1, C1G2 support
- 네트워크 프로토콜 : DHCP, TCP/IP, SNTP
- 호핑 채널 : 50개
- 채널 spacing : 500KHz
- RF 출력 : 30dBm, 4watt EIRP

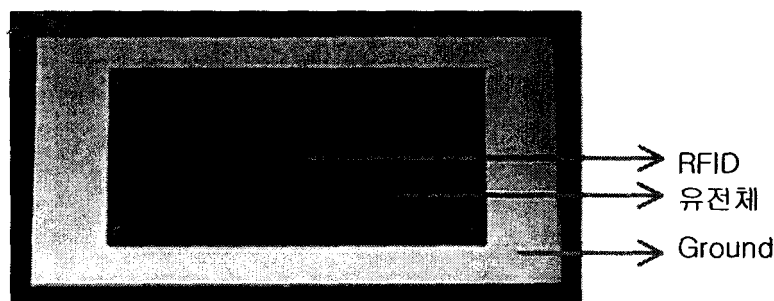


[그림 2.6-10] EPC C1 Gen2(UHF대역)를 지원하는 Alien Technology사의 RFID 태그

- EPC Class1, Gen2 지원
- 금속 혹은 물을 포함한 product에 적합한 High performance 솔루션
- Small form factor

RFID 시스템 관련 많은 특허를 보유하고 있는 Intermec Technologies사는 산업기술 전문 업체인 UNOVA의 분할 회사로서 Intermec, Norand, United Barcode industries의 3개 업체의 조합으로 이루어져 있으며 UHF대역의 RFID 태그, 리더, 프린터 등을 생산하고 있다. 일본의 경우는 제조업과 정밀가공 기술 등을 바탕으로 시너지효과를 창출 할 수 있는 기기 산업에 중점을 두어왔으나 최근에는 이를 바탕으로 독자적인 RFID 기술 표준의 도입 및 오픈플랫폼 공동 개발 등의 업체간 연구협력체계가 이루어지고 있으며 RFID 도입과 관련하여서는 히비키 프로

젝트와 함께 실제 비즈니스 영역에의 RFID 도입 가능성과 타 통신서비스와의 연계 등 다각적 측면에서 검토가 이루어지고 있다. 일본 업체인 미쯔비시 전기는 2005년 3분기에 EPC Global 표준에 준거한 UHF대역의 RFID Reader/Writer와 passive형 금속 부착용 태그의 시제품 사이에서 세계 최초로 10m의 장거리 통신에 성공했다고 발표하였으며 2006년 상반기에 제품화를 목표로 추진하고 있다.



[그림 2.6-11] 미쯔비시가 개발한 금속부착용 태그

이렇게 미쯔비시가 개발한 시제품의 RFID태그는 안테나의 형상을 고안한 것으로 금속면에 직접 붙여도 문제가 발생하지 않도록 하였으며 RFID Reader/Writer도 송신회로의 저 잡음화나 송수신부의 분리를 철저히 함으로써 953MHz의 중심주파수에서 10m의 장거리 통신이 가능하게 한다. 일본 Hitachi제작소는 자사가 제공하는 RFID 무칩의 통신거리를 늘리는 기술을 개발했다고 발표하였는데 이것은 새로 개발한 알루미늄 소재의 안테나를 칩에 내장한 것으로 통신거리를 기존의 30cm이내에서 70cm정도로 늘렸기 때문에 지금까지 입·퇴실 관리나 의료품 관리와 같은 초근거리 솔루션에 한정되어 있는 무 칩의 솔루션을 좀 더 긴 거리에 적용될 수 있는 물류분야에도 적용범위를 확대할 예정이다. 또한 통신거리가 몇 m로 긴 근거리 통신의 경우에는 이미 UHF 대역(950MHz)를 사용하는 타입이나 전지를 내장하는 active형태로 실현하고 있다.



[그림 2.6-12] 히타치가 개발한 무칩

이와 같이 해외 주요 선진국들의 경우에는 RFID를 비즈니스 영역에 확산시키고자 하는 노력이 정부 및 민간부문을 중심으로 지속적으로 추진되어 왔으며 특히 물류, 유통부문에 중심으로 중점적으로 이루어지고 있는 실정이며 아직까지 RFID에 의한 투자 성과가 불확실함에도 불구하고 시범사업 및 비즈니스 영역에의 도입 노력이 계속 추진되고 있는 것은 월마트 사례에서 알 수 있는 바와 같이 현재로는 기술적으로 많은 보완이 필요함에도 불구하고 RFID 기술 도입에 따른 잠재적인 산업 및 경제적 파급효과가 매우 크기 때문이다.

(3) 시장 동향

실제 RFID관련 기술에 대해서 시장조사기관이나 전문가들은 각종 자료들을 통해 상당히 밝은 전망들을 제시하고 있음. 시장조사기관의 하나인 VDC는 RFID 세계 시장 시장 규모를 2004년에 14억 2천만 달러, 2005년엔 15억 7천5백만 달러를 예측한 바 있으며 2006년엔 23억 9천7백만 달러의 규모에 이를 것으로 추정하는 등 매년 33%이상의 높은 성장세를 보일 것으로 전망하고 있다. 일본의 경우 일본 총무성에서도 RFID 전 세계 시장규모가 2010년에 약 31조엔에 이를 것으로 발표했으며 현재 여러 가지 기술적인 문제점이 해결됨과 동시에 RFID 태그 가격 하락이 이뤄질 경우에 위와 같은 시장 성장이 이뤄질 것으로 보고 있지만 그렇지 않을 경우에도 약 17조엔까지 성장할 것으로 예측하고 있으며 RFID 보급은 2007년까지 지속되겠지만 실제적인 파급효과는 이후에 나타날 것으로 전망한다.

(가) 세계 시장 동향

2005년도에 4사분기에 Gartner가 예측한 전 세계의 RFID시장은 2006년 후반부터 2007년에 걸쳐 RFID에 관련된 하드웨어 및 소프트웨어에 대한 지출이 크게 증가될 것이며 이로 인해 2010년에 30억 달러 이상이 될 것으로 예측된다. 이 조사 결과에 따르면 전 세계의 RFID에 대한 지출은 2006년 7억 달러로 전년대비 39% 증가할 것으로 전망되었으며 2006년 말에는 세계의 신규 라이선스 매출이 7억 5,100만 달러에 달하여 2010년에는 세계 전체의 RFID 지출이 30억 달러를 초과할 것으로 예상하고 있다. 또한 Gartner는 기업이 개별적인 비즈니스 프로세스에 따라 적절한 데이터 수집 기술을 적용함으로써 향후에도 RFID와 바코드는 공존할 것이라고 시사하고 있으며 RFID보급에 가장 큰 기회가 예상되는 분야는 소매, 우주항공, 위성 등이며 의료, 물류, 유통, 제약 등에서도 RFID 도입속도가 빨라질 것으로 예상한다.

[표 2.6-1] RFID 관련 제품 세계 시장 전망

(단위 : 억 달러)

연 도 항 목	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR
태그	13.4	18.2	24.5	34.1	46.7	36.9%
리더기	7.0	9.5	12.7	17.7	24.5	37.4%
합계	20.4	27.7	37.2	51.8	71.2	37.1%

* 자료 IDC 2005

* CAGR : 복합 연평균 성장률

(나) 국내 시장 동향

RFID태그 확산을 촉진하기 위한 요인으로 RFID 태그 가격의 하락, RFID태그 인식률 문제의 해결, 기존시스템과의 연계 가능성 검토 및 RFID도입 성공사례 발굴 등이 시급하며 RFID 태그 가격이 5센트 미만으로 하락할 경우 광범위한 산업 영역에 확산될 전망이나 해당 기업 및 연구기관마다 가격하락 가능성에 대한 주장이 엇갈리고 있어 추이를 관망할 필요가 있다. 또한 RFID 기술의 도입 여부는 RFID 도입으로 비용 절감 또는 신규 수익 창출, 대고객 서비스 향상의 효과가 있을지에 관한 평가를 통해 결정될 수 있는데 이는 국내외 시범사업 결과 및 성공사례가 속속 발표됨으로써 자연스럽게 해결될 것으로 보인다. RFID시장 전망은 세계 시장의 경우 2005년 21억달러 규모에서 2010에는 100억 달러 규모로 성장하며 이에 따라 국내 시장은 2007년 1900억원 규모로 성장할 것으로 예측된다. 이에 따라 정보통신부는 'U-센서네트워크 구축 기본계획'에서 2007년 까지 세계 1위의 U-Life기술을 확보하는 것을 목표로 세계 RFID 및 U-센서 네트워크 시장의 5%(약 9.5억 달러)를 점유하고 실생활에서의 적용을 위한 기반구축을 완료한다는 계획을 가지고 있으며 2010년에는 세계 RFID 및 U-센서 네트워크 시장의 7%(53.7억 달러)를 점유한다는 목표이다. 특히 정보통신부는 2004년 138억원의 예산 투입을 시작으로 2010년까지 총 1,626억원을 투입해 RFID산업을 육성해 나갈 방침이며 이를 통해 경제적 파급 효과면에서는 총생산유발 18조 2,171억원, 총수출유발 4조 729억원, 총 고용창출 11만 3,000여명의 효과를 기대하고 있다. 국내 시장의 경우 구체적인 전망치가 없는 상태이기 때문에 앞에서 언급한대로 세계시장에서의 국내 시장 점유율을 5%로 가정하여 추정한다.

[표 2.6-2] RFID 관련 제품 국내 시장 전망

(단위 : 억원)

연 도 항 목	2006	2007	2008	2009	2010	CAGR
태그	672	912	1,224	1,704	2,275	33.5%
리더기	350	475	637	888	1,185	33.5%
합계	1,022	1,387	1,861	2,592	3,460	33.5%

* 국내 시장 규모 : 세계 시장의 5% 점유를 기준

(4) 표준화 동향

(가) 국내 표준화 동향

산업자원부 산하의 기술 표준원은 국제표준(ISO)의 RFID핵심 워킹 그룹에 2001년부터 우리나라 대표단을 파견하여 대응해 오고 있으며 정보통신부는 2003년 5월부터 RFID 주파수 발굴 연구반을 구성하고 RFID 주파수 분배에 빠르게 대응하여 기술기준을 마련하였다. RFID관련한 전파법 기술 기준에 의해 passive의 UHF(908.5~914MHz)대역과 active의 433.92MHz 대역의 용도지정 및 기술기준이 확정고시 되었고 13.56MHz 대역은 RFID/USN용으로 용도변경 고시 되었으며 135kHz 이하 대역은 용도 지정 및 기술 기준 제정의 진행 중에 있다. RFID 기반기술 관련한 국제표준이 확정됨에 따라 산자부 산하 기술표준원은 국내 RFID산업의 표준화 및 발전을 위하여 RFID 관련 국가표준(KS) 12종을 제정하여 공표하였고 올해에도 관련 국가표준 16종을 추가로 제정하여 발표 예정이다.

(나) 국외 표준화 동향

RFID 기반기술에 관한 모든 주파수 대역의 국제표준(ISO)은 이미 2004년 말에 확정되었으며 UHF 대역 RFID태그에 관해서는 ISO 18000-6에 의해 type A와 Type B의 2가지 타입과 국제 표준단체인 EPC글로벌에서 ISO와 다른 클래스0와 클래스 1의 태그를 사용해오다 EPC글로벌은 클래스 0와 클래스 1태그를 통합해 최신기술을 반영한 EPC 클래스 1 Generation 2(C1 Gen2)태그에 대한 표준화를 완성하고 EPC C1 Gen2 태그에 대한 표준을 ISO의 18000-6 type C로 제안한다.

[표 2.6-3] RFID관련 국가표준(KS)

No	규격명	관련국제표준
1	용어-AIDC	ISO/IEC 19762-1
2	용어-RFID	ISO/IEC 19762-3
3	데이터 프로토콜 응용인터페이스	ISO/IEC 15961
4	데이터 프로토콜 부호화 규칙	ISO/IEC 15962
5	무선인식 태그의 고유식별	ISO/IEC 15963
6	에어인터페이스-일반 파라미터	ISO/IEC 18000-1
7	에어인터페이스-below 135kHz	ISO/IEC 18000-2
8	에어인터페이스-13.56MHz	ISO/IEC 18000-3
9	에어인터페이스-2.45GHz	ISO/IEC 18000-4
10	에어인터페이스-UHF 860-960MHz	ISO/IEC 18000-6
11	에어인터페이스-UHF 433MHz	ISO/IEC 18000-7
12	응용요구조건(ARP)	ISO/IEC 18001

UHF(900MHz)대역 passive RFID리더와 태그간 통신을 위한 국제 주파수 대역은 860-960MHz대역이며 전 세계적으로 유통, 물류 등의 용도에 가장 적합한 대역으로 인식되고 있는 RFID태그의 동작 주파수 대역 또한 860-960MHz으로 실제 RFID 태그의 주파수는 리더의 주파수 내에서 각국의 전파규정을 따르도록 되어 있다. RFID기술 관련 국제 표준화는 현재 유통, 물류등 응용 분야별 표준화 작업이 활발히 진행되어 완성되었거나 완성 중에 있으며 국내 RFID 기반기술인 에어 인터페이스와 관련된 국제표준(ISO/IEC 18000-x)도 센스 파라미터 등의 추가를 위한 개정작업이 현재 진행 중에 있다. 미국의 경우 UHF(902-928MHz)대역에서 비허가 무선기기를 사용하도록 FCC의 Part 15.247에 규정하고 있으며 이 대역은 ISM대역으로 관련 무선통신기기들이 함께 공존하는 대역이다. 유럽의 경우 RFID용 주파수 이용 기술 기준은 주파수 공유 개념을 적용하여 865-868MHz 대역을 3가지 유형으로 구분하여 검토 중인데 우선 865-868MHz 대역에서는 100mW EIRP, 865.6-867.7MHz 대역에서는 2W EIRP, 865.6-868MHz 대역에서는 500mW EIRP이며 주파수 이용방식으로는 AFA(Adaptive Frequency Agile)기술에 LBT(Listen Before Talk, Tx on-time=4s, Tx off-time=100ms)방식을 적용한 기술을 검토 중이다.

[표 2.6-4] UHF대역 RFID 태그 및 리더 기술 표준화 동향

구분	미국	유럽	일본	국제표준
리더주파수	902-928MHz	865-868MHz	950-956MHz	860-960MHz내에 서 각 국 제정
태그주파수	860-960MHz			
변조방식	ASK	ASK	국제표준 기준	ASK (BPSK 추가 예정)
전송속도	40-80Kbps	40Kbps	국제표준 기준	40Kbps (160Kbps 추가)
출력	4W EIRP	3.2,0.8,0.16EIRP	국제표준 기준	각 국 제정
대역폭	250,500KHz	200KHz	국제표준 기준	각 국 제정
주파수선택	FHSS	AFA+LBT	국제표준 기준	각 국 제정

다. 파급효과 및 활용방안

(1) 기술적 파급효과

유통, 물류, 교통, 가전 등에 포괄적으로 사용할 수 있는 기반기술인 UHF대역의 passive/active 통합형 RFID SoC 기술은 현재 진화 발전해 나가고 있는 국내 유비쿼터스 기술을 선도함으로써 관련 원천 기술에 대한 기술적 우위를 확보한다. UHF대역 passive/active 통합형 RFID SoC와 관련된 핵심 칩셋 기술 개발로 기술 개발로 선진국에 비해 상당히 뒤져 있는 국내 비메모리 관련 기술 분야의 비약적인 발전의 견인차 역할을 수행한다. 이러한 유비쿼터스 환경 구축용 RFID 핵심 칩셋 기술 개발에 따른 소형, 저전력의 RFIC, Baseband 설계 기술 등을 확보함으로써 차세대 산업의 기반 기술을 확보하는 효과가 예상된다. 이 기술은 향후 유비쿼터스 지향 네트워크 핵심 기술로서 스마트폰을 포함한 다양한 핸드헬드기기 및 각종 산업용 디바이스 등에 폭넓게 적용되어 국내·외에서 응용 가능한 미래 지향 고부가 부품 기술을 확보하는 효과가 있다. RFID 기술은 기존의 passive 형태에서 주변 공간에 대한 지각 및 감시가 가능한 active 형태로의 발전이 예상 되는데 이러한 공간과 사물의 지능화 과정에서 나노기술(NT), 생명기술(BT) 및 환경공학(ET) 분야와 연계되어 해당 산업기술의 동반 발전 효과를 가져 올 것으로 기대된다. 본 기술은 UHF대역에서 passive 및 active의 RFID 칩셋 기술

이 하나로 결합된 새로운 형태의 표준을 제시하여 국내외 관련 기술을 선도함으로써 해당 기술에 대한 경쟁력 확보가 가능하다. 결국 UHF대역 passive/active 통합형 RFID SoC 관련 칩셋 및 안테나 등의 독자 기술력 확보를 통해 해당 분야의 국제 경쟁력을 강화함과 동시에 모바일 RFID와 같은 이동통신 환경을 고려한 초소형 active RFID 설계기술을 습득하여 미래 근거리 통신 시스템의 기반기술 확보가 가능하다.

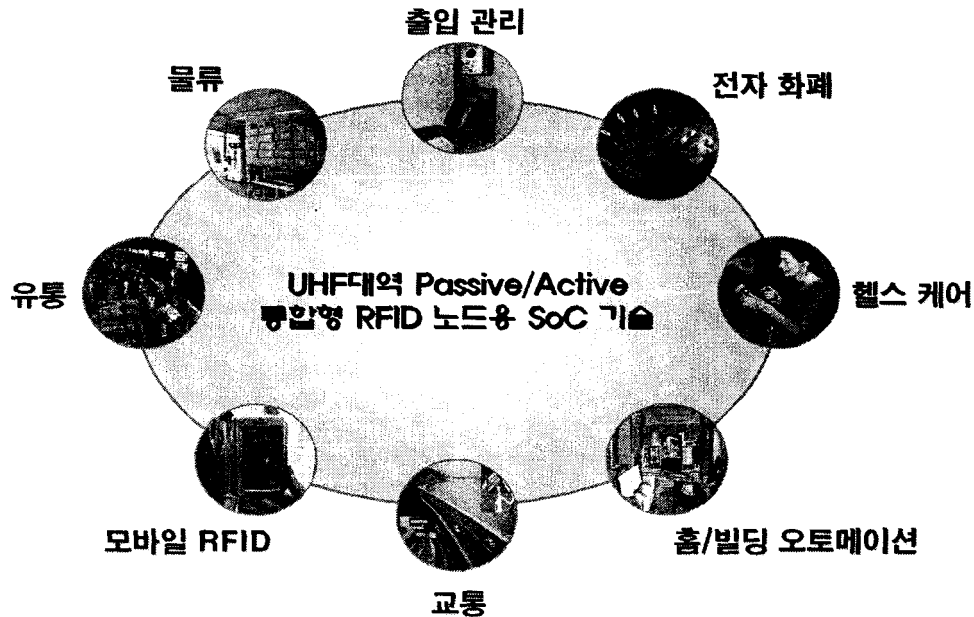
(2) 경제·산업적 파급효과

다양한 산업에 응용될 수 있는 UHF대역의 passive/active 통합형 RFID 기술을 통해 관련 RFID 태그 및 리더 시장에서 국외 major 업체들의 기술 독점을 배제하고 관련 시장을 선점하여 유비쿼터스 기술과 관련한 국가 경쟁력 향상에 기여할 것을 예상한다. 유통, 물류뿐만 아니라 전기, 가스, 공항, 항만, 교량등과 같은 public utility등에 해당 기술이 광범위하게 적용되어 값싼 비용의 손쉬운 access 방법으로 지속적으로 모니터링, 관리, 유지함으로써 이에 필요한 사회적 비용을 현저히 절감하여 공익 증진에 크게 기여할 것이다. 이러한 기술은 모바일 폰에 장착되어 RFID망과 기존에 구축된 이동 통신망과의 연동을 을 통하여 사용자에게 다양한 서비스를 제공 가능하게 하는 모바일 RFID와 같은 용도로 사용되어 새로운 수익 시장 창출에 기여할 것으로 기대된다. 이러한 UHF대역의 RFID 기반 기술의 개발로 해당 물류 및 기간산업 utility를 보다 효율적으로 관리하기 위한 다양한 s/w, smart 단말 및 콘텐츠 산업과 같은 관련 산업으로의 파급효과가 매우 클 것으로 예측된다. 또한 active형의 RFID 핵심 기술 개발로 모든 사물 및 공간을 지능화하는 스마트 스페이스를 현실화하여 사회 전반에 걸친 여러 분야에서 다양한 비즈니스 수익 모델 창출이 예상된다. UHF대역 passive/active 통합형 RFID SoC 기술은 선진 업체에 비해 뒤져있는 RFID분야에서 국내 기업의 주도가 가능한 고부가가치 핵심 기술로 기술 국산화에 의한 수입대체 효과를 가져오며 이에 따른 국가 경쟁력 상승효과를 기대한다. 본 기술의 개발을 통해 RFID 산업의 대중화 및 글로벌화에 의한 유비쿼터스 네트워크 인프라 구축이 가능해져 새로운 혁신적 산업인 유비쿼터스 상거래의 출현할 것이며 이로 인해 광범위한 유비쿼터스 거시 경제가 탄생할 것으로 전망된다.

(3) 활용방안

- 지능형 헬스 케어 : RFID 카드에 환자의 의료기록을 저장하여 환자관리를 용이하게 할 수 있으며 비상시에 필요한 치료 정보 등에 관한 여러 가지 의료 정보를 저장하여 활용한다.
- 지능형 출입 관리 및 입장객 관리 : 공공기관 및 기업 등의 제한된 출입통제가 필요한 모든 장소의 출입구에 설치한 RFID시스템을 이용하여 출입등급별로 제한적인 출입을 허용한다.
- 지능형 유통 및 물류 : 고액 상품 및 물품의 이력 사항을 등록하여 해당 물품에 대한 정보

를 저장함은 물론 그 유통과정에서 발생할 수 있는 분실 및 파손의 위험성을 줄여 유통 인프라의 효율성을 증대한다.



[그림 2.6-13] UHF 대역 passive/active 통합형 RFID 기술 활용 분야

- 지능형 홈/빌딩 : 다기능 RFID에 의한 각종 정보가전 및 산업용 기기의 지능화로 홈 네트워킹 및 빌딩 오토메이션 서비스 구현
- 지능형 모바일 RFID : 모바일 단말기에 RFID 리더 칩을 내장함으로써 어디서든지 관심 있는 물품의 식별코드를 획득할 수 있도록 하고 이 코드를 이용하여 이동통신 네트워크를 통해 물품에 대한 구매, 인증, 결제 등의 절차를 진행할 수 있는 서비스 제공
- 지능형 전자화폐 : 현재 쓰이고 있는 각종 신용카드의 단점인 위조, 복제의 문제점을 해결할 수 있으며 필요에 따라 교통카드, 출입증, 의료 진료기록 등의 정보를 저장하여 생활 편의를 제공
- 지능형 교통 : 항공, 선박, 고속도로 등 다양한 분야에 응용되어 교통요금 징수에 소요되는 인력 및 시간을 혁신적으로 단축 가능

7. 4세대 무선랜 방식 IEEE802.11n의 표준 분석

디지털 홈 기기의 차세대 무선 인터페이스 표준 자리를 놓고 IEEE802.11n과 UWB(Ultra-WideBand) 간에 경쟁이 붙었다. 전력소모나 고속 데이터 처리 면에서 UWB가 앞서 있긴 하지만 802.11n이 점점 격차를 줄이고 있어 경쟁은 더욱 치열해질 전망이다.

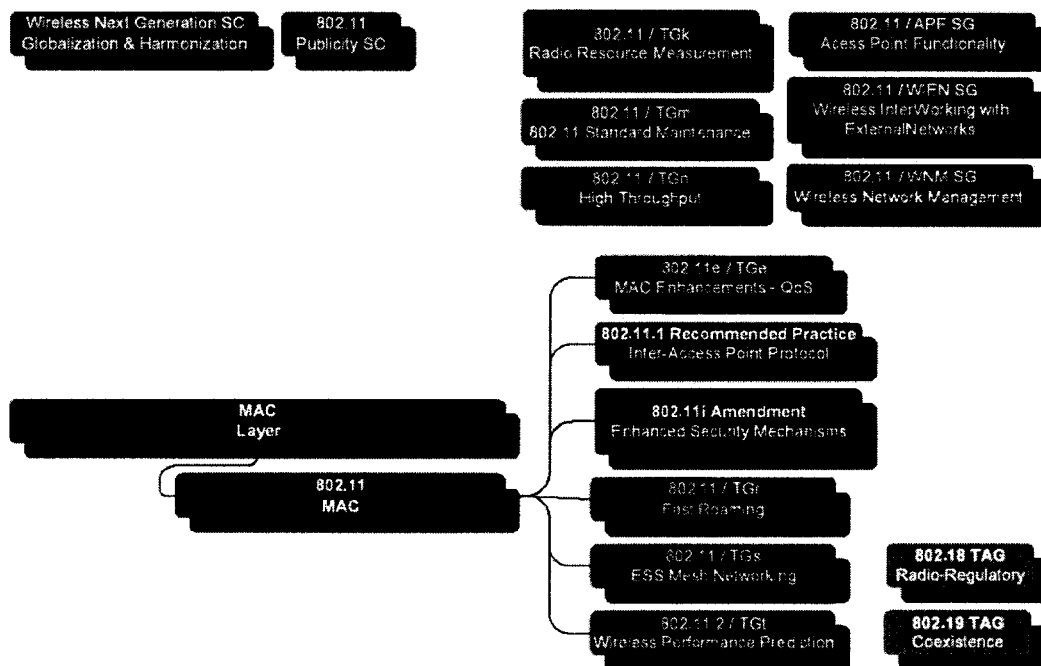
가. 무선랜 기술 진화 배경

IEEE802.11 또는 소위 Wi-Fi로 불리는 무선랜 기술에 대해 지금까지 가장 문제점으로 대두되었던 것은 통신 속도에 대한 것이었다. 이에 따라 업계와 IEEE에서는 고속의 무선랜 기술에 대해 개발을 지속하여 그 성과물을 내놓고 있다. 그 성과물로서 가장 처음 나온 기술이 IEEE802.11b 기술이다. 이 기술은 최고 11Mbps까지의 통신 속도를 지원하여, 장비의 출시 당시 선풍적인 인기를 기록하였으며, 1999년 출시 당시부터 현재까지 전 세계에서 가장 많이 이용되는 무선랜 장비가 되고 있다. 이후 IEEE802.11a 기술과 IEEE802.11g 기술이 2003년부터 시장에 출시되기 시작하고 있다.

IEEE802.11a 기술은 802.11b와 달리 5GHz 대역의 주파수를 사용하여, 이에 비해 상당히 혼잡한 2.4GHz 대역의 주파수에 비해 간섭에 대한 영향을 줄였으며, OFDM 기술을 사용하여 통신 속도를 54Mbps까지 향상 시켰다.(현재 국내외에서 108Mbps의 통신 속도를 실현하는 Turbo 기술이 적용된 제품이 출시되어 있으나, 이 기술은 국내 전파법의 점유주파수대역의 규정에 위배된다고 할 수 있다.) 그러나 IEEE802.11b 기술에 비해 통달거리가 짧은 점이 단점으로 지적되고 있다.

IEEE802.11g 기술은 IEEE802.11b 기술과 마찬가지로 2.4GHz 대역의 주파수를 사용하여 최대 54Mbps의 통신 속도를 구현하며, Backward Compatibility를 만족하고 있어 가장 주목받고 있는 기술이라 할 수 있다. 또한 IEEE802.11g 기술은 통달 거리에 있어 IEEE802.11a 기술보다 우위에 있다.

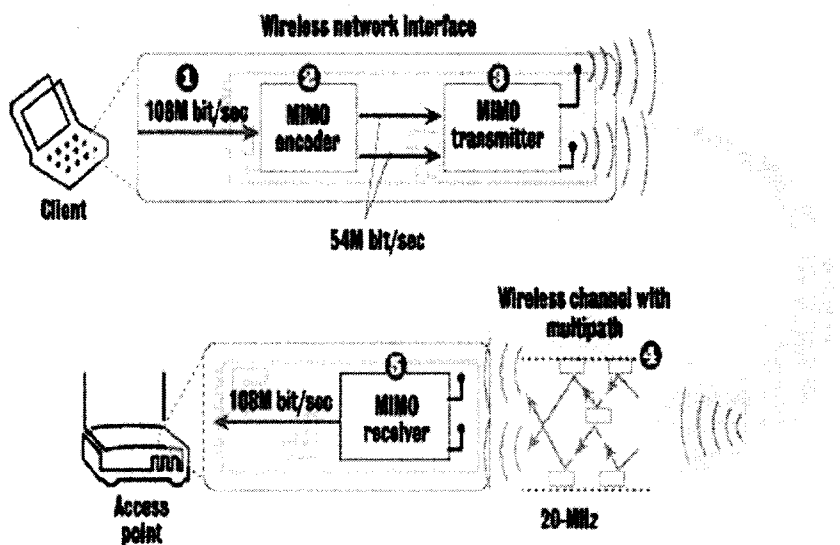
본 고에서 살펴볼 IEEE802.11n 기술은 무선랜에서 가장 단점으로 지적되어온 통신 속도에 대한 한계를 극복하기 위해 최대 500Mbps의 속도를 목표로 현재 표준화가 진행되고 있는 기술이며, 아래 [그림 2.7-1] 중 IEEE802.11/TGn Task Group에서 진행 중이다. 이 그룹은 2002년 Study Group으로서 활동을 시작하여, 2003년 Task Group으로 구성되었고, 현재 1번째 각 업체 및 멤버들에게서 Proposal을 받고, 2004년 9월 13일에 베를린에서 미팅을 갖는 활동을 진행 중이다. 이 그룹의 활동은 <http://grouper.ieee.org/groups/802/11> 에서 자세히 알아볼 수 있다.



[그림 2.7-1] IEEE802.11 Task Group

나. MIMO 기술개요

IEEE802.11n 기술이 500Mbps 이상의 통신 속도를 보장하기 위해서 채택하려는 기술 중에서 가장 중요한 기술은 MIMO와 OFDM이다.

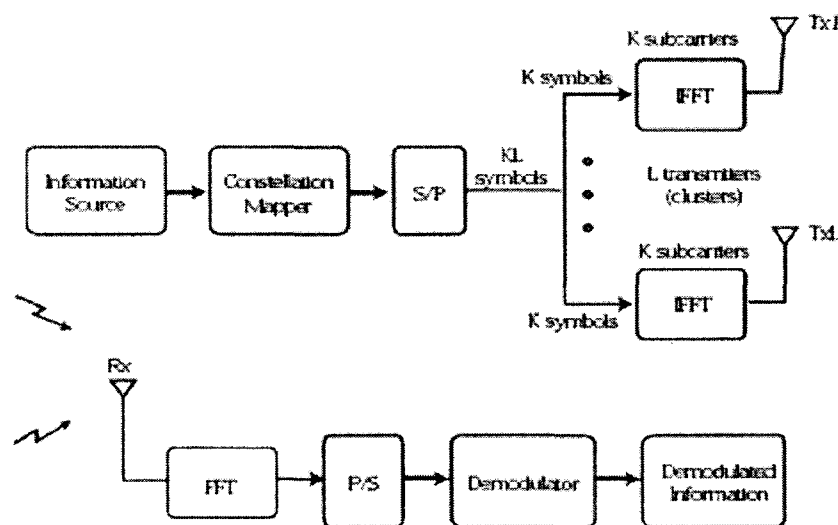


[그림 2.7-2] MIMO 기술의 동작 원리

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식은 무선 채널에서 속으로 데이터 전송을 하고자 할 경우 다중 경로에 의해 발생하는 심각한 주파수 선택적 페이딩 채널에 쉽게 대처할 수 있는 장점이 있어 다양한 고속 무선 통신 시스템의 전송방식으로 채택되었다. 이를 채택한 기술의 대표적인 경우가 이미 널리 사용되고 있는 IEEE802.11a 기술이다. 또한 고속 데이터 전송 시 요구되는 높은 link budget를 해결하기 위하여, 송/수신단에 다중 안테나를 사용함으로써 독립적인 페이딩 채널을 다수 개 형성하여 다이버시티 이득과 코딩 이득을 동시에 얻는 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 방식에 대한 연구가 활발히 연구되고 있다. 본 고에서는 이러한 MIMO-OFDM 방식으로 적합한 Clustered-OFDM, SFTC(Space-Frequency Trellis Code)-OFDM, STBC(Space-Time Block Code)-OFDM, SFBC(Space-Frequency Block Code)-OFDM에 대하여 간단하게 살펴본다.

(1) Clustered-OFDM

Clustered-OFDM은 MIMO 구조를 이용하여 PAR(Peak-to-Average power Ratio)를 감소시키기 위한 목적으로 제안되었다. 일반적으로 OFDM 방식에서는 N 에 비례하여 PAR가 증가하며, 높은 PAR을 갖는 OFDM 신호를 전송하기 위해서는 송신단의 HPA(High Power Amplifier)가 동작점 주위에서 넓은 선형구간을 필요로 하기 때문에 비용 상승의 원인이 된다. Clustered-OFDM은 N 개의 부반송파를 여러 개의 송신 안테나를 통해 분할하여 전송함으로써 PAR을 감소시키는 방식이다.



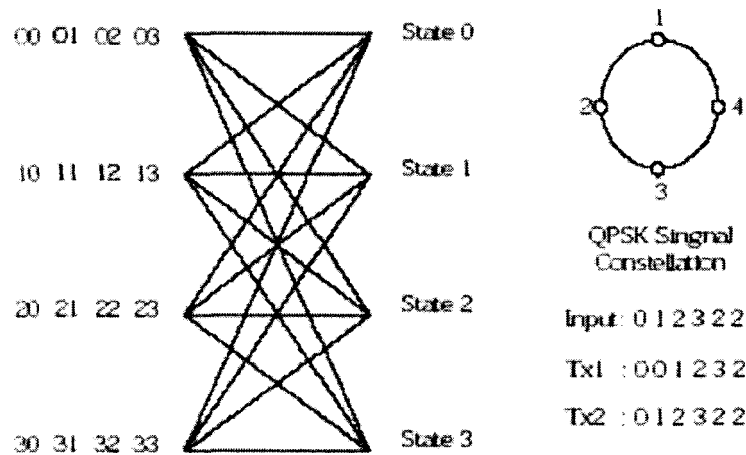
[그림 2.7-3] Clustered-OFDM 블록도

위의 Clustered-OFDM에서는 OFDM 부반송파들을 작은 블록으로 분할하여 L 개의 클러스터

로 나누고, 각 클러스터를 서로 독립된 L 개의 송신 안테나를 통해 전송한다. 전체 부반송파에 실리는 KL 개의 심볼은 각 K 개씩의 소그룹으로 분리되어, L 개의 안테나에 각각 할당되어 전송된다. Clustered-OFDM은 각 송신 안테나로 전송되는 부반송파의 수가 $1/L$ 로 감소하므로 PAR의 크기가 송신 안테나의 수 L 에 비례하여 감소하게 된다. 또한 Clustered-OFDM은 Reed Solomon 부호나 길쌈 부호 등의 채널 코딩이 연속된 부반송파에 걸쳐 사용되었을 경우 각각의 송신 안테나를 통해 전송된 각 클러스터가 독립적인 페이딩을 겪게 되어 주파수 다이버시티 효과를 얻고, 부호화 이득의 폭을 증가 시킬 수 있다.

(2) SFTC (Space-Frequency Trellis Code)-OFDM

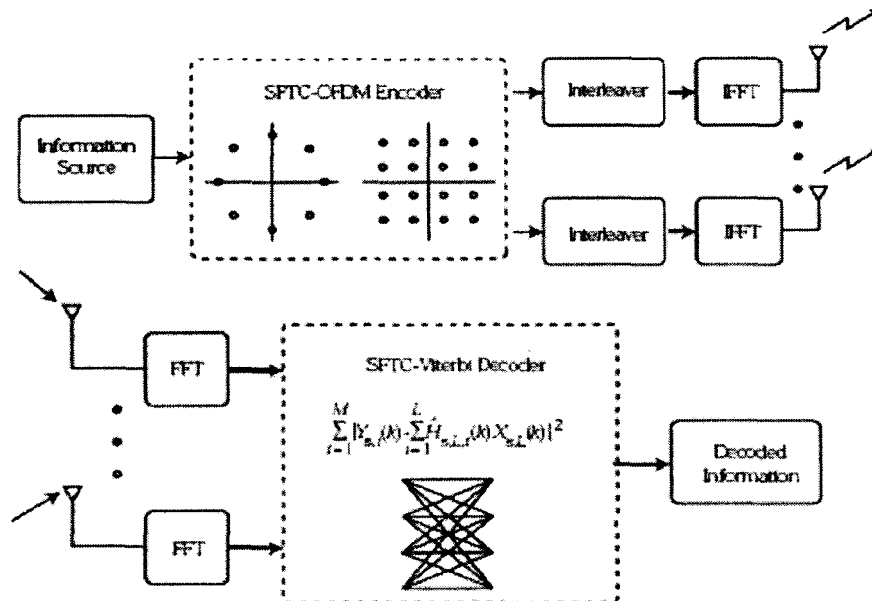
SFTC는 98년 Tarokh, Seshadri, Calderbank에 의해 제안된 페이딩 채널하의 다중 안테나 시스템을 위한 다이버시티 및 부호화 방식이다. SFTC는 다중 안테나를 통해 부호화된 신호를 전송함으로써 시/공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있으며, 기존의 방식에서 부가적인 대역폭의 증가 없이 부호화 이득을 얻을 수 있다.



[그림 2.7-4] 4state/QPSK의 SFTC의 예

위 [그림 2.7-4]는 4state/QPSK의 SFTC의 한 예를 보여준다. 송신단의 SFTC 부호화 과정은 다음과 같이 이루어진다. 정보비트가 입력되면 주어진 트렐리스도에 따라 다이버시티 이득과 부호화 이득이 최대가 되도록 성상도에 따라 각각의 다중 안테나에 심볼이 할당되며, 할당된 심볼은 각각의 안테나를 통해 동시에 전송된다. [그림 2.7-4]에서 두 자리 숫자는 2개의 송신 안테나를 위한 각각의 QPSK 심볼의 값들을 의미한다. 각 송신 안테나를 통해 전송된 심볼들은 각각 독립적인 페이딩을 겪게 되며, 이를 통해 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 즉, 각 L/M 개의 송/수신 안테나를 가진 시스템의 경우 LM 의 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. 수신단에서의 복호화 과정은 비터비 복호기를 통해 이루어지며 MLSE (Maximum Likelihood

Sequence Estimation)을 수행하여 본래의 정보 비트를 추정해 낸다. SFTC를 OFDM 방식에 적용할 경우에 주파수 영역에서 부호화 과정을 수행하게 되므로 SFTC-OFDM이 된다.

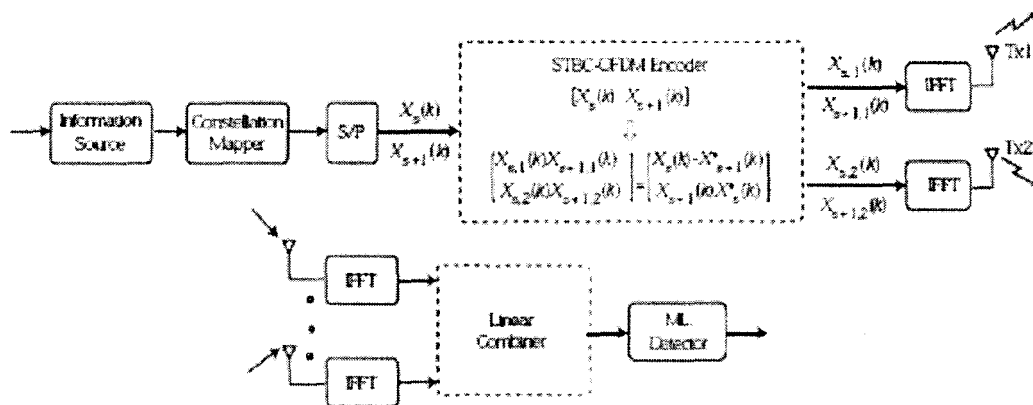


[그림 2.7-5] SFTC-OFDM 방식의 블록도

[그림 2.7-5]는 SFTC-OFDM 방식의 블록도를 보여준다. 심볼 단위로 부호화되는 SFTC-OFDM 시스템의 부호기는 0 상태(state)로 초기화된 후 부호화가 시작되며, 마지막 정보 비트가 부호화된 후 부호기는 다시 0 상태가 된다. 이를 위해서 총 S 상태를 가지는 부호기에 입력되는 심볼당 정보비트는 마지막에 S/2개의 잉여비트를 가지게 된다. 부호화된 일련의 심볼들은 OFDM 부반송파에 차례로 실리고 각 송신기의 IFFT단을 거쳐 OFDM 변조된 후 최종적으로 RF단으로 출력된다. SFTC-OFDM 시스템의 복호화 역시 비터비 복호기를 사용하여 이루어진다. 비터비 복호기는 주파수 영역에서 0 상태로 초기화 된 후 트렐리스 상에서 분리되었다가 다시 합쳐질 수 때까지의 최소 거리를 갖는 경로를 찾아낸다. 수신 단에서 채널 정보를 알고 있다고 가정 했을 경우 비터비 복호를 위한 Branch Metric 값은 수신된 심볼과 임의의 전송 신호 사이의 거리를 이용하여 구한다. SFTC-OFDM 방식에서 부호화 과정은 일반적인 컨볼루션 부호와 같은 정도의 복잡도로 이루어지며, 수신 단에서는 비터비 복호화기의 사용으로 큰 복잡도를 갖는 반면 부가적인 대역폭의 사용 없이 다이버시티 이득과 보호화 이득을 함께 얻을 수 있다. 이 방식은 SFTC와 마찬가지로 설계기준에 따라서 성상도의 크기와 다이버시티 이득, 트렐리스의 복잡도 및 전송률 사이의 trade-off를 가진다.

(3) STBC(Space-Time Block Code)-OFDM

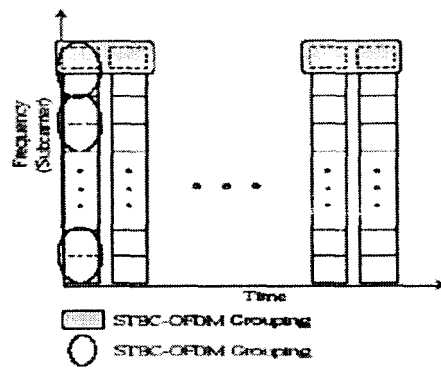
STBC는 최초에 Alamouti에 의해 제안되었다. 2개의 송신 안테나를 사용한 Alamouti의 처음 제안은 이후 Taroakh의 직교 설계조건에 따라 임의의 송신 안테나 개수로 확장 가능한 여러 가지 부호화율의 STBC로 발전 되었다. STBC는 다중 안테나 시스템에서 간단한 부호화를 통해 추가적인 대역폭의 증가 없이 시/공간 다이버시티 이득을 얻을 수 있다. SFBC가 송신단에서는 쉬프트 레지스터를 통한 트릴리스 부호화를 수행하고 수신단에서 비터비 복호기를 사용한 MLSE 복호로 높은 복잡도를 가지는 반면, STBC의 부호화와 복호과정은 단순한 선형계산으로 간단하게 이루어진다. 시간적으로 연속된 두 OFDM 심볼간에 채널의 변화가 없다고 가정하면 STBC를 OFDM 방식에 적용할 수 있다. 다음 [그림 2.7-6]은 2개의 송신 안테나를 사용한 경우의 STBC-OFDM 방식의 블록도를 보여준다.



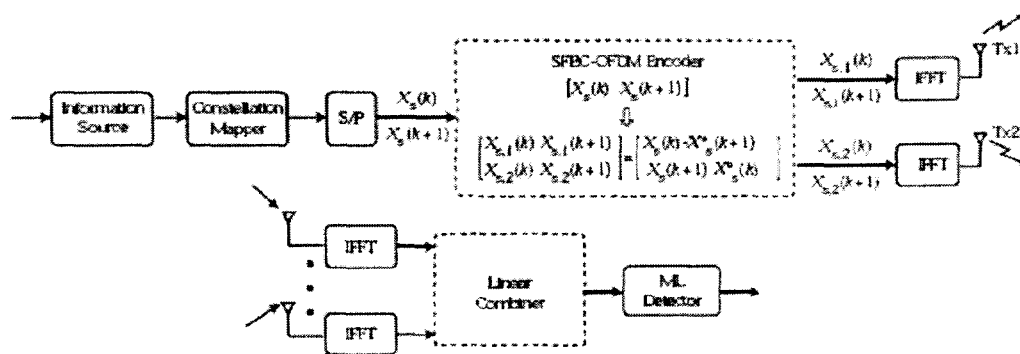
[그림 2.7-6] STBC-OFDM 방식의 블록도 : 2개의 송신 안테나를 사용하는 경우

(4) SFBC(Space-Frequency Block Code)-OFDM

채널의 시변 정도가 커서 연속된 OFDM 심볼 사이에 채널이 변화할 경우에는 STBC-OFDM은 적용이 어려워진다. 그러나 채널의 주파수 선택적 특성 (Frequency Selectivity)이 크지 않고, FFT 크기가 매우 커서 인접 부 채널 간의 채널 주파수 응답이 거의 바뀌지 않을 경우에는 인접 부 채널의 심볼 사이에 부호화를 적용할 수 있다. 이러한 경우에는 부호화가 주파수 영역에서 이루어지므로 SFBC-OFDM이 된다. 아래 [그림 2.7-7]은 STBC-OFDM과 SFBC-OFDM 방식의 차이를 보여주며, [그림 2.7-8]은 2개의 송신 안테나를 사용한 SFBC-OFDM 방식의 블록도를 보여준다.



[그림 2.7-7] STBC/SFBC의 차이



[그림 2.7-8] SFBC-OFDM 방식의 블록도 : 2개의 송신 안테나를 사용하는 경우

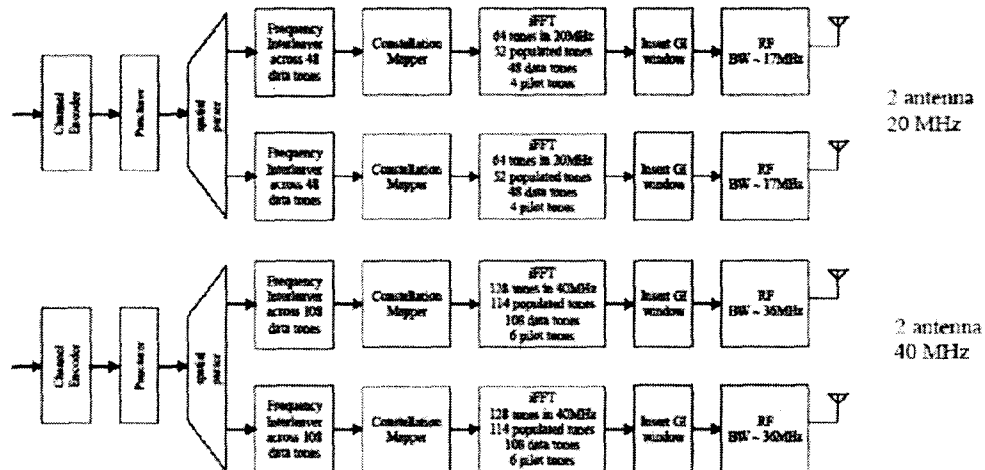
다. IEEE802.11n 기술

본 절에서는 현재 IEEE802.11n Task Group에 제출된 Proposal을 중심으로 IEEE802.11n 기술에 대한 개요를 살펴보도록 한다.

(1) PHY

- 2개의 안테나를 사용하여 243Mbps의 통신 속도 구현
- 향후 600Mbps 이상의 통신 속도를 구현하기 위한 환경을 고려하여 PHY 설계
- MIMO 기술의 발전을 감안하여 표준 작성
- IEEE802.11 OFDM PHY (with spatial division multiplexing of spatial streams) 개선
- 최소 2개 이상의 안테나 사용
- IEEE802.11a/g 와의 호환성을 위한 Preamble 디자인
- 점유주파수 대역폭은 20MHz 또는 40MHz 사용
- 10MHz의 점유주파수 대역폭 mode 사용
- Option

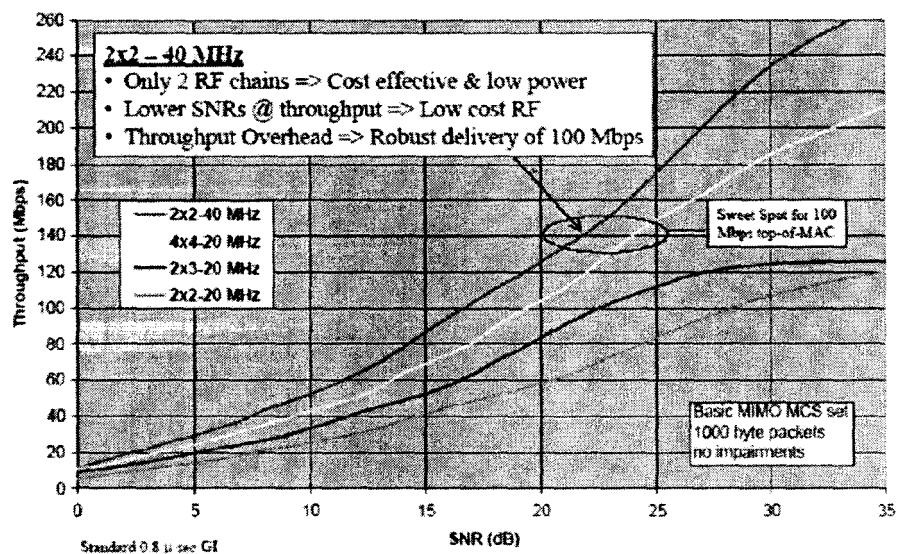
- Advanced FEC coding techniques (RS, LDPC)
- 1/2 guard interval
- Rate 7/8 coding
- 세부사항
 - FEC coding : Conventional K = 7 convolutional code
 - Rates : 1/2, 2/3 and 3/4
 - Supports legacy operation : Optional LDPC/RS, Optional rate 7/8 code
 - Spatial stream parsing
- Frequency interleaving
 - Block interleaver w/ QAM bit rotation (like 11a)
 - 20MHz => 16 columns => freq. sep. = 3 subcarriers
 - 40MHz => 18 columns => freq. sep. = 6 subcarriers
- QAM modulation : BPSK, QPSK, 16 QAM and 64 QAM
- Optional 1/2 guard interval



[그림 2.7-9] Basic Tx Data path

Modulation	Code Rate	Data Rates* 20 MHz (Mbps) (1,2,3,4 spatial streams)	Data Rates* 40 MHz (Mbps) (1,2,3,4 spatial streams)
BPSK	1/2	6, 12, 18, 24	13.5, 27, 40.5, 54
QPSK	1/2	12, 24, 36, 48	27, 54, 81, 108
QPSK	3/4	18, 36, 54, 72	40.5, 81, 121.5, 162
16 QAM	1/2	24, 48, 72, 96	54, 108, 162, 216
16 QAM	3/4	36, 72, 108, 144	81, 162, 243, 324
64 QAM	2/3	48, 96, 144, 192	108, 216, 324, 432
64 QAM	3/4	54, 108, 162, 216	121.5, 243, 364.5, 486
64 QAM	7/8	63, 126, 189, 252	141.75, 283.5, 425.25, 567
+ Duplicate Format, BPSK R = 1/2 provides 6 Mbps for 40 MHz channels			

[그림 2.7-10] Basic MCS set

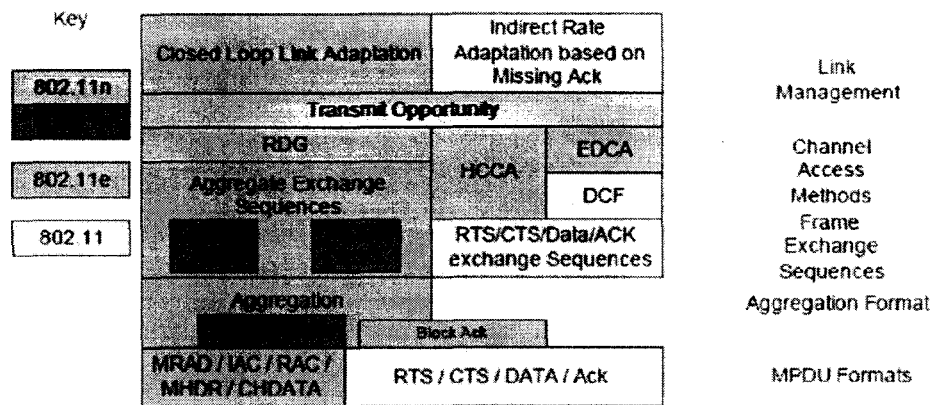


[그림 2.7-11] Throughput Comparison Model D NLOS

(2) MAC

- Supports .11e
- Frame aggregation, single and multiple* destinations
- Bi-directional data flow
- Feedback mechanisms that enhance rate adaptation
- Protection mechanisms for seamless interoperability and coexistence with legacy devices
- Channel management (including receiver assisted channel training protocol)

- Power management



[그림 2.7-12] MAC Architecture

8. UWB 무선 1394 시스템 분석

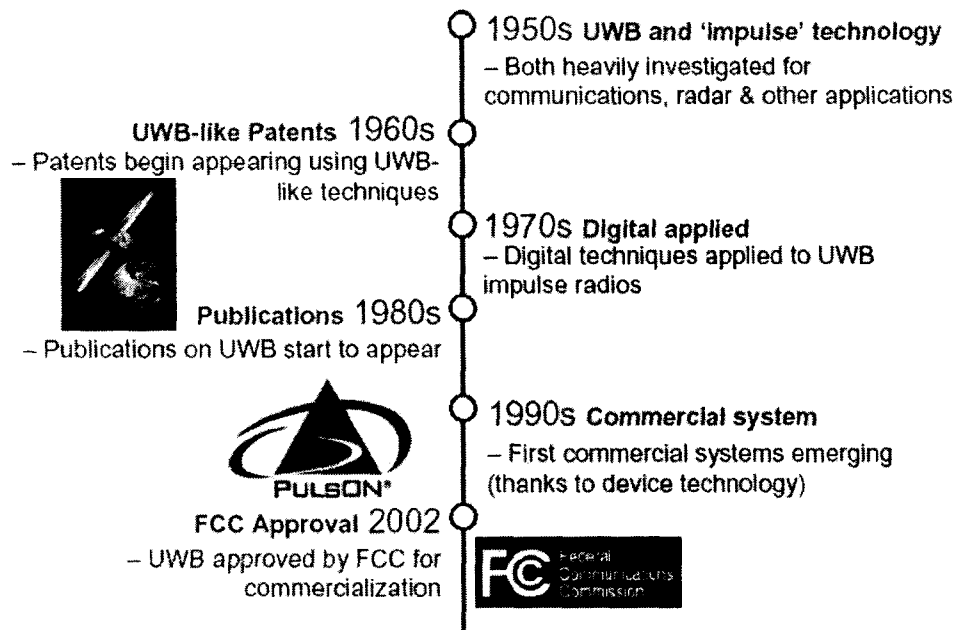
최근 개인영역 공간의 무선통신기술은 기존의 유선 통신기술의 한계점에서 벗어난 시간과 장소, 이동 여부에 구애받지 않고 인터넷의 접속, 전화통화, 영상통신을 통한 다양한 정보들을 주고받을 수 있을 수 있도록 지원하고, 그 속도도 Mbps급에 도달하고 있다. 정보 수요에 대한 요구 증대와 이용자들의 폭발적인 증가로 되면서 무선 서비스의 활성화와 고속/광대역의 데이터 서비스 확대가 지속되고 있고, IMT-2000 초고속 이동통신을 이용한 4세대 이동 통신 등 새로운 무선 서비스 도래도 예상되고 있다. 이러한 무선 서비스의 도래는 기존의 사무실에서 호텔, 가정과 같은 점차 실생활과 밀접한 서비스 유형으로 발전하고 있고, 그 정보 제공의 품질과 다양성이 증가하고 있다. 그러나 이러한 새로운 무선 서비스들이 등장 할 때마다 새로운 주파수 자원이 요구되고 있는데, 현재 이동통신 서비스는 800MHz 대역의 셀룰라 서비스에서 1.8GHz의 PCS, 2GHz 대역의 IMT-2000 등으로 서비스 대역을 상향 조정하고 있으며, 무선랜의 경우도 2GHz 대역에서 5GHz 대역으로 상향하고 있다. 위와 같은 주파수 자원 확보문제는 시설 확충과 비용의 증가라는 어려움이 따르게 되어 있어서, 그런 문제점을 해소하고자, 주파수 자원의 확보가 필요 없이 기존의 무선통신 서비스와 공존하며 고속 광대역의 무선 통신을 할 수 있는 UWB(Ultra WideBand) 통신 방식이 최근에 활발히 연구되고 있고, 관련 제품들이 국내외 시장에 등장하고 있다. 특히, 미국의 경우 UWB 무선기술의 허가를 위한 심도 있는 검토가 다년간 이루어져 최근에 연방 통신위원회(FCC)에서 제한적 범위의 주파수 사용허가가 이루어졌고 ITU-R에서도 Study Group 1에 전담반을 구성 비중 있는 사안으로 다루고 있어 무선 기술의 국내 도입이 곧 가시화 될 것으로 예상되고 있다. 근거리 무선 통신의 계속적인 수요 창출에 따른 전파자원을 보다 더 효율적으로 사용할 수 있는 신기술 개발이 전 세계적으로 활발히 진행되고 있는 시점에서 주파수를 가장 효율적으로 사용할 수 있는 유력한 후보로 UWB 무선 기술이 적극적으로 검토되고 있다. UWB 무선 기술은 무선반송파를 사용하지 않고 기저대역에서 수 GHz 대의 매우 넓은 주파수를 사용하여 통신이나 레이더 등에 응용되고 있는 새로운 무선 기술이다. 특히, 이 기술은 수 나노 혹은 수 피코 초의 매우 좁은 펄스를 사용함으로써 기존의 무선 시스템의 잡음과 같은 매우 낮은 스펙트럼 전력으로 기존의 이동통신, 방송, 위성의 기존 통신 시스템과 상호 간섭 영향 없이 주파수를 공유하여 사용할 수 있으므로 주파수의 제약 없이 사용 가능한 시스템으로 새롭게 대두되고 있다. UWB는 Linear, Time-Invariant Microwave Structure의 특성을 파악하기 위한 Time Domain (Impulse Response) 기술의 발전에 그 기반을 두고 있는 기술이며, Time Domain Sampling Oscilloscope의 출현과 Sub nano-second Pulse Generation 기술의 발전은 UWB 연구에 많이 기여했다. 1970년대 초반엔 High Resolution Radar에서 탐지가 어렵고, 간섭을 적게 주는 특수 목적의 통신 시스템에 이르기까지 많은 분야에 Impulse (Baseband) 기술이 적용되었다.

가. UWB 기술개요

(1) UWB 기술의 역사

UWB라는 용어는 이 기술의 스펙트럼 특성에서 인용되었으며 기본적인 원리는 임펄스라고 불리는 짧은 펄스를 발생하여 전송한 것을 수신하여 처리하는 것이다. 사람들은 UWB 무선 기술은 1897년 마르코니가 보여준 최초의 무선 시스템에서 시작되었다고 이야기한다. 마르코니의 초기 spark-gap 송신기는 매우 낮은 주파수에서부터 단파대 이상까지의 넓은 스펙트럼을 점유하였으며 이들 시스템은 수동으로 시간 도메인에서 모스 부호를 사람들이 송/수신함으로써 동작하였다. 현대 UWB 기술의 기초는 1980년대에 Sperry Research Center에서 정립되었다. 마이크로파 네트워크 특성 연구와 물질의 속성을 결정하기 위하여 UWB의 사용을 강조하였는데 이는 목표물 혹은 방해물의 임펄스 응답 특성을 측정하기 위한 실내 시스템의 개발을 유도하였다. 1980년대와 1990년대 시간 도메인의 전자장 원리가 무선 통신에 응용되었고, 특히 다중 경로가 밀집된 환경에서의 근거리 통신에 응용되었다. 이는 넓은 다중 경로 환경에서 많은 사용자를 수용할 수 있는 UWB 통신의 가능성을 보여주는 것으로 현재 매우 높은 스펙트럼 밀집 지역에서 공존할 수 있는지를 시도하고 있다.

UWB 기술의 다른 중요 응용은 근거리 고해상도 레이더 분야인 sensing 분야이다. 이 분야는 적은 신호처리 과정과 간단한 전기장치에도 불구하고 통신 분야 응용보다 다소 덜 주목을 받고 있지만, 1974년 Morey가 매우 넓은 주파수 대역을 사용하므로 수 미터 거리의 땅속을 침투할 수 있는 레이더 시스템을 특허 등록하였는데 나중에 첫 번째 응용품 중에 하나인 지하 매설물 탐지 레이더(Ground Penetrating Radar: GPR)의 상업적인 성공의 기초가 되었다. 1994년부터 UWB 무선 기술의 많은 부분이 군사 보안에서 해제되었으며 Time Domain Corp., Multispectral Solution Inc., Xtreme Spectrum, Aether Wire & Location Inc., Pulse-Link Inc. 등 다양한 업체에서 이 기술의 상용화를 위해 다양한 개발을 진행하고 있다. Time Domain Corp. 는 UWB 칩셋 개발에 착수하여 이미 1세대 UWB 칩셋 PulseOn 100을 개발하고 곧 2세대 UWB 칩셋인 PulseOn 200을 선보일 예정이며, 건물 벽을 투시해서 반대편 쪽을 감시할 수 있는 레이더 개발도 하고 있다. Xtreme Spectrum은 비디오 데이터를 자유롭게 전송시키기 위한 칩셋 및 시스템을 개발 중으로 최근 비디오 데이터 전송 시스템에 관한 시연도 가졌었다. 또한 Aether Wire & Location Inc. 은 개인 휴대품에 UWB 센서를 부착하여 사람의 몸에서 일정 거리 이상 떨어지면 경고음을 발생하는 장치를 개발하고 있다.



[그림 2.8-1] UWB History

(2) UWB 기술개요

UWB 무선 기술은 신호를 500MHz 이상의 매우 넓은 대역폭에 걸쳐 낮은 전력 밀도의 스펙트럼으로 분산시켜 송/수신함으로써 허가를 받지 않고 사용할 수 있는 근거리의 고속 데이터 전송 장치로 부각되고 있다. 특히, 400Mbps 이상의 고속 전송속도를 사용하는 기존의 유선장치를 무선장치로 대체할 수 있는 유일한 고속 무선 전송기술로, 회로구조가 간단하여 저가격화가 가능하고 기존의 휴대폰이나 무선랜 장치에 비해 5분의 1 수준의 전력으로 동작할 수 있어 홈 네트워크 내에서 디지털 카메라, 캠코더, HDTV, 고음질 Hi-Fi, MP3 전송, 모니터, 빔프로젝트 등과 같은 고속 정보 기기를 연동하기 위한 고속 WPAN(Wireless Personal Network) 기술로 발전될 것으로 전망되고 있다. IEEE802.15의 TG3에서 50Mbps 전송속도의 고속 WPAN 물리계층에 대한 표준이 제정되었으나, 멀티미디어 전송에 필요한 초고속 WPAN의 필요성이 요구되면서 무선랜, Home RF, 무선 1394, 블루투스 등에 비하여 높은 공간효율(spatial capacity)이 제공되어 100~400Mbps 정도의 고속 전송이 가능한 UWB 무선 기술이 부각되기 시작했고, 2002년 UWB 기반의 고속 WPAN의 대체 물리계층(Alt-PHY layer)을 표준화하기 위한 TG3a가 결성되어 현재까지 표준화가 추진되고 있다. 2003년 3월 미국 달라스 Plenary 회의에 제출된 총 23개의 제안서를 대상으로 표준안 채택 절차가 추진되어 MBOA(Multi-Band OFDM Alliance) 진영의 OFDM을 기반으로 하는 Multi-band 방식의 제안서(Multi-Band OFDM: MB-OFDM)와 Motorola 진영의 Direct Sequence 기술기반의 single/dual-band 방식의 제안서(Direct Sequence UWB: DS-UWB)로 압축되었다. 그러나 down selection 과정의 최

중 후보로 선택된 양쪽 제안서 모두 최종 확인 투표(confirmation vote) 과정에서 75% 이상의 찬성을 받지 못함으로써 투표 구정에 따라 MB-OFDM 및 DS-UWB 제안서를 대상으로 down selection 및 conformation 투표 과정이 계속하여 반복되고 있다. 향후 유비쿼터스를 위한 UWB 무선기술의 특성은 아래와 같다.

○ 광대역 전송속도

UWB의 정의에서 보듯이 점유 대역폭이 최소 500MHz 이상이 되므로 통신이론상으로도 전송용량은 전송속도에 비례하여 증가하므로 점유 대역폭을 증가하면 할수록 광대역 용량을 제공할 수가 있게 됨

○ 송수신기의 소형화, 저 전력화, 저가격화

기존의 무선통신방식은 대부분 Super-heterodyne 방식을 이용하는 반면 UWB 시스템은 기저대역에서 직접변환에 의한 Homodyne 방식을 사용하므로 협대역 통신 방식과 달리 송/수신기에서의 주파수 천이과정이 필요치 않으므로 Super-heterodyne 구조에 비해 구성이 상대적으로 간단하여 저가격화 및 IF단의 생략과 임펄스 통신으로 인해 기존 통신보다 저 전력 소비가 가능함

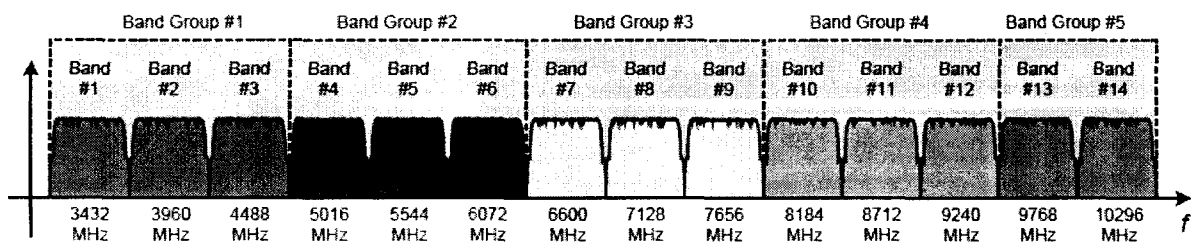
○ 정밀한 위치인식 및 추적 가능

UWB 시스템은 매우 짧은 펄스를 이용한 레이더에서 진화하여 통신에 적용된 방식으로 짧은 펄스에 의한 분해능을 이용하여 cm 정도의 정밀도를 구현 할 수 있다.

아래의 UWB 표준화 추진 현황에서도 설명이 되겠지만 초고속 무선 PAN의 표준제정을 위하여 두 개의 기술이 경합을 벌이고 있으며 이에 따라 표준제정이 계속하여 지연됨에 따라, UWB 기술의 상용화를 위한 앞날이 그리 순탄한 것은 아니다. 아래 [그림 2.8-2]는 두 가지 기술의 개요를 비교한 내용이다. 이 중에서 MB-OFDM 방식을 설명하면 다음 [그림 2.8-3]과 같이 3.1 ~ 10.6GHz의 대역에서 528MHz의 밴드를 14개를 사용하는 방식인데, 이 중에서 밴드그룹 1을 제외한 나머지 밴드 그룹은 선택사항이다. 각 밴드그룹 내에서는 동시에 운용 가능한 피코넷(SOP: Simultaneously Operating Piconet)의 수를 확보하기 위하여 아래 [그림 2.8-4]에서 보는 바와 같이 TFC(Time Frequency Code)에 의해 호핑(hopping)을 하도록 되어 있다.

	MB-OFDM	DS-UWB
주파수 운용방식	14개 (대역폭: 528MHz) -3개 (mandatory): 3168~4752MHz -11개 (optional): 4753~1005MHz	-single band: 3.1~4.9GHz -dual band: 3.1~4.9GHz, 5.825~106GHz
변조방식	OFDM(128 FFT)/QPSK	CDMA(M-BOK)/BPSK
코딩방식	Viterbi	Viterbi
전송률	55 ~ 480 Mbps	28.5 Mbps ~ 1.2 GHz
Multiple Access	Time/Frequency Hopping	4 CDMA code set
회로복잡도	FFT/IFFT 구조	Rake receiver 구조

[그림 2.8-2] 초고속 무선 PAN의 PHY 기술 비교



[그림 2.8-3] MB-OFDM의 주파수 운용방식

Preamble pattern	TF code length	Time Frequency Code					
1	6	1	2	3	1	2	3
2	6	1	3	2	1	3	2
3	6	1	1	2	2	3	3
4	6	1	1	3	3	2	2

[그림 2.8-4] MB-OFDM에서의 Channelization 방법 (band group 1~4)

이 두 기술의 장단점은 현재 양 진영을 대표하고 있는 MBOA(Multi-Band OFDM Alliance) 측과 Motorola에 의해 각기 자료가 제공되고 있으며 이를 요약하면 다음과 같다

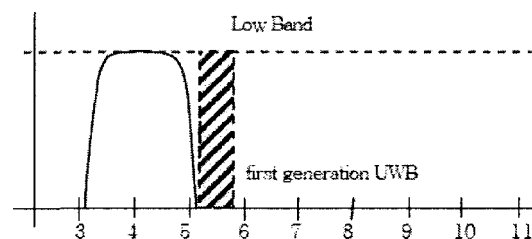
- Complexity와 Power consumption 면에서는 DS-UWB가 더 나은 성능을 보인다.
- Coexistence 측면 및 CMOS implementation 면에서는 MB-OFDM이 우수
- MB-OFDM을 지지하는 세력이 6:4 정도로 우세함

(3) DS UWB 기술

Xtremespectrum에서 제안한 DS-UWB 시스템은 2003년 12월 Motorola에서 Xtremespectrum을 합병함으로써 Motorola 진영의 DS-UWB 방식 제안서로 변경되었다. Motorola에서 제안한 DS-UWB 시스템은 2개의 대역을 사용하도록 제시되었으며, 운용 모드에 따라 low band 및 high band를 이용한다. 각 대역대역에서는 특정반송파주파와 확산코드에 의해 최대 6개까지의 피코넷 채널을 구성할 수 있다. 본 방식에서 지원할 수 있는 데이터 전송 속도는 28Mbps에서 1.32Gbps까지 가능하며 총 8개의 데이터 전송속도에 따라 부호화율 1/2 혹은 3/4으로 길쌈 부호화되고 BPSK 혹은 4BOK으로 변조되고 있다. Low band 와 high band는 사용하는 주파수 대역이 다를 뿐만 아니라 칩레이트도 각각 다르다. Low band의 경우에는 칩레이트가 피코넷 채널에 따라 1300 ~ 1365MHz에 걸쳐 구성되어 있는 반면에, high band의 경우에는 칩레이트가 피코넷 채널에 따라 2600 ~ 2730MHz으로 low band보다 2배 더 큰 칩레이트로 구성되어 있다.

○ Low band 이용

사용 주파수 대역은 [그림 2.8-5]와 같이 3.1 ~ 4.85GHz의 한 채널을 사용해서 28 ~ 1320Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있는데, 변조방식이 BPSK인 경우에는 확산코드 길이를 $L=24$ 에서 $L=1$ 까지 가변 하여 28 ~ 1320Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있고, 변조방식이 4BOK인 경우에는 확산코드 길이가 $L=12$ 에서 $L=2$ 까지 가변하면서 데이터 전송률 110 ~ 1320Mbps의 데이터 서비스를 제공한다. Low band에서 제공되는 확산코드 길이와 서비스 범위에 대한 데이터 전송률은 [그림 2.8-6]과 같다.



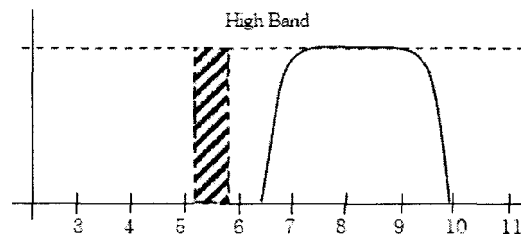
[그림 2.8-5] Low Band의 스펙트럼

Data Rate	FEC Rate	Code Length	Range(AWGN)
28Mbps	1/2	24	29m
55Mbps	1/2	12	23m
110Mbps	1/2	6	18.3m
220Mbps	1/2	3	13m
500Mbps	3/4	2	7.3m
660Mbps	1	2	4.1m
1000Mbps	3/4	1	5.1m
1320Mbps	1	1	2.9m

[그림 2.8-6] Low Band에서 제공하는 데이터 전송률

○ High band 이용

사용 주파수 대역은 [그림 2.8-7]과 같이 6.2 ~ 9.7GHz의 한 채널을 사용해서 55 ~ 1320Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있는데, 변조방식이 BPSK인 경우에는 확산코드 길이를 L=24에서 L=2까지 가변 하여 55 ~ 1320Mbps 데이터 전송률을 보장하고 있고, 변조방식이 4BOK인 경우에는 확산코드 길이가 L=12에서 L=4까지 가변하면서 데이터 전송률 220 ~ 1320Mbps의 데이터 서비스를 제공한다. High band에서 제공되는 확산코드 길이와 서비스 범위에 대한 데이터 전송률은 [그림 2.8-8]과 같다.



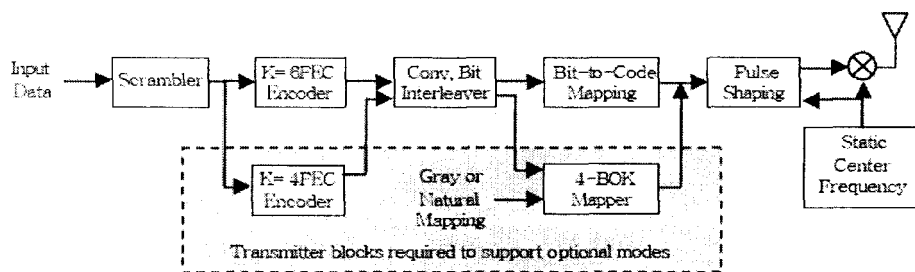
[그림 2.8-7] High Band의 스펙트럼

Data Rate	FEC Rate	Code Length	Range(AWGN)
55Mbps	1/2	24	23m
110Mbps	1/2	12	18.3m
220Mbps	1/2	6	13m
500Mbps	3/4	4	7.3m
660Mbps	1	4	4.1m
1000Mbps	3/4	2	5.1m
1320Mbps	1	2	2.9m

[그림 2.8-8] High Band에서 제공하는 데이터 전송률

○ DS-UWB 시스템 송신구조

DS-UWB 시스템의 송신 구조는 [그림 2.8-9]와 같이 스크램블러, 구속장 $k=6$, $k=4$ 의 길쌈부호기, 그리고 BPSK 혹은 4BOK 변조기, 펄스성형기, 믹서 그리고 안테나로 구성된다. BPSK 변조의 경우 4BOK 변조의 경우에 사용되는 확산코드가 서로 다르다. 확산코드 길이 $L=24$ 인 코드는 프리앰블 코드 시퀀스로도 사용하기도 하고, BPSK 변조로 low band의 28Mbps 그리고 high band의 55Mbps의 확산코드로 사용된다. BPSK 변조의 경우 확산코드 길이가 $L=24$ 미만인 $L=12, 6, 4, 3, 2, 1$ 인 경우에 대해서는 $L=24$ 와 $L=12$ 인 경우에 대해서만 피코넷에 따라 서로 다른 직교확산코드들이 제시되고 $L=6$ 이하에 대해서는 모든 피코넷에 동일한 확산코드를 사용하므로 실제적으로 한 개 이상의 피코넷 구성이 불가능하다. 또한, 4BOK 변조의 경우에는 확산코드 길이가 $L=12$ 에서 $L=2$ 인 경우로만 사용하고 있는데, 사용되는 확산코드들이 2개 이상으로 형성된 피코넷들에 동일하게 사용되므로 동일한 지역에 한 개 이상의 피코넷을 형성할 수 없다. DS-UWB 송신기는 두 가지의 형태로 구현할 수 있는데, 첫 번째 방법은 현재 모토로라의 프리스케일에서 개발하는 방법으로 BPSK 혹은 4BOK에 의해 매핑된 확산코드 시퀀스의 ternary 신호를 송신대역 필터의 규격에 맞게 아날로그적으로 신호파형을 형성하는 방법과 또 다른 방법으로 ternary 신호를 FIR 필터링한 후에 D/A 변환하여 변조파형을 형성하는 방법이다. 그런데 두 번째 방법의 경우는 고속은 D/A 변환기의 제작 그리고 D/A 변환 후에 LPF 필터링을 위한 LFP의 제작에의 요구 규격이 엄격하므로 실제적으로 구현상의 문제점이 많다.

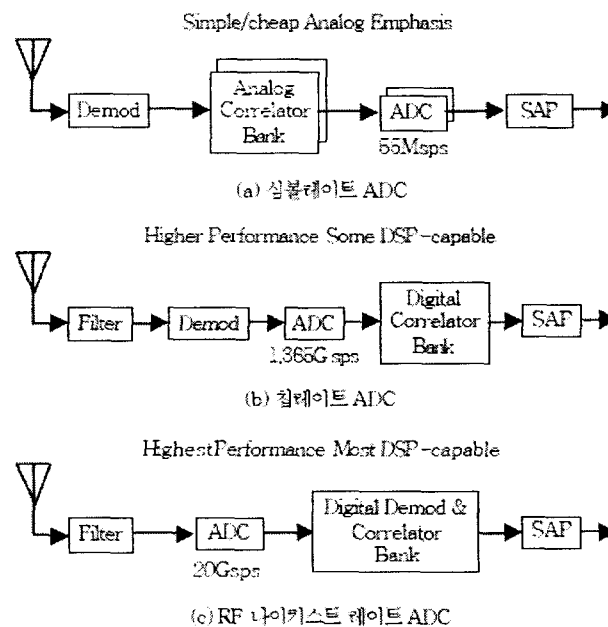


[그림 2.8-9] DS-UWB의 송신구조

그래서 첫 번째의 구현방법이 두 번째의 방법보다는 다소 성능적인 측면에서는 떨어질지 모르나 칩레이트에 2배 이상인 2.7GHz 혹은 5.4GHz로 동작하는 고속의 D/A 변환기의 제작이 필요하지 않으므로 현재의 시점에서는 현실적인 방안이라 하겠다.

○ DS-UWB 시스템 수신구조

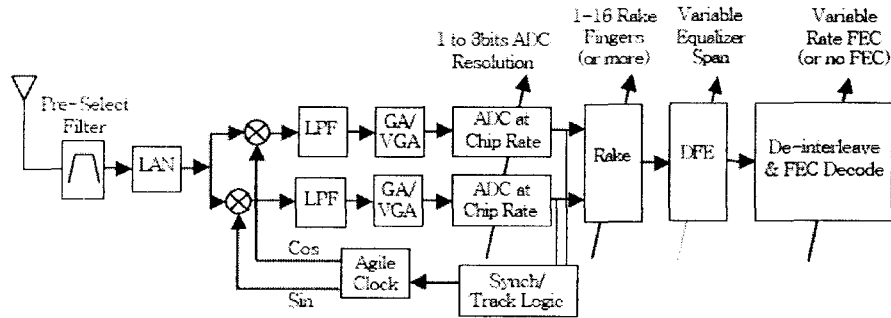
DS-UWB 복조기의 구조는 구현할 수 있는 ADC의 형태에 따라 [그림 2.8-10]과 같이 세 가지 형태로 구현할 수 있다. [그림 2.8-10]에서 (a)의 경우는 현재 모토롤라에서 구현 제작한 수신기의 형태로써 아날로그 상관기를 이용하여 서처와 핑거를 구성하여, 실제적으로 아날로그 상관에 의해 생성된 출력을 심볼레이트로 A/D하여 이의 결과를 임계치와 비교하여 신호 검출 및 신호를 판전하게 된다. 모토롤라의 경우, 이의 방법에 의해 현재 110Mbps의 데이터율을 수용하는 복조기를 개발하였고, 2004년 말에 220Mbps의 데이터율을 수용하는 모뎀을 개발할 예정이다.



[그림 2.8-10] ADC 속도에 따른 수신기 구조

이에 반해, (b)의 경우에는 현재 ADC 기술의 경우 1.5GHz의 클럭에 심플 당 3비트의 ADC가 출시됨에 따라, 아날로그 상관기의 구조보다 디지털 상관기의 구조에 의해 서처와 핑거를 구현함으로써 복조 성능이 개선될 수 있고, 다양한 형태의 복조성능 개선방법을 적용할 수 있는 구조로서, 현재 제시되고 있는 수신기의 상세구조는 [그림 2.8-11]과 같다. [그림 2.8-11]의 구조는 칩레이트로 수신신호를 샘플링하고 이의 데이터를 이용하여 AGC, 타임 및 주파수 동기추적, 레이크 수신기, 심볼 레벨 등화기 등의 다양한 형태의 복조 성능 개선방안을 적용하고 있다. [그림 2.8-11]의 (c)의 경우는 20bps의 초고속의 ADC가 출시된다는 가정 하에 소프트웨어 라디오 기술의 형태로 구현할 수 있는 방안을 제시한 경우, 현재의 ADC의 구현기술을 고려할 때 실현 불가능한 방법이라 하겠다. 따라서 DS-UWB 모뎀의 구현은 DAC와 ADC의 클럭과 샘플 당 비트 수 등의 구현

기술의 발전 속도에 부합하여 성능이 개선된 모델 구현이 가능한 형태로 제작될 것이다.



[그림 2.8-11] 디지털 DS-UWB 상세 수신기 구조

4) MB-OFDM 기술

○ 채널 운용 상황

MB OFDM UWB시스템은 FCC에서 통신용으로 허가한 3.1 ~ 10.6GHz 주파수 대역을 [그림 2.8-3]과 같이 528MHz 간격으로 14개 대역으로 분할하여 채널을 할당하였으며, 각 채널의 중심 주파수는 다음과 같다.

$$\text{채널 중심 주파수(MHz)} = 2904 + 528 \times nb \text{ (여기서, } nb=1, \dots, 14)$$

MB-OFDM UWB 시스템 제안서에서는, 현재 1차 구현을 목표로 [그림 2.8-12]와 같이 채널 1 ~ 3을 mandatory mode로 할당하였고, 나머지 채널들은 추후 사용을 위해 할당하였다.

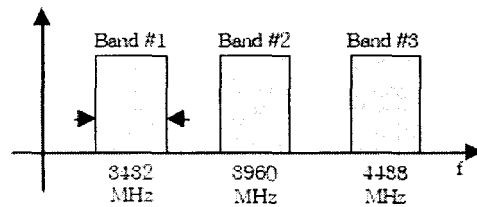
○ MB OFDM UWB 시스템의 전송방식

MB OFDM UWB 시스템의 실제 RF 전송 신호는 수식과 같이 표현된다.

$$r_{RF}(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} r_k(t - kT_{SYM}) \exp(j2\pi f_k t) \right\}$$

여기서, $\text{Re}(\cdot)$ 는 복소 값의 실수 부분을 표현하며, $r_k(t)$ 는 $0 \sim T_{SYM}$ 간격동안 신호 파형을 갖는 k 번째 OFDM 심볼의 복소 기저 신호이다. MB-OFDM UWB 시스템에서 OFDM 심볼들은 [그림 2.8-12]의 주파수 대역을 이용하여 [그림 2.8-13]의 TF(Time Frequency)코드에 따라 전송되며, k 번째 전송되는 OFDM 심볼의 중심주파수는 f_k 로

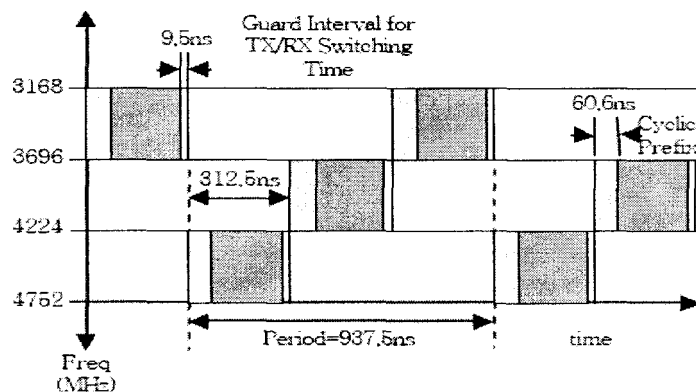
표현된다. [그림 2.8-12]의 Mandatory 채널들을 이용하여 [그림 2.8-13]의 preamble pattern 2를 이용하여 MB-OFDM 심볼을 전송하는 개념도는 [그림 2.8-14]와 같이 표현할 수 있다.



[그림 2.8-12] Mode 1 장치의 주파수
운용

Preamble Pattern	Time Frequency Code					
1	1	2	3	1	2	3
2	1	3	2	1	3	2
3	1	1	2	2	3	4
4	1	1	3	3	2	2

[그림 2.8-13] TP Codes



[그림 2.8-14] TF 코드를 이용한 MB-OFDM 심볼 전송

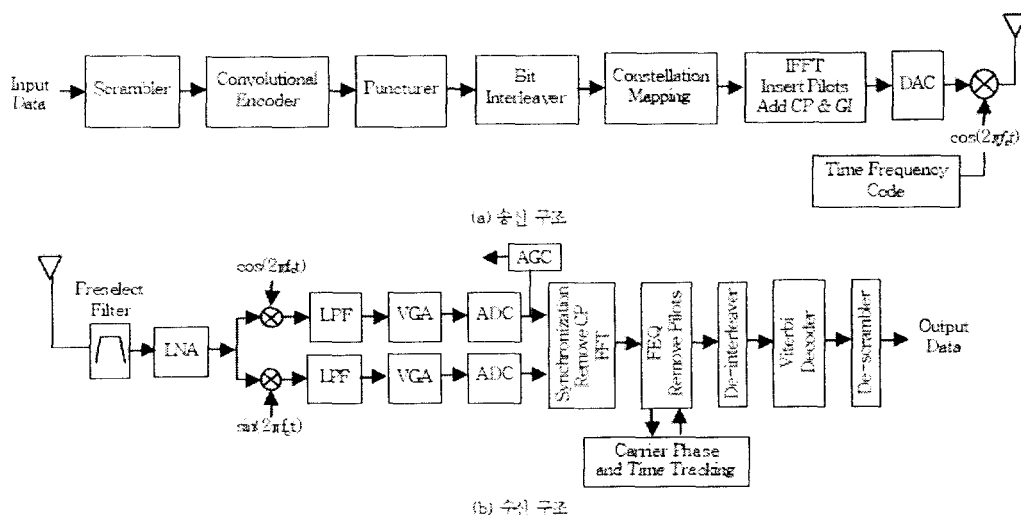
MB-OFDM UWB 시스템은 [그림 2.8-15]와 같은 다양한 전송모드를 제공한다. 55, 110, 200 MHz가 mandatory 전송 모드이며, 현재 MB-OFDM UWB 시스템을 개발하고 있는 대부분의 개발업체에서 1차 구현 목표로 mandatory 전송 모드를 개발하고 있다.

Info. Data Rate	55Mbps	80Mbps	110Mbps	160Mbps	200Mbps	320Mbps	480Mbps
Modulation/ Constellation	OFDM/ QPSK	OFDM/ QPSK	OFDM/ QPSK	OFDM/ QPSK	OFDM/ QPSK	OFDM/ QPSK	OFDM/ QPSK
FFT Size	128	128	128	128	128	128	128
Coding Rate(K=7)	R=11/32	R=1/2	R=11/32	R=1/2	R=5/8	R=1/2	R=3/4
Spreading Rate	4	4	2	2	2	1	1
Data Tones	100	100	100	100	100	100	100
Info. Length	242.4ns	242.4ns	242.4ns	242.4ns	242.4ns	242.4ns	242.4ns
Cyclic Prefix	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns
Guard Interval	9.5ns	9.5ns	9.5ns	9.5ns	9.5ns	9.5ns	9.5ns
Symbol Length	312.5ns	312.5ns	312.5ns	312.5ns	312.5ns	312.5ns	312.5ns
Channel Bit Rate	640Mbps	640Mbps	640Mbps	640Mbps	640Mbps	640Mbps	640Mbps
Multi-path Tolerance	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns	60.6ns

[그림 2.8-15] MB-OFDM 전송 모드

○ MB-OFDM UWB 시스템의 송/수신 구조

MB OFDM UWB시스템의 송/수신 구조는 [그림 2.8-16]과 같다. MB-OFDM UWB 시스템의 송/수신 구조의 가장 큰 특징은 전송되는 OFDM 심볼 마다 TF 코드에 따라 다른 주파수 대역을 이용하여 신호를 전송한다는 것이다. 따라서 MB-OFDM UWB 시스템 개발에 있어, 전송 대역폭 528MHz를 이용하여 최고 480Mbps를 전송할 수 있는 고속 시스템 구조 설계와 더불어 TF 호핑이 시스템 성능에 미치는 영향을 분석하고 이를 해결하는 것이 새로운 어려움이 될 수 있다.



[그림 2.8-16] MB-OFDM UWB 시스템

나. UWB 표준화 추진 현황

기존의 통신 시스템에 비해 매우 넓은 대역폭을 사용하는 UWB 시스템은 기존의 유선장치를 무선장치로 대체할 수 있는 유일한 고속 무선 전송기술로서 가정 내 멀티미디어 데이터 전송을 위한 근거리 무선 홈 네트워크 기술로 부각되고 있다. 현재 IEEE802.15의 TG3a에서는 UWB 기술을 이용한 고속 WPAN의 물리계층에 대한 표준화가 진행되고 있으며, MBOA에서 주도하고 있는 MB-OFDM 시스템과 Motorola에서 주도하고 있는 DS-UWB 시스템의 2가지 제안서로 압축되어 표준화가 진행되고 있다.

WPAN에 관련된 표준화는 IEEE802.15에서 추진하고 있다. 고속 WPAN 표준화는 TG3에서 2.4GHz 대역의 ISM 밴드에서 50Mbps 정도의 고속 WPAN 물리계층 및 MAC 계층에 대한 표준이 완료되었다. 그러나 최근 멀티미디어 서비스를 위한 데이터 전송을 위해서는 초고속 전송속도의 필요성이 제기되었으며, UWB 기술을 이용하여 100~400Mbps 이상의 고속 WPAN 대체 물리계층에 대한 표준화 작업이 추진되고 있다.

2002년 11월 UWB 시스템을 사용한 고속 WPAN의 대체 물리계층 표준화를 위한 Study Group 3a가 승인되었고, 2002년 12월에 UWB 응용분야를 정리하기 위한 CFA(Call For Application)가 요청되었으며 접수된 CFA를 토대로 2003년 1월 표준화에 필요한 UWB 시스템에 대한 기술적 요구사항이 결정되어 표준화 제안서 접수가 시작되었다. 2003년 2월까지 31개사에서 제출의사(call for intent)를 표시하였으나 2003년 3월 회의에 Time Domain, Xtremespectrum, Texas Instrument, Intel, Wisair, Philips, GA 등 23개사에서 제안서를 제출하였다. 2003년 3월, 5월 회의에서 제안서 발표 및 검토가 진행되어 제안서간 통합이 활발히 진행되어 6개의 제안서로 통합되었다. 이 과정에서 TI, Intel, Wisair, Staccato 등 13개 제안서가 MBOA 제안서로 통합되어 Xtremespectrum 제안서와 결합하는 양강 구도를 구축하게 되었다.

2003년 7월 샌프란시스코 회의에서부터 WG Letter Ballot 상정을 위한 Draft Standard 결정을 위한 down selection 절차가 시작되었으며, 1차로 탈락한 CRL은 OKI와, 2차로 탈락한 Parthausa Ceva는 Xtremespectrum과 3차로 탈락한 STMicro는 MBOA와 통합을 선언하였고 최종 down selection 결과 MBOA 제안서가 1위를 차지하였다. 투표 규정에 따라 1차 확인 투표가 실시되었고 찬성 95, 반대 63으로 유효 투표 수의 75% 이상의 찬성표를 획득하지 못하여 부결되었다. 규정에 따라 7월 샌프란시스코 회의에서 최종적으로 남아있던 MBOA, Xtremespectrum, OKI-CRL 3개 제안서에 대하여 down selection 과정이 반복되었으며 OKI-CRL 제안서가 1차로 탈락되어 Xtremespectrum과 통합되면서 최종후보로 MBOA 진영의 MB-OFDM 방식과 Xtremespectrum의 DS-UWB 방식의 2가지 방식으로 압축되었다.

2003년 11월 Albuquerque Plenary 회의에서 MBOA 제안서가 최종후보로 선택되었으나 1,2

차 확인 투표에서 부결되었으며, 2004년 1월 Vancouver Interim 회의, 3월 Orlando Plenary 회의, 5월 Anaheim Interim 회의에서 MBOA 측의 MB-OFDM 방식의 제안서가 계속하여 최종 후보로 선택되었지만 최종 확인 투표과정에서 75% 이상의 찬성을 받지 못해 down selection 과정이 계속 반복되었다. 이러한 과정에서 최종 후보에서 계속하여 탈락된 Xtremespectrum 제안서는 2003년 12월 Motorola가 Xtremespectrum을 합병하여 Motorola의 DS-UWB 제안서로 변경되었다.

2004년 7월 Portland Plenary 회의에서는 예상과는 반대로 모토로라 진영의 DS-UWB 방식의 제안서가 그 동안 계속해서 최종후보로 선택되었던 MBOA 진영의 MB-OFDM 방식의 제안서를 1표 차이로 누르고 최종 후보로 선택되는 파란을 일으켰지만, 계속된 1차 확인투표에서 50%의 찬성을 얻은데 그쳐 9월 Berlin Interim 회의에서 반대자들이 제시한 반대 이유에 대한 Motorola 측의 설명을 청취한 후 2차 확인투표가 진행되었지만 또다시 부결되었다. 모토로라 측에서는 두 가지 방식을 모두 표준안으로 채택하자는 타협안을 강력하게 주장하였지만 계속된 down selection 투표에서 MBOA 진영의 제안서가 다시 역전하여 최종 후보로 선택되었으나 1차 확인투표에서 역시 부결되었다. 그러나 MBOA 측은 상황을 재역전시키므로 상대적인 우위를 확보하였다는 분위기여서 극적인 타협안이 제시되지 않는다면 지금까지의 지루한 공방전은 계속될 전망이다.

9. 고속하향패킷접속 기술 분석: HSDPA

비동기식 IMT-2000 시스템(WCDMA)과 동기식 IMT-2000(cdma2000)의 표준 제정이 완료된 이후 각각의 표준 개발을 담당하고 있는 기구인 3GPP(3-rd Generation Partnership Project)와 3GPP2에서는 최근 급증하는 무선이동 환경에서의 고속 Packet Data 서비스 요구에 부응하기 위해 보다 더 높은 데이터 율의 Packet Data 전송을 가능하게 하는 표준 개발을 시작하였다. 그러한 표준 개발의 결과로 3GPP에서는 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)를, 3GPP2¹⁾에서는 1xEV-DV를 2002년 5월말 경 완료하였다.

최근 3G 서비스 제공에 있어서 그 동안의 부진을 극복하기 위해, HSDPA 기술의 신속한 도입을 위해 노력하고 있다. HSDPA 기술은 기존의 비동기 IMT-2000 표준의 진화 단계에 위치하는 방식으로, 하향 링크에서 고속 데이터 전송을 위해 추가된 접속 기법이며, 3GPP의 Release 5 표준 규격의 주요 특징이다. 특히, 획기적인 전송률 향상과 더불어 최근 각광 받고 있는 IP 멀티미디어 서비스의 제공에 효율적인 시스템으로 인식되고 있다. 본 장에서는 HSDPA 기술의 주요 특징 및 개발현황을 중심으로 HSDPA 기술개발의 기술적, 경제적 중요성을 고찰한다.

가. HSDPA의 정의

HSDPA 기술은 기존의 비동기 IMT-2000 표준의 진화 단계에 위치하는 방식으로, 하향 링크에서 고속 데이터 전송을 위해 추가된 기법으로 최대 14Mbps의 속도로 데이터를 다운로드, 3G 이동통신 인 WCDMA(Rel 4)에 비해 최대 7배 빠른 기술이다. FDD 모드 및 광대역 TDD 모드 HSDPA는 5MHz 대역 내에서 3.8Mcps의 칩 율(Chip rate)을 사용하는 기존의 FDD 모드 또는 광대역 TDD 모드 시스템과 동일한 채널화 부호(Channelization code) 자원을 사용함으로써 상호 공존이 가능하도록 설계 되어 있다. 마찬가지로 협대역 TDD 모드 HSDPA는 기존의 1.28Mcps의 칩 율을 사용하는 협대역 TDD 모드 시스템과 동일한 주파수 대역에서 공존이 가능하도록 설계되어 있다. HSDPA가 기존의 WCDMA의 발전된 형태임을 감안하여 HSDPA는 WCDMA Release 5의 일부로 포함되어 표준이 제정되었다. 3.5G는 3G에 비해 전송속도 향상, 주파수 효율 향상, 이용요금 인하라는 장점이 있다. HSDPA가 본격 상용화되면 현재 최대 2Mbps급 수준인 모바일 데이터 통신 환경을 최대 14Mbps 급으로 끌어 올려 모바일 영상전화

1) 1xEV-DV(1x Evolution Data and Voice): 1xEV-DV는 1.25MHz 대역 내에서 기존의 cdma2000 1x 시스템과 공존할 수 있도록 설계된 고속의 하향 패킷 데이터 서비스를 지원하는 시스템으로 1xEV-DV 이전에 표준제정이 완료된 1xEV-DO(1x Evolution Data Only) 시스템은 cdma2000 1x와 동일한 주파수 대역에서 사용할 수 없기 때문에 음성 및 고속 패킷 데이터를 동시에 IMT-2000 고속 패킷 데이터 전송 시스템을 서비스하기 위해서는 두개의 1.25MHz 대역을 사용하여야 함.

등의 멀티미디어 서비스를 안정적으로 구현할 수 있게 된다.

나. HSDPA 핵심기술

(1) 개요

HSDPA는 단말기가 기지국으로부터 수신된 공통 파일럿 채널의 수신 레벨에 해당하는 인덱스를 기지국으로 피드백하고, 기지국은 모든 단말기로부터 피드백된 하향채널 상황을 이용하여 각 순간 데이터를 수신할 단말기와 전송 파라미터를 결정한다는 점이다. 또한 기지국으로부터 패킷 데이터를 수신한 단말은 패킷 데이터의 성공적인 수신 여부를 기지국에게 알려줌으로써 기지국으로 하여금 필요 시 해당 패킷을 재전송하게 하는 HARQ(Hybrid Automatic Repeat Request)를 사용하고 있다. 더불어 하향채널 상황에 관계없이 고정된 변조방식을 사용하던 기존의 시스템과 달리 하향 채널 상황에 따라 변조방식을 달리하는 AMC (Adaptive Modulation and Coding)를 사용하고 있다. HSDPA는 기존의 WCDMA 및 cdma2000 1x와 동일한 주파수 대역에서 고속의 패킷 데이터 서비스를 하게 되므로 패킷 데이터 전송에 사용할 수 있는 기지국의 자원(전력, 왈시부호 또는 채널화 부호)이 시간적으로 변하는 것이 특징이다. 또한 두 방식 모두 사용자들에게 패킷 데이터 전송을 하기 위해 TDM(Time Division Multiplexing)과 CDM (Code Division Multiplexing)을 동시에 사용할 수 있다. 본 절에서는 HSDPA의 핵심 기술인 AMC, H-ARQ 등에 대해 간단히 알아보겠다.

(2) AMC

이동 통신에서 무선 링크의 효율적인 사용을 위해서 링크 적응(Link Adaptation) 기법이 사용되고 있다. 기존의 대표적인 링크 적응 기법은 전력 제어(Power Control) 기법이다. 전력 제어 기법은 무선 링크에 따라 전력을 제어하여 전송 품질 유지시키는 방법으로 음성과 같이 고정된 전송률 상황에서 링크의 품질을 보장하기 위한 시스템에 효율적인 방식이다.

반면, 멀티미디어 데이터는 서비스 종류에 따라 다양한 전송률, 다양한 전송 품질 등을 요구하므로 기존의 음성 위주의 서비스 제공과는 다른 개념의 링크 적응 기법이 요구된다. AMC 기법은 이러한 데이터 전송에 효율적인 링크 적응 기법으로 전송 전력이 아니라 전송률을 채널 환경에 맞게 변화시키는 적응 방식이다. 전력 제어의 경우 고정된 target SIR(Signal to Interference Ratio)을 얻기 위해 전송 전력을 채널에 따라 변화 시킨다. 반면, AMC는 채널의 특성에 따라 적절한 전송률을 결정하여 전송하므로 기본적으로 전송 전력은 고정된다. 전송률은 MCS(Modulation and Coding Selection) 레벨에 의해 결정되는데, MCS는 미리 정의된 변조 및 채널 코딩 조합에 대한 레벨이다. HSDPA에서는 QPSK, 16QAM의 두 가지 변조 방식과 코드 율 1/3인 Turbo Code를 효율적으로 처리하여 다양한 MCS 레벨을 지

원한다. MCS 레벨은 수신 SIR에 따라 결정되는데, SIR에 따라 가장 높은 효율을 보이는 레벨이 선택된다.

(3) H-ARQ

HSDPA의 두 번째 핵심 기술은 물리 계층에서 ARQ를 사용하는 H-ARQ 기법이다. HARQ-ACK은 HS-DSCH를 통해 전송된 하향 패킷 데이터를 단말이 성공적으로 수신하였는지 여부를 기지국에게 알려주기 위한 1비트 정보이다. ARQ 기법은 수신 패킷에 오류가 발생하는 경우 재전송을 요청하여 이를 수정하는 기법으로 네트워크 프로토콜의 2계층인 데이터 링크 계층에서 널리 사용되는 기법이다. UTRAN에서는 L2 RLC(Radio Link Control)에서 사용하고 있다. 반면, H-ARQ는 ARQ 기법을 물리 계층의 채널 코딩과 결합한 기술로 전송 채널의 동작 SIR을 낮출 수 있는 장점이 있다.

패킷 전송 시스템에서 전송 품질의 중요한 척도는 프레임 오류 확률(Frame Error Rate: FER)이다. 일반적인 패킷 전송 시 약 0.1%의 FER을 요구한다. FER 측면에서 프레임에 단 한 비트의 오류만 존재해도 오류로 처리되므로, FER을 낮추는데 매우 많은 전력이 요구된다. 만일 이 FER 요구 사항을 보다 높일 수 있다면 전송 전력 측면에서 큰 이득을 얻을 수 있을 것이다. HSDPA에서는 동작 영역을 FER 10%로 설정하고, 이 때 발생하는 패킷 오류를 HARQ를 이용하여 수정하는 방법을 사용하여 전송 전력을 크게 낮출 수 있다. HARQ에서는 기존의 ARQ와 같이 재전송만을 적용하는 것이 아니라 Chase Combining 또는 Incremental Redundancy(IR)와 같은 방식을 적용하여 기존의 수신 데이터와 재전송된 수신 데이터를 효율적으로 조합하여 Decoding 성능을 높이게 된다.

이와 같은 HARQ 적용에 의해 발생하는 전력 마진에 의해서 16QAM과 같은 높은 전송 효율을 갖는 변조 기법의 사용이 가능해진 것이다. 결론적으로 HARQ 기법은 HSDPA의 핵심 기술이라고 할 수 있다.

(4) Node B 스케줄링

무선 자원의 효율적인 사용을 위해 UMTS 시스템은 RRC(Radio Resource Control) 프로토콜을 사용한다. RRC는 사용자 및 데이터에 대한 효율적인 자원 분배를 수행하기 위해 사용되며, 무선 접속 망의 RNC(Radio Network Controller)에 위치한다. RNC는 여러 개의 Node-B를 제어하며, 여러 Node-B로부터 수신된 정보를 이용하여 자원 할당 및 조정 기능을 수행한다. 그러나 RRC가 RNC에 위치하는 것은 네트워크상의 지연을 발생시키며, 빠르게 변화하는 채널 환경에 적응하는데 어려움이 있다. 또한, 패킷 전송은 매우 Bursty한 특성을 가지므로 이러한 패킷 전송에 적응하기 위해서도 빠른 적응 방식이 요구된다.

이러한 문제의 해결을 위해 HSDPA에서는 기존에 RRC에 존재하던 스케줄링 기능을

Node-B의 MAC로 이전하였다. 또한, 전송의 단위를 기존의 10ms에서 2ms로 줄여 패킷 전송 특성에 효과적으로 적응하도록 하였다.

다. 표준내용

(1) HS-DPCCH (High Speed Dedicated Physical Control Channel)

각 단말이 하향 파일럿 채널 상황이 가장 양호한 기지국을 선택하여 해당 채널 상황에 적합한 변조 및 부호화 정보를 피드백 하는데 사용하는 상향 채널이다. 기지국으로부터 패킷 데이터를 수신한 단말은 ACK/NACK 정보를 HS-DPCCH를 통해 전송한다. HSDPA에서 사용하는 상향 전용 물리 채널에는 ① 상향 전용 물리데이터 채널(상향 DPDCH), ② 상향 전용 물리제어 채널(상향 DPCCH), ③ 고속 데이터 전용 물리제어 채널(HS-DPCCH)의 세 가지가 있다. 그 중 기존의 WCDMA Release 99 및 Release 4에서부터 이미 정의되어 있는 상향 DPDCH와 DPCCH 외에 HSDPA에서 새롭게 정의된 HS-DPCCH는 HSDPA의 하향 패킷 데이터 전송을 보조하기 위해 단말이 기지국으로 피드백 해야 하는 시그널링 정보를 전송하는 상향 채널이다. 하향 패킷 데이터 전송을 보조하기 위해 필요한 상향 시그널링 정보에는 HARQ-ACK(Hybrid ARQ Acknowledgement), CQI(Channel Quality Indicator)가 있다.

(2) HS-DSCH (High Speed Downlink Shared Channel), HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel)

HS-DPCCH를 통해 기지국으로 전달된 정보와 패킷 데이터 전송에 사용할 수 있는 기지국 송신전력의 양 및 패킷 데이터 전송에 사용할 수 있는 채널화 부호의 개수 등을 고려하여 선택된 단말에게 패킷 데이터를 전송하는데 사용하는 하향 채널이다. HS-DSCH는 고속 패킷 데이터 전송을 위한 하향 전송채널(Downlink transport channel)이다. 특정 순간에 패킷 데이터를 특정 단말에게 전송하기 위해서는 하나의 HS-DSCH와 한 개의 하향 DPCH, 그리고 한 개 이상의 HS-SCCH가 동시에 사용되어야 한다. HS-PDSCH는 HS-DSCH 데이터를 전송하기 위해 사용되는 하향 물리채널로서 각 기지국은 최대 15개의 HS-PDSCH를 운용할 수 있다. 각각의 HS-PDSCH는 길이 16짜리 채널화 부호에 의해 확산되며 하나의 HS-DSCH는 한 개 이상의 HS-PDSCH를 통하여 데이터를 전송할 수 있다. HS-DSCH 데이터는 부호율 1/3인 Turbo Code와 Interleaver를 거쳐 단말기에게 할당된 HS-PDSCH에 매핑된다.

(3) HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel)

HS-DSCH로 전송되는 패킷 데이터를 단말기가 수신하는데 필요한 제어정보와 기타 용도의 제어정보를 기지국이 전송하는데 사용하는 하향 채널이다.

라. HSDPA와 1xEV-DV의 비교

항목	HSDPA(FDD)	1xEV-DV
대역폭	5MHz	1.25MHz
칩율	3.84Mcps	1.2288Mcps
상향 하향 duplexing	FDD	FDD
최대 하향 데이터율	10Mbps	3.0912Mbps
상향 링크 개선	없음	없음
프레임 길이	2ms 고정	1.25/2.5/5ms 가변
오류정정부호	무호율 1/3 터보부호	무호율 1/5 터보부호
링크 적응 기법	AMC, H-ARQ	AMC, H-ARQ
변조방식	QPSK, 16QAM	QPSK, 8-PSK, 16-QAM
사용자 구분	10비트 UE ID	8비트 MAC ID
패킷데이터 전송용 채널화 무호 길이	16	32
패킷데이터 전송용 채널화 무호 갯수	최대 15개	최대 26개
사용자 multiplexing	TDM, CDM	TDM, CDM(최대 2명)
패킷데이터 채널	HS-PDSCH	F-PDSCH
패킷제어 채널	HS-SCCH	F-PDCCCH
채널 품질 보고	HS-DPCCH	R-CQICH
Acknowledgement	HS-DPCCH	R-ACKCH

[그림 2.9-1] HSDPA와 1xEV-DV의 비교

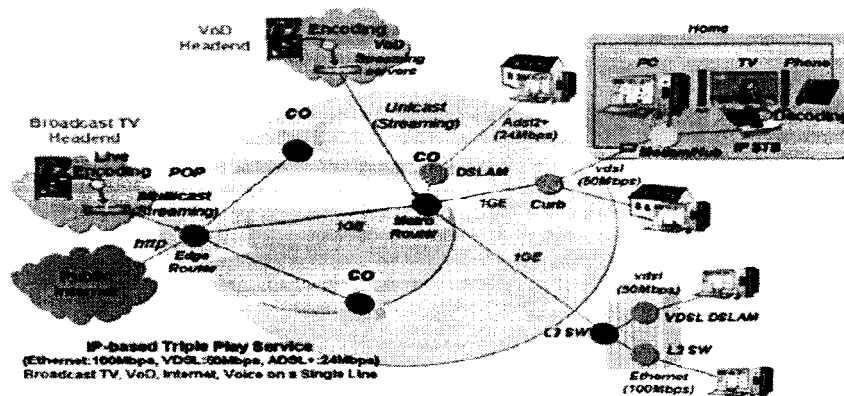
- ※ F-PDSCH(Forward Packet Data Channel): R-CQICH를 통해 피드백된 수신 파일럿 E_c/N_t , 패킷 데이터 전송에 사용할 수 있는 기지국 송신전력의 크기 및 패킷 데이터 전송에 사용할 수 있는 왓시 부호의 개수 등을 고려하여 선택된 단말기에게 패킷 데이터를 전송하는데 사용하는 하향채널
- ※ F-PDCCCH(Forward Packet Data Control Channel): F-PDSCH로 전송되는 패킷 데이터를 수신하는데 필요한 제어정보와 기타 용도의 제어정보를 기지국
- ※ R-CQICH(Reverse Channel Quality Indicator Channel): 단말기의 Active Set에 포함된 각 기지국으로부터의 하향 파일럿 채널 상황중 가장 양호한 기지국을 선택하여 그 기지국으로 수신 파일럿 E_c/N_t 를 피드백 하는데 사용하는 상향 채널
- ※ R-ACKCH(Reverse Acknowledgement Channel): 단말기가 기지국으로부터 사신한 F-PDCCCH 및 F-PDSCH의 성공적인 수신여부를 기지국에게 피드백 하는데 사용하는 상향채널

10. IPTV 분석

초고속 인터넷 망의 확산과 디지털화 된 방송 프로그램 제작 환경의 도래 등 통신과 방송의 융합으로 인해 기존 TV의 기능이 다양하게 변화하고 있으며 이와 관련해 주문형 비디오 시장의 급속한 성장도 전망되고 있다. 국내에서는 KT나 하나로텔레콤 등 통신사업자들을 중심으로 새로운 사업 기회로 IPTV 서비스에 대한 관심을 증폭시키고 있는 실정이다. IPTV는 기존 아날로그 TV 기기와 인터넷 모뎀을 연결하여 인터넷과 방송 서비스를 제공함으로써 방송에는 익숙하지만 PC 환경에는 다소 미숙한 세대에 대한 새로운 서비스를 개시할 수 있을 것이다. 또한 IPTV는 기존 아날로그 TV 수상기에 인터넷 모뎀을 연결한 서비스를 제공함으로써 디지털 방송을 기반으로 한 쌍방향 TV보다 시장을 선점할 가능성이 높다. 즉, 인터넷 다운로드나 방송 등의 기술과 달리 기존 네트워크 인프라와 인터넷 모뎀을 이용하여 서비스를 제공하여 많은 수의 사용자가 이용 가능하고 일부 Rich Market의 개발도 가능하게 할 수 있다. 최근에는 기술적으로 셋톱박스 안에 인터넷 모뎀의 기능이 결합하여 지능형 통합 셋톱박스 화 하는 추세로 변화하면서 홈 네트워크라는 차세대 가정내 네트워크 서비스를 제공하기 위한 전략적 단말로서의 위치가 커져가고 있다. 하지만 IPTV의 전략적 중요성이나 풍부한 활용 가능성에 대해 통신업계가 발빠르게 움직이는 것과 달리 방송사나 대다수 시청자들의 IPTV와 서비스에 대한 인식은 그리 높은 편이 아니다.

가. IPTV 개요

IPTV는 IP(Internet Protocol)기반의 통신망을 통하여 전달되는 다양한 콘텐츠를 기존의 TV를 이용하여 제공받을 수 있는 서비스 또는 기술을 의미한다. 기존의 TV에 MPEG2와 MPEG4 기술로 압축된 디지털 정보를 전송하는 IP 셋톱박스를 연결하면 인터넷 검색, 영화감상, 홈뱅킹 및 예약서비스 등 다양한 부가서비스의 활용이 TV를 통하여서도 가능하기 때문에 통신 사업자들은 통/방 융합 환경에서 향후 TPS(Triple Play Service)서비스의 Killer Application으로 적극 추진하고 있는 상황이다.

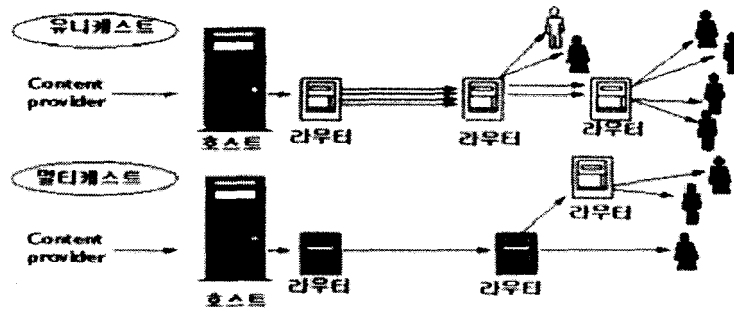


[그림 2.10-1] IP기반의 멀티미디어 콘텐츠 서비스

- 1) CO는 Central Office(전화국)
 - 2) POP(Point of Presence)는 ISP가 인터넷 접속을 위해 사용자에게 제공하는 연결지점
 - 3) DSLAM(Digital Subscriber Line Access Multiplexer) :디지털 가입자 회선 접속 다중화장치
- ※ 자료 : <http://www.netmanias.com>, "Broadband TV(IPTV)서비스"
하나금융경영연구소, 2005.2.7

이러한 IPTV는 향후 디지털 방송 환경에서 T-commerce와 같은 대화형 서비스 기능을 구현할 수 있는 인터랙티브(Interactive) TV와 비교된다. 인터랙티브 TV는 기존의 아날로그 방송이 디지털로 전환되면서 유선 방송사업자들이 제공할 수 있는 서비스이며 셋탑박스만 있으면 되지만, IPTV는 전용모뎀과 IP 셋탑박스와 같은 장치가 필요하다. 그러나 수용자의 입장에서서는 동일한 서비스를 제공받는다는 측면에서 전송방식의 차이를 구분하기 어려우며 장비 또한 셋탑박스의 형태로 통합되어 가는 추세이다. 다만 IPTV는 인터넷망을 통하여 IP 패킷이라는 형태로 디지털 콘텐츠를 전송하기 때문에 영상의 끊김 없는 전송을 위해서 기존의 IP망과 같은 Best effort 형식이 아닌 QoS(Quality of Service)가 보장되어야 한다. 또한 헤드엔드로부터의 콘텐츠를 가입자 댁내까지 가지고 올 경우 발생하는 트래픽 부하를 피하고 동시접속으로 인한 동영상의 품질 저하를 막기 위해 IP 멀티캐스팅이란 중요한 기술이 필요하다. 이는 기존의 유니캐스팅은 헤드엔드에서 요청 수만큼 동일한 데이터를 복사하여 전송하기 때문에 광대역을 요구할 뿐만 아니라 트래픽 과부하를 야기 시키기 때문에 데이터를 중간의 라우터에서 복사하여 요청한 사용자에게 전달하는 IP 멀티캐스팅이 망효율 측면에서 보다 더 적합하다. 다만 개인별로 틀린 콘텐츠를 특정 시점에 요구하는 RVOD(Real Video On Demand)-사용자가 원하는 시간에 원하는 프로그램을 선택하여 시청 가능한 방식으로 FF, RF, Pause, Replay 등 VCR과 동일한 기능을 제공하는 형태 -서비스를 하기 위해서는 유니캐스팅이 적절한 기술

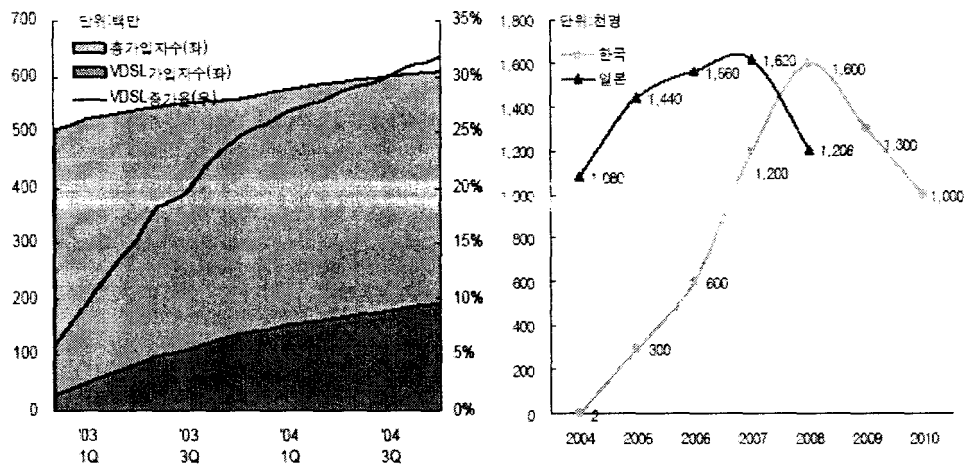
이며, IP 멀티캐스팅은 특정 콘텐츠를 원하는 사용자에게 한하여 동시에 전송이 가능하기 때문에 방송 및 NVOD(Near Video On Demand)- 같은 프로그램을 5~30분마다 시간이 겹치지 않게 하여 다른 채널을 통해 전송하는 방식 -와 같은 서비스에 적절한 기술이라고 볼 수 있다.



[그림 2.10-2] 멀티캐스팅과 유니캐스팅의 차이

※ 자료 : 정보통신정책연구원, “Broadband TV(IPTV)서비스” 하
나금융경영연구소, 2005.2.7

또한 망의 대역폭이 HD급의 고화질 동영상 데이터를 전송할 수 있을 정도로 커야 하기 때문에 통신사업자들은 다운로드 속도가 최대 24Mbps까지 가능한 ADSL2+급 이상의 가입자를 중심으로 시범서비스를 제공하고 있거나 계획 중에 있는 상황이다. 2004년 12월 기준으로 50Mbps급의 VDSL 가입자 수가 KT는 192만명, 하나로는 26만명 수준이며, 각 사 초고속인터넷 가입자 수의 약 31.7%, 9.4%를 차지하고 있다. 이러한 VDSL의 가입자 비율은 빠르게 증가하고 있으며 KT의 경우 가정까지 광케이블로 100Mbps급 전송이 가능한 FTTH 망을 계획하는 등 가입자의 확보를 위해 지속적으로 망을 개선하고 있는 상황이기 때문에 IPTV 서비스의 가입자 수 또한 증가할 것으로 예상된다.

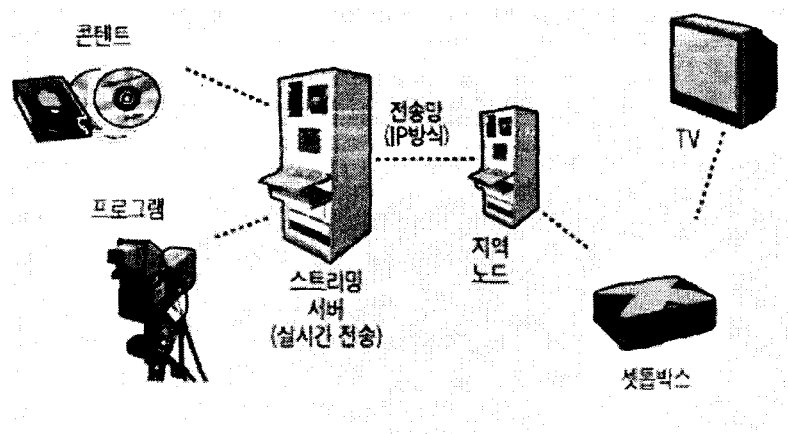


[그림 2.10-3] VDSL 가입자 수 증가 추이

FTTH 보급 전망

나. IPTV 개념 및 특징

(1) 개념도



[그림 2.10-4] IPTV 개념도

- Access 기술 : VDSL, FTTH 등
- 비디오 압축기술 :MPEG 등
- 셋톱박스(STB: Set-top Box) :가입자들이 채널을 선택하고, 쌍방향 디렉토리를 보고 쌍방향 텔레비전에 접근하고, 게임을 수행하고, 인터넷에 액세스할 수 있는 그래픽 사용자 인터페이스 지원 장비

(2) 특징

- 쌍방향 서비스 기능 : 쌍방향 서비스가 가능해 소비자가 원하는 대로 비디오 서비스 (VoD) 뿐만 아니라 T-Commerce 구현이 용이
- 개인화 서비스 기능 : Point-to-Point 전달 방식으로 개인화 된 채널을 볼 수 있음. 개인화된 TV 포털 등장
- 번들 서비스가 용이 : 초고속 인터넷, VoIP와의 결합을 통해 번들 서비스가 용이해 TPS(Triple Play Service) 제공 가능. 번들 서비스를 통해 강력한 소비자 Lock-in 효과를 제공함

다. IPTV 서비스 동향

(1) SO의 디지털유선방송과 경쟁 불가피

IPTV 서비스들은 SO들의 디지털 유선방송의 가입자 수요를 잠식할 수 있는 강력한 대체재라고 할 수 있다. 이는 비록 통신사업자들의 타겟 고객층이 아직까지는 가입자 망 속도로 인하여 제한적이지만, 디지털화로 인하여 얻을 수 있는 다채널 고화질, 양방향 데이터 서비스 영역을 IPTV가 정확히 커버할 수 있기 때문이다. 따라서 기술 및 매체는 다르지만, 소비자의 관점에서는 기대치가 동일하기 때문에 동등한 위치의 대체재로 볼 수밖에 없고, 이는 불가피하게 통신사업자와 SO들이 초고속 통신뿐만 아니라 방송 분야에서의 경쟁을 촉발시키는 원인이 된다. 따라서 MSO들이 2004년 12월 100만대 규모의 디지털 셋탑박스 공동구매계획을 세우고 DMC 구축 및 망 개선을 통하여 디지털테이블 TV 서비스 지역을 확대하는 등 디지털방송 확산을 가속화 하려는 움직임 또한 이러한 통신사업자의 시장진입을 견제하고 기존 가입자의 조속한 디지털 전환을 유도하여 가입자 이탈을 막고자 하려는 전략으로 판단된다. 그러나 신규 가입자 확보 및 디지털 CATV로의 가입자 전환은 예상대로 빠르게 일어나지 않을 것으로 보이는데 이는 첫째, 위성방송의 지상파 재전송으로 신규가입자 증가는 더욱 정체될 것이고 둘째, 5,000만 미만의 저가 티어링 위주의 가입자가 대부분이기 때문에 고가의 디지털 유선방송으로 전환되기까지 상당기간 소요될 가능성이 높기 때문이다. 따라서 통신업체들의 공격적 시장 진입이 가시화될 경우 이는 가격경쟁으로 이어져 SO들의 수익성을 악화시킬 것으로 판단된다.

구분	MSO	통신사업자
특징	- 디지털 양방향 서비스 제공	- 디지털 양방향 서비스 - 약 2-3 초간 채널 전환 지연
채널수	TV 채널 50 개, 라디오채널 20 개, 데이터채널 15 개	TV 60~100 개 채널
양방향 서비스	가능	가능
화질	SD, HD 급 서비스	SD, HD 급 단계별 서비스
서비스 요금	15,000 원 ~ 22,000 원	10,000 원(예상)
주변기기	셋탑박스필요	IP 셋탑박스 및 데이터모뎀필요
전송형태	HFC 망	xDSL, FTTH, HFC(하나로)
부가서비스	- VOD 서비스	- VOD 서비스
	- EPG 서비스	- VoIP, SMS, 메시징 서비스
	- 예약 및 SMS 서비스	- 게임, 웹검색
	- TV 쇼핑, 뱅킹서비스	- EPG 서비스 - TV 쇼핑, TV뱅킹

[그림 2.10-5] IPTV 및 디지털방송 서비스 비교

※ 자료 : 하나경제연구소

(2) 법적 규제 관련 이슈는 서비스 확산의 최대 걸림돌

통신 사업자들은 음성, 데이터통신, 방송을 융합하는 TPS의 일환으로 서비스를 개시하려 하나 규제의 모호함으로 방송업계와 통신업계가 갈등을 겪고 있는 상황이다. 방통위는 전달매체의 속성만 틀릴 뿐 방송 콘텐츠를 가입자들에게 제공한다는 측면에서 방송 서비스라고 유권 해석을 내린 상태이나 정통부는 향후 광대역 통합망(BcN)의 확산을 위한 핵심 콘텐츠(Killer Application)로서 IPTV 서비스를 산업 발전적인 측면에서 부가 통신 서비스로 인정해야 한다고 주장하기 때문이다. 이러한 논란의 원인은 어떤 서비스로 규정되느냐에 따라 IPTV 서비스의 확산 여부가 결정될 수 있기 때문이다. 즉 정통부의 규제에 따를 경우 부가통신서비스로서 신고 후 바로 사업이 가능하지만 방통위의 규제에 따를 경우 별정방송서비스로 분류되어 유선 방송사업자와 마찬가지로 사업자 허가제 및 콘텐츠의 심의 등 각종 규제가 따르기 때문이다.

현재 IPTV의 세계적 추세는 IPTV를 기존의 틀에서 규제하기보다는 새로운 융합적인 서비스로 인정하는 것이 일반적이다. 이미 유럽 및 홍콩, 일본 등의 통신사업자들은 IPTV 서비스를 하고 있으며, 정부에서도 법제적으로도 방/통 융합 서비스 법을 만들어 매체 간 자유경쟁을 허용하고 있는 상황이다. 일본의 경우에도 2002년 “전기통신역무이용방송법”을 만들어 통신사업자나 설비를 임차한 사업자가 등록 후 방송서비스를 개시할 수 있도록 법으로 규정하였다. 그러나 일본은 이미 1992년부터 규제완화를 통하여 방송사업자들에게 경쟁력을 키울 시간을 제공했고 NTT와 같은 독점적 인프라를 소유한 통신사업자들의 시장 참여를 제한하여 경쟁사 및 SO들의 피지배적 경쟁 환경에 노출되는 것을 막고 있다. 따라서 향후 방송위의 규제 또한 별정방송의 형태로 통신사업자들의 IPTV 서비스를 일정기간 제한하는 형태로 가져갈 가능성이 높다.

(3) 통신사업자들은 적극 추진 중

통신사업자들은 가입자 ARPU의 감소를 막기 위한 새로운 수익원으로 IPTV를 포함한 TPS 서비스를 적극 추진 중인 상황이다. 이는 통신과 방송이 융합되어 가면서 방송을 통한 수익기반을 확보함으로써 인하여 통신 서비스에 국한한 플랫폼의 한계를 극복할 수 있기 때문이다. 그러나 당장 IPTV를 통하여 큰 수익원의 확보라는 측면보다는 다양한 번들링을 통한 서비스 라인업을 확장시킴으로써 인하여 기존 서비스 가입자 이탈 및 빠른 속도로 증가하고 있는 SO들의 공세를 막기 위한 것으로 판단된다. SO들의 DMC 센터 구축을 통한 디지털 방송의 도입, 초고속 인터넷 및 VoIP 서비스 등 기존의 Stereo Play에서 Triple Player로서의 위치 선점을 가속화 하고 있기 때문이다. 즉, 현시점의 통신사의 IPTV 서비스 진출은 사용자에게 익숙한 인프라 단말기로서 TV에 대한 지배력을 확보하고 사용자 경험을 전략적으로 활용하여 MSO의 디지털 케이블 방송 조기 확산을 막기 위한 것으로 판단된다. 특히 KT는 100Mbps급 FTTH 망 전환을 서두르고 있는데 이러한 인프라의 개선은 향후 컨버전스 환경에서 IPTV를 통한 홈 네트워크 서비스를 경쟁자보다 먼저 제공함으로써 고객을 Lock-in 시키고 경쟁사에 대한 비교우위를 확보할 수 있기 때문이다. 이러한 측면에서 IPTV가 저렴한 요금과 고화질의 서비스로 제공될 경우 시장 수용도가 높기 때문에 TPS 서비스의 일부분으로 잠재수요는 많을 것으로 기대되고 있는 상황이다. 그러나 IPTV는 사용자들이 새로운 서비스라는 점과 편리성이라는 측면에서는 긍정적이지만 경제성 및 서비스 필요성 측면에서는 미온적인 태도를 보이기 때문에 요금정책과 콘텐츠 확보가 수요확산에 결정적인 영향을 끼칠 것으로 판단된다.

11. 차세대 무선 개인통신망 (WPAN)

가. 개요

모든 사물과 대상이 지능화되고 전자공간에 연결되어 서로 정보를 주고받는 유비쿼터스 사회(Ubiquitous Society)를 앞당기기 위해 유선망과 융합된 무선 서비스를 제시하고 있다. 유비쿼터스 혁명은 점 조직과도 같은 무선망에 의해서만 성공할 수 있고 이같은 필요성에 따라 최근 무선정보통신 기반은 다양한 모습으로 발전하고 있다. 무선 정보통신기반은 그 서비스범위와 이동성을 기준으로 다양하게 구분할 수 있다. 무선 정보통신기반중 하나인 무선 개인통신망(WPAN : Wireless Personal Area Network)은 기존의 개인통신망을 무선으로 구현한다는 개념이다. 개인 통신망은 근거리 통신망이나 원거리 통신망과 대비되는 것으로 개인마다 각각 고유한 네트워크를 가지게 됨을 의미한다. 즉, 개인이 소유하고 있는 기기가 제각기 그 사람의 편리성을 목적으로 한 네트워크를 만든다는 것이다.

무선망의 종류는 표 2.11-1에서 제시된 바와 같이 크게 무선원거리통신망, 무선근거리 통신망, 무선개인 통신망이 있고, 그 외에 센서네트워크와 Ad Hoc 네트워크 등이 있다.

[표 2.11-1] 네트워크 범위에 따른 분류

네트워크 분류	네트워크 범위
원거리 통신망(WAN : Wide Area Network)	0 ~ 10km
근거리 통신망(LAN : Local Area Network)	0 ~ 100m
개인 통신망(PAN : Personal Area Network)	0 ~ 10m

개인 통신망을 무선으로 구현하기 위한 노력으로 IEEE 802.15 Working Group이 결성되어 단거리 무선망 표준으로 WPAN을 정하고 그 아래 표 4-2에서 제시된 바와 같이 4개의 Task Group을 두고 있다.

[표 2.11-2] 무선망의 종류

종 류	기술내용
무선원거리통신망	WCDMA(Wide-band Code Division Multiple Access), CDMA2000
무선근거리통신망	Wireless LAN
무선개인통신망	IrDA (Infrared Data Access Association) Bluetooth : IEEE 802.15.1 UWB(Ultra Wide-Band) : IEEE 802.15.2 WiMedia : IEEE 802.15.3 ZigBee : IEEE 802.15.4 HomeRF

나. 적외선(IrDA) 방식

IrDA(Infrared Data Association)는 적외선 통신링크에 사용되는 하드웨어와 소프트웨어에 대한 국제표준을 만들기 위해 산업계가 후원하는 조직으로서 1993년에 결성되었다. 무선전송의 특별한 형태인 적외선 통신에서는 Tera급 Hz에서 측정되는 적외선 주파수 스펙트럼 내의 모아진 광선이, 정보로 변조되어 송신기로부터 비교적 짧은 거리 내에 있는 수신기로 보내어 진다. 적외선 방사는 리모콘으로 TV를 제어하는데 사용되는 것과 같은 기술이다. 적외선 데이터 통신은 노트북 컴퓨터와 PDA, 디지털 카메라, 휴대폰, 무선통신기 등의 대중화에 따라, 이제 무선 데이터 통신 내에서 중요한 역할을 해오고 있다. 기존에 사용되고 있는 것들 또는 새로운 가능성이 있는 것들에는 다음과 같은 것들이 있다.

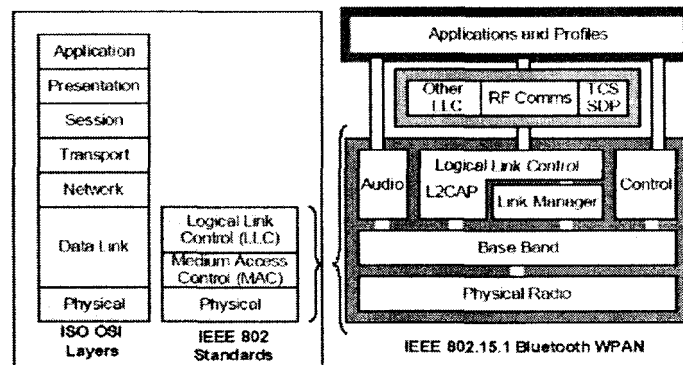
- 노트북 컴퓨터에서 프린터로 문서를 보내기
- 포켓용 PC를 이용하여 명함 교환
- 데스크탑 컴퓨터와 노트북 컴퓨터 사이에 스케줄이나 전화번호부를 동일하게 맞추기
- 노트북 컴퓨터에서 공중전화를 이용하여 멀리 있는 팩시밀리로 팩스 보내기
- 디지털 카메라에서 컴퓨터에 이미지를 광선으로 보내기

적외선 통신에서는 쌍방의 장치에 모두 송수신기가 있어야한다. 특별한 마이크로칩이 이 기능을 위해 제공된다. 그 외에도 통신을 동기화시켜주는 특별한 소프트웨어가 하나 또는 모든 장치들에 필요하다. 마이크로 소프트웨어 윈도우95 운영체제에서 IR에 관한 특별한 지원이 그 예이다.

다. 블루투스 방식

블루투스(Bluetooth)는 스웨덴의 에릭슨, 미국의 IBM과 인텔, 핀란드의 노키아, 일본의 도시바 등이 개발 중인 무선데이터 통신 규격의 개발 코드명을 말한다.

블루투스는 가정이나 사무실 내에 있는 컴퓨터, 프린터, 휴대폰, PDA 등 정보통신기기는 물론 각종 디지털 가전제품을 물리적인 케이블 접속 없이 무선으로 연결해 주는 근거리 무선접속 기술이다. 에릭슨을 비롯하여 IBM, 인텔, 노키아, 도시바 등 5개사가 1998년에 결성한 Bluetooth SIG(Special Interest Group)에 의해 처음 제안되었는데, Bluetooth SIG에는 현재 2000개가 넘는 기업이 회원사로 가입하고 있다. 블루투스는 당초 초기 대량출하의 가능성, 국경 없는 시장 형성의 가능성, 저가격 솔루션 개방의 용이성 등의 장점을 배경으로 세계의 이목을 끌었다. 그러나 에릭슨, 노키아 등의 제품 출시 지연으로 초기 휴대폰 시장이 형성되지 못하였고, IEEE802.11b와의 공존 문제, 블루투스 솔루션의 원칩화 지연 등 여러 요인으로 인해 블루투스에 대한 회의론이 대두되었다.



[그림 2.11-1] IEEE 802.15.1 블루투스 프로토콜 스택

블루투스 규격의 구성을 보면, 크게 코어 규격과 프로파일 규격으로 구분된다. 코어규격은 블루투스 기술이 어떻게 작동하는지를 보여주기 위한 부분으로 물리적 부분과 그에 필요한 펌웨어(Firmware)등 하드웨어 적인 설계사양에 대해 기술하고 있다. 블루투스 프로토콜 스택은 그림 1과 같다. 블루투스는 21세기 최대산업인 인터넷 산업분야에 적합한 여러 가지 단거리 무선통신 기술 중의 하나로서 이동하면서 인터넷 접속을 할 수 있도록 지원하며 다음과 같은 대표적인 특징을 가지고 있다.

- 소형 (9mm x 9mm)
- 저렴한 가격 (5달러)
- 적은 전력소모 (100mW)
- 좁은 구역(10m~100m)내 무선연결 지원

블루투스가 탑재된 휴대용 PC를 사용자가 갖고 있다면 주변 10m~100m 유선망이나 근거리

통신망, 이동통신전화망 등의 외부통로를 통해 인터넷에 접속할 수 있다.

라. 초광대역(UWB) 방식

UWB(Ultra Wide Band) 무선기술은 기존에 사용 중인 주파수 대역과 간섭 없이 공유하여 사용할 수 있으며 수 백 Mbps에 이르는 광대역 주파수 대역폭을 가질 수 있는 장점을 가지고 있다. 블루투스의 약 1/4의 적은 전력소모와 벽과 지하를 관통할 수 있는 특성도 갖고 있어 건물 투시, 자동차 충돌방지, 단거리 광대역 통신 시스템 등 다양한 분야에 응용할 수 있다. UWB 무선기술은 미국을 제외한 대부분의 나라에서는 아직 검토단계의 기술이고 제도적으로도 승인이 되지 않고 있으며, 다른 기술에 그 역할을 빼앗길 가능성도 있다. 그렇지만 미래 유망한 기술로서 많은 나라에서 기술 개발에 투자를 하기 시작한 시점이므로 국내에서도 경쟁력을 위해 기술을 조기 연구할 가치가 충분히 있는 분야이다.

UWB라는 용어는 이 기술의 스펙트럼 특성에서 인용되었으며 기본적인 원리는 임펄스라고 불리우는 짧은 펄스를 발생하여 전송한 것을 수신하여 처리하는 것이다. 이러한 방식은 1897년 마르코니가 보여준 최초의 무선 시스템에서 시작된 것으로 마르코니의 초기 spark-gap 송신기는 매우 낮은 주파수에서부터 단파대 이상까지의 넓은 스펙트럼을 점유하였으며 이들 시스템은 수동으로 시간 도메인에서 모르스 부호를 사람들이 송/수신함으로써 동작하였다. UWB 기술은 무선 반송파를 사용하지 않고 기저대역에서 수 GHz 이상의 매우 넓은 주파수 대역을 사용하며, 통신이나 레이더 등에 주로 응용되었으며 사용 대역폭이 중심 주파수의 25% 이상 혹은 1.5GHz 이상의 점유 대역폭을 차지하는 무선 시스템이다. 광대역 에너지를 수신하여 신호를 검출하므로 협대역 통신신호에 의한 간섭 특성이 우수하고 보안통신에도 적합하며, 펄스폭이 매우 좁고 duty cycle이 작아 다중경로 페이딩에 의한 영향이 적다. 또한 반송파 발진가가 필요 없고 고출력 통신을 행하지 않을 경우에는 선형 증폭기도 필요 없으며, 중간 주파수단도 사용하지 않으므로 시스템이 간단하다. UWB의 핵심 기술로는 100Mbps 급 UWB 모뎀기술과 고품질 QoS(Quality of Services) 지원을 위한 MAC(Medium Access Control)기술, 광대역 전송에 적합한 소형 안테나 기술이 있다.

마. WiMedia 방식

무선(Wireless)과 미디어(Media)의 합성어인 와이미디어(WiMedia)는 홈 네트워킹에 있어서 연결 케이블을 없애는 무선기술로 컴퓨터, PDA, MP3플레이어, 디지털TV, HDTV, DVD플레이어, 디지털 캠코더, 디지털 Set top Box, 게임콘솔 등과 같은 가전제품들 간의 lch고속 데이터 전송을 가능하게 될 전망이다.

WiMedia Alliance는 지난 2002년 9월3일 컴퓨터, 통신, 가전, 반도체, 디지털 이미지, 스트리밍 미디어 분야의 메이저 업체들(HP, Motorola, Philips, Sharp, 삼성전자, Kodak, Appairtent Technologies, Time Domain, XtremeSpectrum 등)이 중심이 되어 결성되었으며, 이후 반도체 회사인 STMicroelectronics이 추가 가입하였다. WiMedia Alliance에서는 무선 멀티미디어 접속 및 개인통신망 기기 간 상호 호환성 개선을 위해 서비스품질(QoS) 향상, 저가, 사용의 단순성, 배터리 수명, 데이터 속도 및 용량, 확장성 있는 보안 플랫폼 등의 측면에서 멀티미디어 수용을 최적화하도록 표준화 활동을 추진하고 있다.

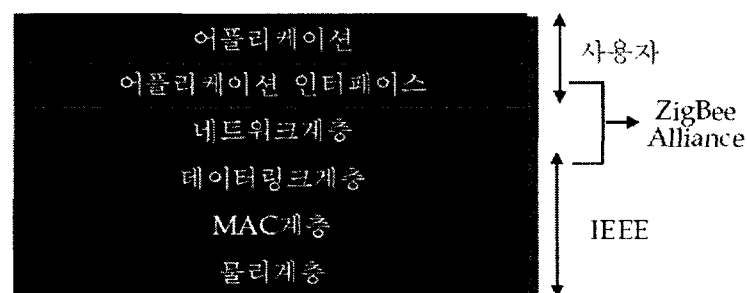
UWB 제품의 인증단체로서 WiMedia Alliance에서는 무선 USB 개발의 일환으로 다양한 애플리케이션에서 단일 무선 통신을 공유할 수 있는 공통 레이어를 개발한다. 이 레이어는 무선 USB나 무선 1394 (FireWire) 등을 실행하는 통합 역할을 할 수 있을 것으로 보인다. 이 통합 레이어는 MAC (Media Access controller) 상에 구현되어, 그 상위 계층의 애플리케이션이 하위 계층의 lantjs 통신 계층에 대한 액세스를 가능하도록 해준다.

바. ZigBee 방식

저속 전송속도를 갖는 홈오토메이션 및 데이터 네트워크를 위한 표준기술로서 버튼 하나의 동작으로 집안 어느 곳에서나 전등 제어 및 홈 보안 시스템, VCR on/off등을 가능하고 인터넷을 통한 전화접속으로 홈오토메이션을 더욱 편리하게 이용하려는 것에서부터 출발한 기술이다.

IEEE 802.15.4 Task Group에서는 PHY, MAC의 표준화를 진행하고 있고, Zigbee Alliance에서는 PHY, MAC, Data Link, Network, Application Layer까지 표준화를 진행하고 있다. 듀얼 PHY 형태로 주파수 대역은 2.4GHz 868/915MHz를 사용하고, 모뎀방식은 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum),MAC은 CSMA/CA를 사용하며, 데이터 전송속도는 20kbps에서 250kbps까지 가능하다.

Zigbee stack system의 요구조건은 8bit 마이크로컨트롤러를 사용하며, 전체 프로토콜 표준은 32kbytes 이하이어야 한다. 그림 2.11-2는 IEEE 802.15.4와 Zigbee Alliance에서 상호 표준화를 진행하고 있는 범위를 나타낸다.



[그림 2.11-2] IEEE 802.15.4와 ZigBee Alliance의 표준화 범위

사. HomeRF 방식

가정 내 또는 SOHO(Small Office Home Office) 환경에서 컴퓨터, 전화, TV, 오디오 기기 등을 무선으로 연결하는 하나의 무선 네트워크 표준으로서 음성, 데이터, 영상 등의 다양한 정보를 통합할 목적으로 HomeRF Working Group을 중심으로 개발되고 있다.

1998년 처음 결성되어 현재 인텔, 컴팩, 모토로라, 지멘스, 프록심 등 90여개 회원사로 구성되어 무선 네트워킹관련 표준화 단체로 발전하게 되었다. 유비쿼터스 시대에서 무선 네트워크 기술범주에 들어가는 HomeRF는 홈 네트워킹을 무선으로 하기 위한 무선기술로서 블루투스보다 빠르고 50~100m 정도의 전파도달 거리를 제공할 수 있다. 2.4GHz 대역을 사용하여 가정 내의 PC를 중심으로 소비자 가전들을 연결하여 홈 네트워킹을 구성하는 기술이며 데이터 및 음성 트래픽 모두 지원이 가능하고 채널 접속은 TDMA와 CSMA/CD의 하이브리드를 사용한다.

핵심기술은 2.4GHz를 구성하는 Mixer, LNA, Up/Down Converter, Oscillator 등이 있으며, 2FSK/4FSK를 이용한 FS(Frequency Hopping) 기술과 TDMA와 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)를 지원하는 기술이 있다.

아. 결론

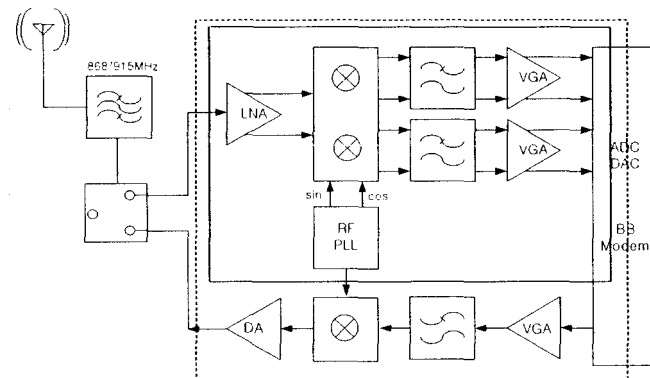
미래의 무선통신은 개인용 무선 데이터서비스의 급성장으로 인하여 가정용/사무용 장치들의 통합망 형태로 진화하게 될 것이며 이에 따라서 WPAN은 제3세대 이후 무선 통신망의 중요한 기술로 등장하게 되었다. WPAN의 표준화 작업은 WLAN 규격을 만드는 IEEE 802 표준화위원회의 802.15 Working Group에서 진행되고 있으며, 현재 Bluetooth Special Interest Group (SIG)의 Bluetooth 기술을 근간으로 표준을 채택하기 위한 작업이 진행되고 있다. 한편, WPAN과 유사한 범주에서 무선 홈 네트워킹을 다루고 있는 HomeRF Working Group의 SWAP(Shared Wireless Access Protocol)이 또 다른 관련 규격으로 자리를 잡고 있다. WPAN은 기존의 WLAN보다 복잡도가 낮으며, 저전력을 사용하며 개인 사무실 또는 책상 등의 POS(Personal Operating Space)에서 무선접속이 가능하도록 하는 일종의 SAN(Spot Area Network)으로 볼 수 있다. WPAN 기술들 중 Bluetooth는 음성 및 저속/중속의 데이터 통신이 가능하고 저가의 다양한 응용분야에 활용될 수 있는 기술이며 UWB 기술은 도달거리가 조금 더 긴 단거리 근거리통신 방식인 WLAN과 함께 미래의 단거리 통신을 이끌어 갈 것으로 예측된다.

3절 원전 환경에서의 무선통신기술 고려사항 분석

무선 통신을 이용한 네트워크 기술에서는 무선 아날로그 회로의 성능에 따라 패킷 손실 확률을 줄일 수 있다. 근래 하드웨어 기술은 무선 통신 회로가 하나의 칩으로 구현되기 때문에 시스템이 구현이 끝난 후에는 성능 향상을 위한 수정이 불가능하다. 이런 이유로 칩 구현 시에 아날로그 회로의 성능을 높이기 위해 고려해야 할 송수신 방식, 특히, LNA, 캐스코드 소스-디제너레이션, 필터, Programmable Gain Amplifier 등의 특성과 성능에 대해 설명 한다.

1. 원전 환경을 고려한 고사양의 무선감지 회로 설계 기술 분석

모든 산업 영역에서 사용가능한 ZigBee 통신 규격은 868MHz/915MHz을 사용하는 BPSK 방식과 2.4GHz를 사용하는 QPSK 방식으로 나뉜다. 두 방식은 각각 데이터 레이트이 20kbps/40kbps와 250kbps으로 응용에 따라 사용자가 선택할 수 있다.



[그림3.1-1] 직접변환 방식의 송수신기 구조

무선 송·수신 방식은 크게 슈퍼헤테로다인(super-heterodyne) 방식과 이 방식의 수신기 구조 자체를 변경한 새로운 구조의 직접변환(direct-conversion) 방식, 그리고 직접변환 방식과 유사한 Low-IF 방식 등이 있다. 본 지에서는 슈퍼헤테로다인 방식의 수신기에서는 불가결한 외부 소자를 없앨 수 있는 방법으로 직접변환 방식에 대해 다룬다. 그림3.1-1에 전체 직접변환 방식의 송·수신 블록도를 나타내었다. 직접변환 구조는 ‘homodyne’ 혹은 ‘Zero-IF’라고도 불리는 구조로써 수신된 RF 신호를 바로 기저 대역으로 하향 변환 처리하기 때문에 IF단이 없는 아주 간단한 topology를 갖고 있어 이미지(image) 문제가 없다. 또한, 수신된 신호를 믹서에서 동일한 주파수의 LO 신호와 혼합함으로써 신호의 중심 주파수가 DC에 위치하도록 하기 때문에 슈퍼헤테로다인구조에서는 칩 외부에 필수적인 IF SAW 필터를 CMOS 능동형 LPF로 대체 가능하다는 점 역시 큰 장점이다[3].

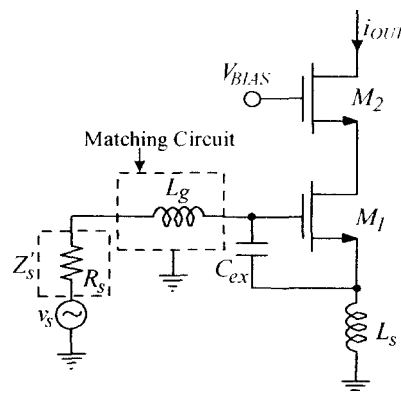
이 방식을 사용하게 되면, Off-Chip에 소모되는 부품수가 크게 줄어들기 때문에 가격, RF 보

드의 크기 및 전력소모 측면에서 상당한 이득이 있다. 그러나 DC 오프셋 문제, IQ-미스매치 등의 구조적인 문제를 갖고 있다. 이러한 문제는 LO path에 보정회로를 삽입하여 DC 오프셋을 제거하는 기술과 기저 대역 모뎀 부에서 보정하는 방법 등이 연구되고 있다[4]. 현재는 주로 페이지(pager) 기기 또는 통신 방식으로는 스프레드 스펙트럼(spread spectrum) 통신 기기에 사용되고 있다.

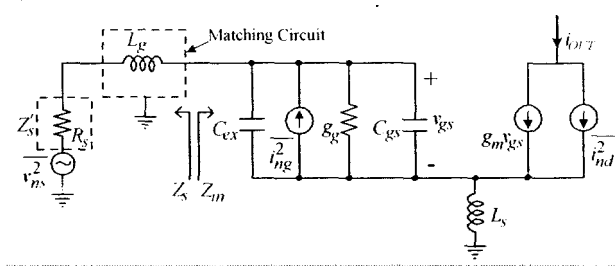
RF 수신기 중 LNA의 인터페이스를 알아보면, 안테나로부터 입력된 무선 신호는 BPF와 RX/TX 선택 스위치를 통과하면서 LNA로 입력된다. 아래 식에서와 같이 전체시스템의 잡음특성은 첫 단에 위치하고 있는 LNA에 의해 크게 좌우되기에 잡음특성을 고려한 설계가 요구되며, 첫 단의 이득으로 두 번째 단 이후에서 제공되는 잡음을 나누어 제거시키기 때문에 필요하다.

$$NF = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{A_1} + \dots + \frac{NF_n - 1}{A_1 \cdot A_2 \dots A_n} \quad (A : \text{각 단의 Gain})$$

협대역(narrow-band) 구조에 많이 사용되는 전력소모를 제한하면서도 잡음특성과 입력매칭을 동시에 얻을 수 있는 캐스코드 소스-디제너레이션(source-degeneration) 구조(그림3.1-2)를 사용하면 NF가 1이하로 될 수 있으며, 50옴 입력매칭을 위한 off-chip 소자의 개수를 인덕터(Lg) 1개로 줄여 경쟁력을 강화 시킬 수 있다. 이 구조를 사용하면 Ls를 이용하여 전력소모를 줄이면서도 Lg와 Cex를 이용하여 입력매칭과 잡음특성을 동시에 해결 할 수 있는 장점이 있다(그림4). 즉, Cex로 인하여 M1 또는 Lg의 크기를 증가시키지 않아도 원하는 Cgs를 확보할 수 있어 디제너레이션 효과를 얻을 수 있다.

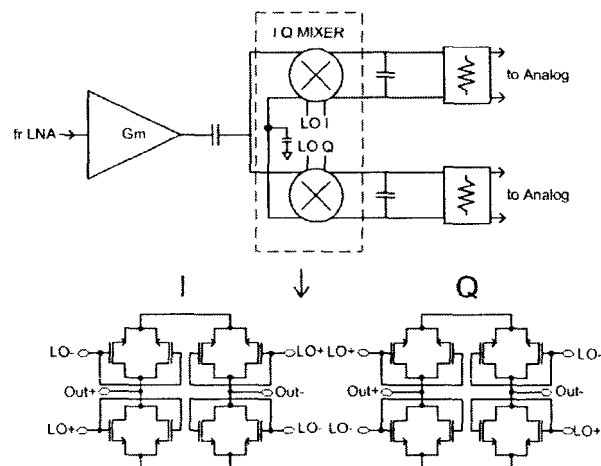


[그림 3.1-2]. LNA



[그림 3.1-3] LNA의 신호해석

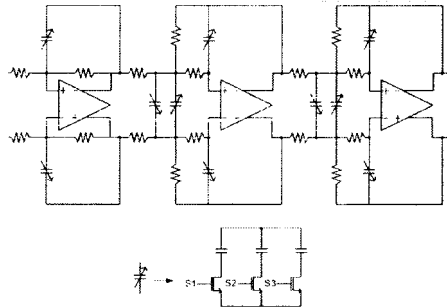
LNA단을 통과하면서 잡음성분이 제거된 신호가 믹서에 인가된다. 이 증폭된 신호와 LO로부터 채널선택을 위해 인가된 신호가 믹싱 된 후 하향변환 된다. 수신단에서는 채택한 믹서는 수동형 구조이다. 따라서 전압이득은 '0'이 되는데 이득을 향상시키기 위하여 LNA 다음에 Gm단을 설계하여 입력전압과 출력전류비로 트랜스컨덕턴스를 계산하여 전체 이득을 조정한다.. 이와 같은 프로세싱을 처리하기 위한 믹서의 중요 설계 인자는 선형성, 변환이득, 잡음지수, isolation, 전력소모 등이 있으며 각 설계 인자들은 trade-off 관계에 있다[5]. 그림 3.1-4에서 보이는 것과 같이 double-balanced 수동형(passive) 믹서를 사용하는 경우는 이득이 없으며, 믹서의 DC 전력소모가 없다. Quadrature I/Q 신호의 격리를 높이기 위하여 길버트셀(Gilbert Cell) 구조를 사용이 가능하다. 수동형 믹서에서 출력은 전류값이 된다. 이를 다음 단인 LPF의 입력 전압으로 사용하기 위하여 TIA(Trans Impedance Amplifier) 버퍼를 사용하게 된다. 트랜스컨덕턴스를 계산하면 $10\log x = -33.97dB$ 와 같고, $x = 2494(I/V)$ 의 트랜스컨덕턴스를 얻을 수 있다. 입력임피던스는 50Ω 이고, 출력임피던스는 $5k\Omega$ 으로 입출력 부하 조건이 다른 경우에는 전류이득으로 전력이득을 환산한다. 하향 믹서의 선형성은 IIP2, IIP3, P1dB 등으로 확인될 수 있다.



[그림 3.1-4] 설계된 MIX

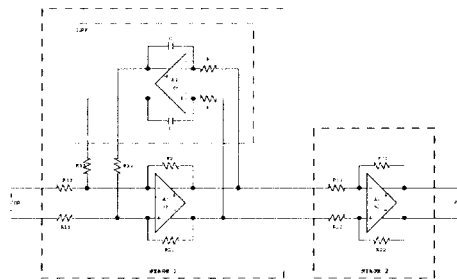
LPF는 하향 변환된 신호에서 고조파 성분을 제거하기 위하여 5차 Butterworth 구조(그림 3.1-5)를 이용한 능동형 RC 필터를 사용한다. 여러 저역통과필터 구조가 있지만 gm-C 필터는

선형성에 제한을 받고 있으며, SCF(switched capacitor filter)는 고성능이지만 전력소모가 많아 적합하지 않다. 능동형 RC 필터는 병렬 연결된 커패시터 어레이(array)를 조절하여 5MHz~10MHz의 가변적인 cut-off 주파수를 조절할 수 있어 선형성을 만족시키며, 소비전류는 1mA 정도로 전력소모 면에서도 수신기 성능에 적합하다.



[그림 3.1-5] 설계된 LPF

PGA(Programmable Gain Amplifier)는 무선통신 시스템의 다이내믹 범위(dynamic range)를 넓히기 위하여 필수적으로 사용된다. LPF를 통하여 고주파 성분이 제거된 신호는 ADC에 적절한 전압 입력레벨에 맞추기 위하여 -40dB~40dB의 선형적인 이득을 갖는 아날로그 PGA를 통과한다. 선형적인 이득은 Pseudo-Exponential 방식(그림 3.1-6)으로 얻을 수 있다[6].



[그림 3.1-6] 설계된 PGA 블록도

안테나로부터 입력된 신호가 LNA, MIX, LPF 그리고 PGA를 통과하면서 디지털 신호로 변환되기 위하여 ADC에 인가된다. 그림3.1-1에서처럼 I/Q단에 차동 ADC가 각각 위치하고 있다. BPSK에서는 I신호 또는 Q신호만 사용해도 되지만, QPSK에서와 같이 I/Q 신호를 모두 사용할 수 있도록 하는데, 이는 기저대역 모델부에 위치한 위상 오프셋 및 주파수 오프셋 보정회로에 I/Q 신호가 필요하기 때문이다.

RF 단은 차동 상향믹서 뒤에 구동 증폭기가 위치하는 구조이다. 상향믹서와 구동 증폭기에 서 각각 전력이득을 조절할 수 있게 하였다. 저전력 통신에 적합한 어플리케이션일 경우 RF단 최종 출력은 0 dBm이 되어야 하고 output P-1dB(1dB compression point)는 2 dBm보다 커야 한다.

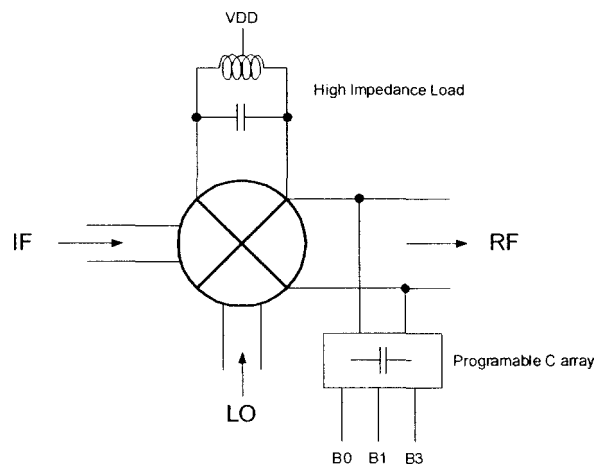
갈버트 셀 믹서는 일반적으로 믹서나 곱셈 기에서 이용 된다. 이 구조의 특징은 노이즈 특

성, 선형성, 각 포트간 격리(isolation)가 좋고 주파수 응답이 높고 전류 재사용(current reuse)이 가능하다는 것이다. 믹서 전체의 변환 이득은(식1)과 같이 나타낼 수 있다.

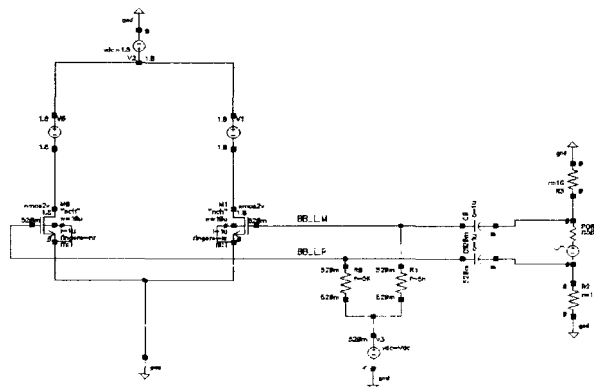
$$G = g_m \cdot 2\pi \cdot Z_{out} \quad (1)$$

Z_{out} 은 부하 임피던스를 나타낸다. 출력 저항을 높이기 위한 방법으로 LC tank를 믹서의 부하로 구현된다(그림 3.1-7). 조절 가능한 커패시터 배열(programable capacitor array)을 디지털적으로 조절 할 수 있게 하여 제작 시 나타날 수 있는 변수로 인해 부하 임피던스가 변화하는 것을 보상 시킬 수 있다.

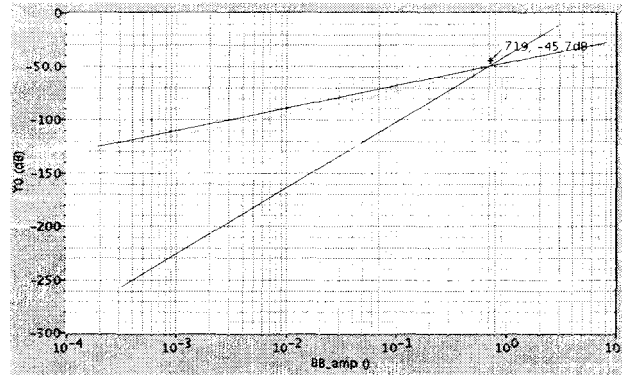
이 믹서의 코어는 트랜스 컨덕턴스단, 스위칭단, 그리고 부하단으로 나눌 수 있다. 스위칭단이 스위치로 이용 된다면 전체 믹서의 선형성은 트랜스 컨덕턴스단에 의해 결정된다. 믹서의 비선형 성분들은 MOS 트랜지스터의 square-law특성에 기반 한다. 이런 트랜스컨덕턴스단의 비선형 성분 때문에 입력레벨 범위가 제한된다.



[그림 3.1-7] 상향 믹서의 구조



[그림 3.1-8] 트랜스컨덕턴스단의 선형성 회로도

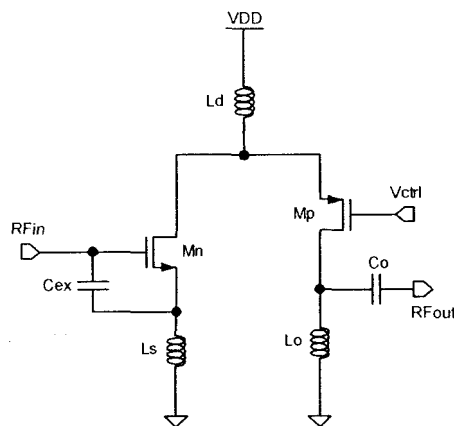


[그림 3.1-9]. 트랜스 컨덕턴스단의 IP3

높은 전력을 전송하기 위해, 구동앰프는 높은 이득과 선형성을 가져야 한다. 구동 앰프는 folded-cascode 구조를 이용하면 voltage headroom이 크다. 그래서 선형성이 더 향상 될 수 있다. 또한 PMOS(Mp)의 DC 전류를 Vctrl로 변화시키면 이득이 조절이 가능하다. 주어진 드레인 전류에 대해 최대 전력 효율을 내기 위한 동작모드에서 드레인 전류(I_D)의 식을 식(2)에 나타내었다.

$$I_D = i_{d,peak} = \frac{f_i \sqrt{2P_{in}}}{f_0 \sqrt{R_s}} \quad (2)$$

저전력으로 동작하는 전송단을 위해서는 식(2)에서 ID current를 줄이는 것이 중요하다.

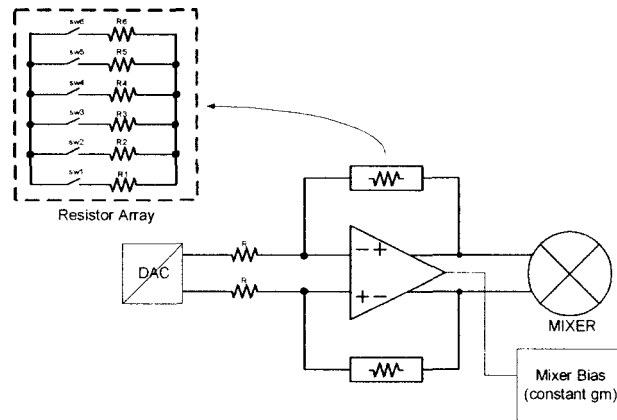


[그림 3.1-10] Driver Amp

P_m 은 동작 조건에서 상수이고 R_s 는 일반적으로 구동 앰프의 앞 단에 의해서 결정 된다. 그래서 f_i 를 줄이는 것이 저전력으로 동작하는데 중요한 부분이 된다. PMOS는 NMOS에 비해 f_i 가 훨씬 낮기 때문에 구동증폭기의 입력 단에 사용 된다. 그리고 저 전력 동작의 다른 방법

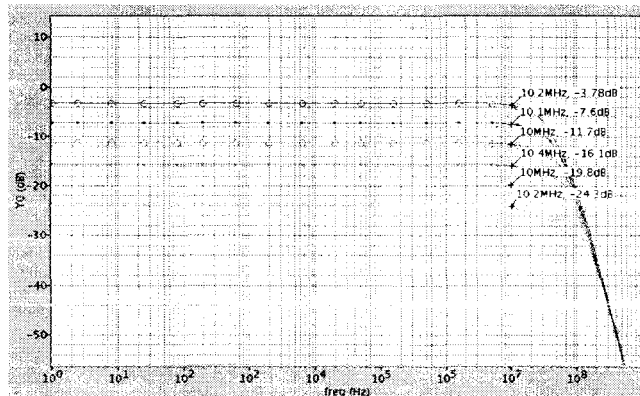
으로 외부 커패시터 C_{ex} 를 추가하는 것이다. 이 방법으로 f_{max} 를 줄이는 결과를 가져올 수 있다. 이러한 방법을 이용하여 ID전류를 줄일 수 있다. L_o , C_o 는 출력 매칭(output matching)용이며, L_d 는 RF choke, L_s 는 source degeneration inductor이다.

TX용 PGA (programable gain amplifier)는 Digital Analog Converter (DAC)와 상향 믹서(up-mixer) 사이에 위치한다. 그림 3.1-11은 PGA의 회로도를 나타낸 것이다. 이 PGA는 전송 단 전체에서 가장 큰 이득 조절 범위를 가지며 그에 따라 시스템전체의 동작 범위(dynamic range)를 조절 할 수 있다.



[그림 3.1-11] TX PGA의 전체 회로도

다음 단인 상향 믹서와 구동증폭기가 선형 이득을 갖는 범위에서 동작하기 위한 입력 레벨을 결정해 주는 것이 PGA의 역할이다. PGA는 10MHz의 주파수 응답 특성을 가지며 여섯 개의 디지털컨트롤 이득단을 가지고 있다. 이득변화에 따른 각 저항 값을 [표 3.1-1]에 나타내었다. 그림 3.1-12는 각 저항 값에 변화에 따라PGA의 AC 응답의 변화를 나타낸 것이다. 각 단계마다 4dB의 이득 변화가 생기게 저항 값을 결정해야 하고 그 범위는 -4dB에서 -24dB이다. DAC와 믹서 사이에 AC coupling을 하기 위해 PGA의 출력 동상모드 전압은 믹서의 바이어스 전압이 인가된다. 이런 경우 믹서의 바이어스 회로는 PGA의 동상모드 출력전압을 인가해서 믹서와 PGA간 DC-오프셋을 해결 할 수 있다.



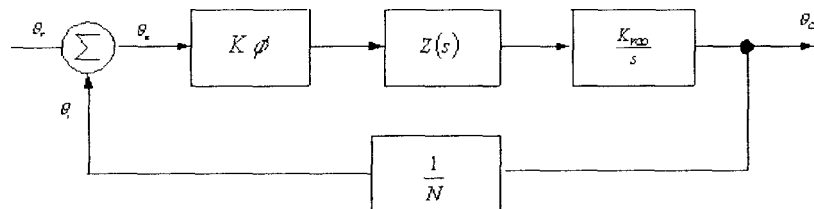
[그림 3.1-12] PGA 의 저항 조절에 따른 AC응답곡선

표 3.1-1. PGA Gain and Resister Value

Gain setting	Gain(dB)	Resister Value
G1	-3.7dB	15k
G2	-4.6dB	13k
G3	-11.7dB	10k
G4	-16.1dB	7k
G5	-19.1dB	4k
G6	-24.3dB	1k

VCO는 입력전압에 따라 특정한 주파수를 내보내는 PLL의 중요한 한 부분이다. 외부에서 인가되는 전압에 따라 그에 해당되는 주파수를 출력한다. 그런데 온도나 변전자파환경 등 주변영향에 민감하기에 PLL같은 복잡한 구조와 함께 사용되어진다[7]~[8]

Main Divider 또는 counter는 VCO의 출력주파수를 가져와서 비교시켜야 하는데, 주파수가 너무 높아서 비교하기 어려우므로 적절한 비율로 나누어 비교하기 적절한 주파수로 만들어준다. Divider는 디지털 카운터 같은 구조로 되어 있으며, 이 분주비를 복잡하게 비틀어서 PLL 구조의 출력주파수 가변을 할 수 있게 하는 역할도 한다. TCXO (Temperature Compensated X tal Oscillator)는 온도변화에 대해 흔들림 없이 안정적인 주파수를 뽑아낼 수 있는 크리스털 오실레이터이다. P/D (Phase Detector, PFD : Phase Frequency Detector)는 TCXO의 기준주파수와 divider를 통해 나뉘어져 들어온 출력주파수를 비교하여 그 차이에 해당하는 펄스열을 내보낸다. Loop Filter 즉, 저역통과여파기 (LPF)구조로 구성된 이 필터는 loop 동작 중에 발생하는 각종 하모닉 성분을 filtering해주고, capacitor를 이용하여 축적된 전하량 변화를 통해 VCO 조절단자의 전압을 가변 하는 역할을 한다.



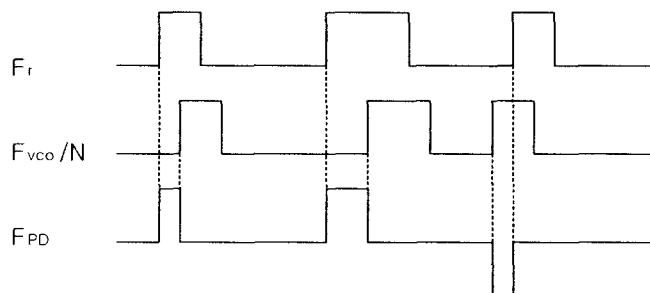
[그림 3.1-13] PLL Block의 전달함수

Forward loop gain, Reverse loop gain, Open loop gain, Closed loop gain을 얻기 위해 식을 유도해 보면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
\text{Forword loop gain} &= G(s) = \frac{\theta_o}{\theta_e} \\
&= \frac{K\phi Z(s)K_{VCO}}{s} \\
\text{Reverse loop gain} &= H(s) = \frac{\theta_i}{\theta_o} = \frac{1}{N} \\
\text{Open loop gain} &= H(s)G(s) = \frac{\theta_i}{\theta_e} \\
&= \frac{K\phi Z(s)K_{VCO}}{Ns} \\
\text{Closed loop gain} &= \frac{\theta_o}{\theta_i} = \frac{G(s)}{[1 + H(s)G(s)]}
\end{aligned} \tag{5}$$

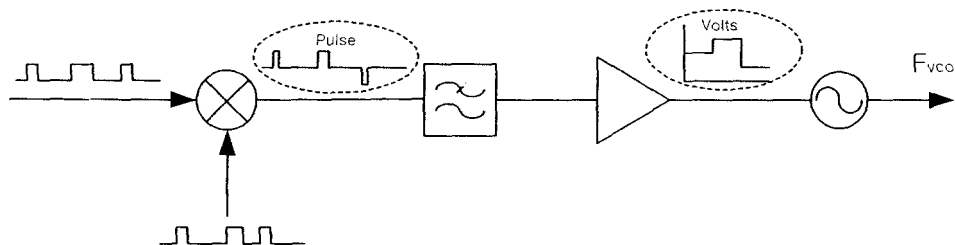
실제로 PLL IC를 이용하는 경우 외부에서 튜닝 가능한 유일한 소자이다. PLL은 VCO와 함께, RF 신호를 IF 신호로 하향변환 (down-conversion)시 필요한 LO (Local Oscillator) 신호를 발생하고 안정화시키는 역할을 한다. 주기적 신호의 위상을 원하는 대로 흔들리지 않는 정확한 고정점으로 잡아주며, 주파수원을 정확하게 가변하기 위해 만들어진 회로가 바로 PLL이다. 입력전압에 따라 출력주파수가 일정치 않게 되어버리는 주파수 흔들림 문제를 해결하려면, 원하는 출력주파수가 나오도록 전압을 가변함으로써 가능하다. 즉, PLL이 하는 역할은 귀환루프를 통해서 원하는 출력주파수가 나오는 전압 값을 계속 찾아서 VCO에 입력전압을 조정하는 것이다.

그림 3.1-14에 Phase Detector의 입력신호의 위상 차이에 따른 출력 파형을 나타내었다. PLL의 한 구성 블록인 Phase Detector (P/D)는 비교기의 역할을 수행하며, 두 개의 주파수신호 입력을 받아서 두 신호가 얼마나 주파수의 위상차가 있는지를 알아내는 기능을 한다. 두 개의 주파수 입력신호가 완전히 동일한 주파수만 들어오고 있다면 P/D는 필요 없겠지만 어느 한 쪽 신호가 주파수가 변한다면 다시 말해서 위상이 변한다면, P/D는 그 차이에 해당하는 특정한 클록을 생성해낸다.



[그림 3.1-14] Phase Detector 입출력 신호

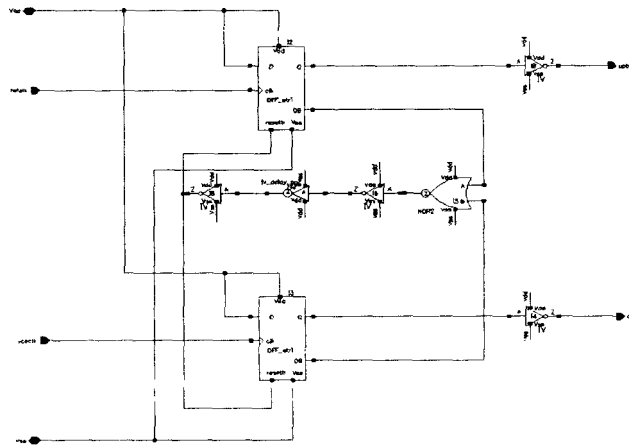
그림 3.1-15에는 P/D 출력펄스가 나오는 과정을 나타내었다. P/D의 출력은 두 입력신호 위상 차이에 의존한 펄스가 출력된다. 펄스의 크기는 일정하지만, 두 신호의 차이에 따라 펄스의 폭이 달라지고, 여긋나는 순서에 따라 부호가 바뀌게 된다. 이 원리를 잘 이용하면 원래 나와야 할 신호 파형과 현재 출력되고 있는 신호 파형의 차이가 정량적으로 계산되어진다. 하지만 VCO의 control voltage 입력은 특정 레벨의 전압 값을 받게 되어 있기 때문에 P/D 펄스출력과 VCO 전압입력은 1:1로 매치시킬 수가 없다. P/D 펄스출력은 전압은 일정하고, 펄스 폭이나 부호에 의해 어떤 의미를 전달하고 있기 때문이다. 그리고 그 차이에 의한 펄스 폭과 부호를 어떤 특정한 전압레벨로 변환해야 한다. 일단 개념적으로 생각하면 펄스의 폭만큼 적분하면 주파수차이만큼의 양이 비례적으로 전압 값 변화로 나타내어진다. 이와 같은 중간 변환 회로가 있음으로써, 두 주파수차이에 해당하는 P/D 출력펄스 신호가 VCO 조절단자 입력을 제어할 수 있는 아날로그 전압 값으로 변환되게 된다. 이것으로서 주파수 흔들림을 보정할 수 있는 회로가 만들어진다.



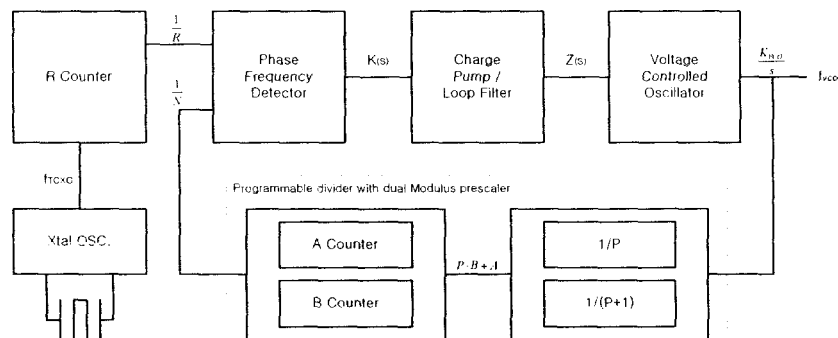
[그림 3.1-15] P/D 출력 펄스에 따른 VCO 입력전압 변화

저주파에서는 크리스탈 (X-tal)과 같은 대단히 우수한 진동자가 있어서, 어떤 상황에서도 정확한 주파수를 출력한다. 하지만 이러한 크리스탈 구조로는 그다지 높은 주파수까지 만들어내지 못한다는데 문제가 있다. 그래서 능동소자와 feedback, negative resistance 등의 개념을 도입하여 수백MHz에서 수십GHz까지의 RF에서 사용하는 Oscillator를 만들어 사용하게 된다. 하지만 이렇게 능동소자에 의존하는 발진기는 미세한 영향에도 출력 주파수 변화가 발생하기 때문에, 이렇게 어떻게든 주파수를 안정적으로 고정시키려 해야 한다. P/D 입장에서는 두 주파수의 차이만 비교하는 게 목적이고, 굳이 높은 주파수에서 비교할 필요가 없다. 따라서 출력 feedback 신호의 주파수를 정확하게 일정비율의 주파수로 낮추어서 공급함으로써 P/D에서도 원래 주파수보다 같은 비율로 낮은 주파수를 기준 주파수로 하여 비교할 수 있다. 즉, 분주기 회로를 이용하여 정확하게 특정 배율만큼 주파수를 낮추면 굳이 높은 기준주파수를 쓸 필요가 없게 되며, 그때는 크리스탈 류와 같이 아주 정교하게 안정된 기준주파수원을 사용할 수 있게

그림 3.1-16에 설계된 PFD의 도면을 나타내었다. 3상 PFD의 구조는 두개의 DFF와 OR게이트 등으로 구성되어 있다. 이 구조는 Edge-Trigger Sequential Circuit으로써, 두개의 DFF의 클럭으로 들어오는 기준 신호와 VCO 출력 신호의 Positive Transition에 따라 동작하기 때문에 PFD의 출력이 입력의 Duty-Ratio에 대하여 독립적이다.



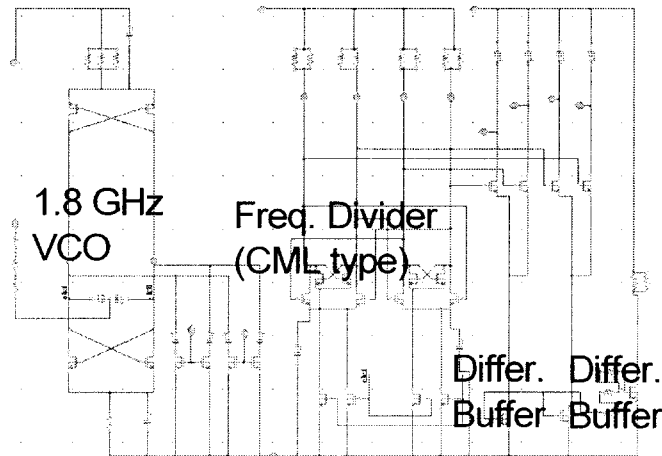
원하는 채널 선택을 위하여 Integer-N 타입의 아나로그 PLL(Phase Locked Loop) 주파수합성기 사용하여야 하며, 이 경우 PLL의 Locking-Time은 130 μ sec 이하 정도의 성능을 갖을 것이다. PFD(Phase Frequency Detector)는 두 입력 신호의 위상 차이를 검출한다. 본 설계에서는 리셋 기능이 포함된 DFF을 사용하여 위상과 주파수를 모두 판별할 수 있으며, 지연셀(delay cell)을 추가하여 glitch에 의한 데드존(dead-zone) 방지가 가능하다.



PFD로부터 검출된 위상차이는 CP(Charge Pump)에 입력되어 칩 외부의 LF(Loop Filter)에 공급되며, 0uA~120uA 전하가 충·방전 되면서 원하는 전압레벨로 변환된 후 VCO의 조절전압으로 사용된다. LF는 2차 구조이다. CP에 의해 순간적으로 변하는 전류(glitch 등)를 억제하기 위한 C1과 스푸리어스 성분을 제거하기 위한 간단한 구조의 R1, C2로 구성된 LPF가 VCO

조절전압 노드와 GND 사이에 병렬 연결되었다. LF의 전달함수는

와 같다. Prescaler는 채널 간격을 기준 주파수와 같이 쓸 수 있는 Swallow 방식으로 이고, P또는 P+1로 동작하는 듀얼 모드 구조이다. 그림 3.1-17에서와 같이 A카운터는 프로그램이 가능한 카운터이며 S카운터는 Swallow 카운터이다. 주파수 분주비는 A와 S이다.



[그림 3.1-18] VCO

기준주파수를 분주하는 분주비는 N이다. 제어 신호에 의해 S카운터가 '0'이 되면 제어 신호에 의해 P분주가 이루어진다. 그러면 입력신호 f의 간격으로 출력주파수가 변하기 때문에 원하는 채널 간격을 얻을 수 있다. 출력주파수의 수식은

$$f_{out} = f \times [(A - S) \times P + S \times (P + 1)]$$

$$f_{out} = f \times (P \times A + S)$$

와 같다. (Δf , 채널간격)

$$\Delta f = f$$

고속으로 동작하는 Prescaler를 위해 고속 master n-래치와 static slave latch를 이용하였다 [9]. 그림 3.1-18에 Quadrature VCO를 나타내었다. 이는 차동 구조로 되어있으며 3개의 커패시터를 병렬 연결하여 공진 주파수 범위(850MHz~1150MHz)를 조절할 수 있다. 이로써 기생 R, C를 추출한 값에 오차가 발생하더라도 실제 동작에서는 원하는 공진 주파수를 출력할 수 있게 된다. 또한 VCO 코어로부터 1.8GHz의 공진 출력주파수를 얻어 이를 2분주하여 사용함으로써 위상잡음특성이 우수한 구조이다. 즉, -113dBc/Hz(@1MHz 오프셋)의 위상잡음을 나타내며 간단한 Cap. 어레이의 조정으로 2.4GHz 대역의 시스템에도 적용 가능하다.

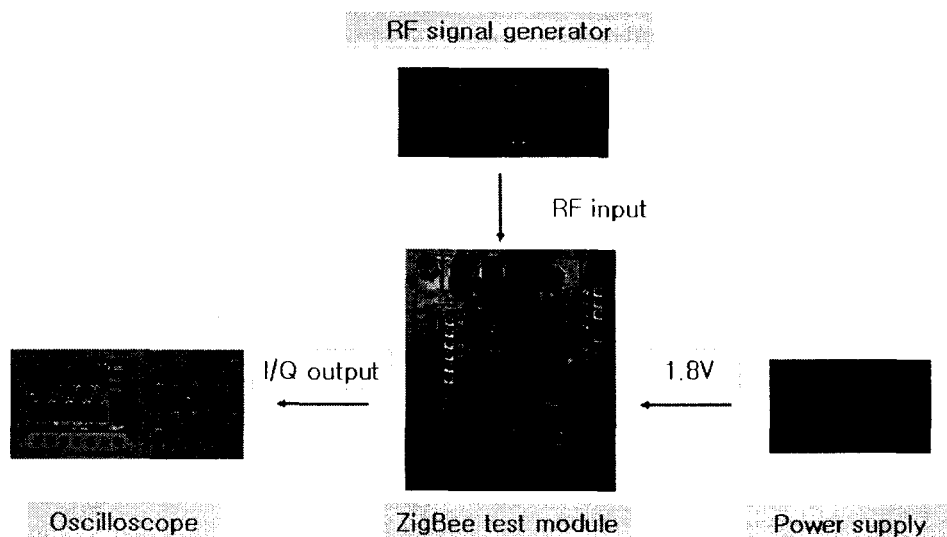
RF 송신기 및 수신기 성능검증 방법

무선 통신 송수신기 전체를 동시에 검증하기 위한 TEST BENCH는 아래 그림과 같다. 이를

기본으로 송신기와 수신기의 성능 검증을 진행할 수 있다. 사용된 기기는 신호발생기(Signal Generator), 오실로스코프(Oscilloscope), 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer), SMPS전원, 네트워크 분석기(Network Analyzer)등이다.



[그림 3.1-19] 송수신기 통합 TEST BENCH

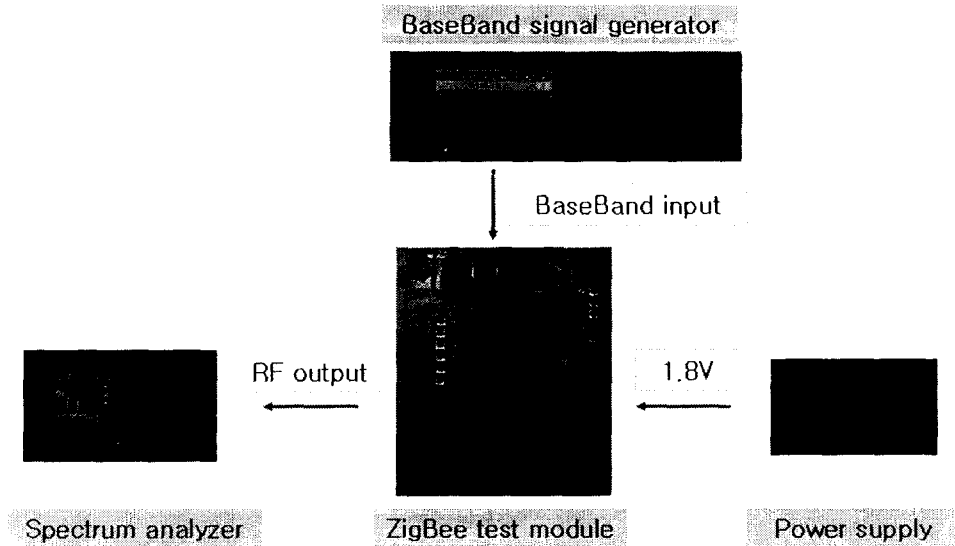


[그림 3.1-20] 수신기 측정을 위한 TEST BENCH

수신기의 RF입력을 901MHz 주파수와 -30dBm의 파워를 넣고 출력 spectrum과 waveform을 관찰하기 위한 TEST BENCH는 위의 그림과 같다.

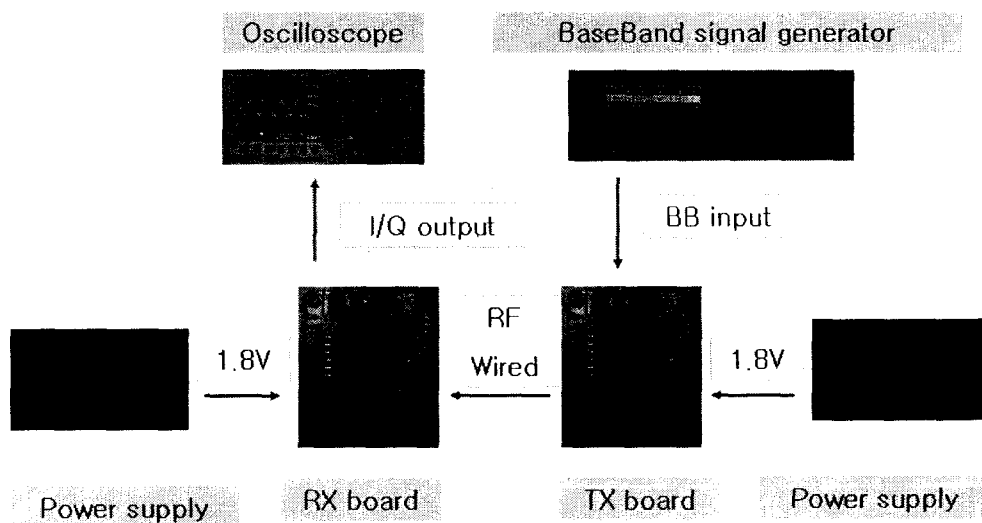
그림 3.1-19는 송신기 검증을 위한 TEST BENCH 이다. 수신기 검증 보드에 5MHz 주파수

와 623mV의 입력 을 넣고 출력spectrum을 관찰하게 된다.



[그림 3.1-21] 송신기 측정을 위한 TEST BENCH

다음은 송신기와 수신기를 동시에 성능 검증할 수 있는 양방향 TEST BENCH를 그림 3.1 22에 나타내었다. 하나의 보드는 송신기로 또 하나의 보드는 수신기로 이용하였고, Baseband신호를 송신기로 인가하여 이를 LO의 신호를 이용하여 상향변환 한 뒤, RF 신호를 안테나를 통하여 무선으로 방사하게 되며, 이를 수신부 안테나로 받아들이게 된다. 이는 수신 부 앞단의 LNA로 인가되어 하향변환 과정이 일어나게 된다.



[그림 3.1-22] 송신기와 수신기의 동시 성능 검증을 위한 TEST BENCH

[표 3.1-2] ISM 밴드 RF solution 특성 비교

model	ML2751	CC1020
company	Micro Linear	ChipCon
url	www.microlinear.com	www.chipcon.com
spreading	DSSS	freq. hopping
modulation	GFSK	OOK, ASK, FSK, GSKF
architecture	low-IF	low-IF
data-rate	1.5Mbps	153.6 kBaud
PN spreading factor		
freq. band	902 to 928 MHz (ten channel)	804 to 940 MHz
receiver sensitivity	-95dBm	-96dBm
transmitter sensivity	0 dBm	-29 to 10.5dBm
range	1000 feet	2000m
data integrity		
Tx current consumption		21.9mA
Rx current cosumption		17.9mA
sleep mode current consumption		0.2uA
supply voltage	2.7V to 3.8V	2.3V to 3.6V
temperature range	-10 to +65℃	
parallel interface		
serial interface		
process		0.35um CMOS
packaging	32-pin TQFP 7mm Body	QFN 32 package
applications	-portable computer -remote sensing -TDD TDMA radio -900MHz DSSS cordless phones	-narrow band application -wireless alarm and security -home automation -low-power telemetry -remote keyless entry -tire pressure monitoring
note		

[표 3.1-2] 계속

model	ZMD44101	Abidi	Integrant
company	ZMD	Abidi lab.	Integrant Tech.
url	www.zmd.biz		www.integrant.biz
spreading	DSSS	freq. hopped CDMA	
modulation		FSK	
architecture		zero-IF	zero-IF
data-rate	20 kbps (EU)		
	40 kbps (US)		
PN spreading factor			
freq. band	868.3 (EU)	902 to 928 MHz	1575.42MHz
	902 to 928 MHz (US)		
receiver sensitivity	-96dBm	-8.3dBm	-30dBm
transmitter sensitivity	-29 to 10.5dBm	-17 to +13dBm	
range	100m		
data integrity			
Tx current consumption	20mA	100mA	
Rx current consumption	19mA	120mA	60mW @ 3V
sleep mode current consumption	4uA		
supply voltage	2.4V	3V	3V
temperature range	-40 to +85℃		
parallel interface	available		
serial interface	SPI		
process		1um CMOS	SiGe BiCMOS CMOS
packaging	48-lead MLF package		4mm X 4mm 12pin MLF 7mm X 7mm 48pin TQFP
applications	-energy management -remote merering and control -home and building control -industrial networks -remote keyless entry(two-way) -health monitor networking		GPS receiver PDA RF front-end IC for mobile phone
note	compatible with 802.15.4		receiver only (LNA, Mixer, PLL, VCO, AGC)

[표 3.1-2] 계속

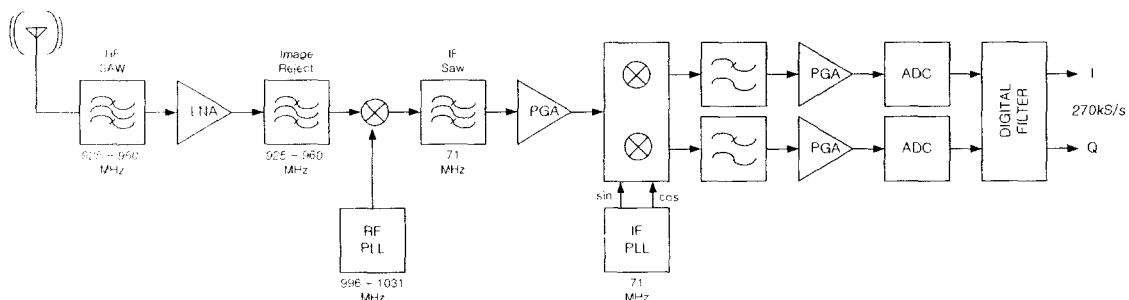
model	AT86RF210	ASTRX1	그 밖의 개발사
company	ATMEL	AMI semiconductor	1. Qualcomm --> RFT3100; cellular band(824 to 925MHz) & PCS band(1750 to 1910MHz) -->receiver/transmitter/BB processor가 나뉘어 칩으로 개발된 후 module화 2. Motorola (在 美) --> IEEE 802.15.4와 ZigBee standard를 만족하는 데모 칩 세트를 개발 --> 2.4 GHz ISM band available worldwide 3. Analog chips (美) --> RF/IF two-chip solution
url	www.atmel.com	www.ami.com	
spreading	DSSS	DSSS	
modulation	BPSK	BPSK	
architecture	zero-IF	zero-IF	
data-rate	20 kbps (EU)	20 kbps (EU)	
	40 kbps (US)	40 kbps (US)	
PN spreading factor		15 bits	
freq. band	868/902 to 928 MHz	868 to 870 MHz (one channel)	
		902 to 928 MHz (ten channel)	
receiver sensitivity		-92 dBm	
transmitter sensitivity		0 dBm	
range		100m	
data integrity		16 bit CRC	
Tx current consumption	4mW(6dBm)@1.8VDD	< 14mA @ 3V	
Rx current consumption	14.5mA	< 25mA @ 3V	
sleep mode current consumption	1uA	<10uA	
supply voltage	1.8 to 3.6V	3V $\pm$ 0.3V	
temperature range	-65 to +150℃	-40 to +85℃	
parallel interface	available	8-bit multiplexed data/address	
serial interface	SPI	asynchronous rs-232 at programmable rates	
process		CMOS	
packaging	48 QFN package	MicroLead frame 64 lead (9mmX9mm)	
applications	-wireless pc peripheral such as mouse, keyboard, and joystick		
note	compatible with 802.15.4	compatible with 802.15.4	

RF 송수신 방식 분석

그림 2에 Direct Conversion 방식의 송·수신 기본 블록도를 비롯하여 RF 송수신 방식은 크게 Super heterodyne 방식, 그리고 Low-IF 방식 등이 있다. Super-heterodyne 방식의 수신기에서는 불가결한 외부 소자를 없앨 수 있는 방법으로 direct-conversion 방식을 도입하게 되면, 기존의 방식보다 부품수가 크게 줄어들기 때문에 가격, RF 보드의 크기 및 전력소모 측면에서 상당한 이득이 있다. 따라서 direct-conversion 방식의 가장 큰 문제점인 dc-offset 현상과 I-Q mismatch, 2차 왜곡 등을 줄이는 연구에 초점을 맞출수 있게 된다. 그림 2에 보인 direct conversion 구조는 homodyne 혹은 zero-IF라고도 불리는 구조로서 수신된 RF 신호를 바로 B/B로 down-conversion 시켜서 처리하는 구조이다. 따라서 이 구조는 아주 간단한 topology를 갖추며, 수신된 신호를 mixer에서 동일한 주파수의 LO 신호와 mixing 함으로써 신호의 중심주파수가 DC에 위치하도록 한 뒤 LPF로써 channel selection을 수행하게 되며, 주로 pager나 spread spectrum communication에 사용된다.

이 구조의 장점은 a) IF가 없으므로 image 문제가 없다. b) Channel selection을 B/B에서 수행함으로써 LPF를 사용할 수 있다. 즉, IF SAW filter가 필요 없다. 단점으로는 a) DC offset 문제와 b) even-order distortion 문제 c) IQ mismatch 문제 d) LO radiation 문제 e) Flicker noise 문제 등이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 이 구조를 사용하는 이유는 표4에 나타낸 바와 같이 고집적화가 가능하고, 이미지 문제를 해결할 수 있다는 것이다.

기존에 많이 사용된 Super-heterodyne 방식(그림 3.1-23)은 기본적으로 채널 선택을 높은 RF 대역에서 하지 않고, mixer로 down-conversion 시킨 후 낮은 주파수 대역에서 채널 선택을 한다.



[그림 3.1-23] Super-heterodyne 방식의 구조

이 구조는 narrow band operation에 적합하며 다음과 같은 장점을 갖는다.

- a) 저렴한 가격의 RF/IF analog 소자들을 쉽게 구할 수 있다.
- b) 적절한 수준의 파워를 소모한다.
- c) 이미 증명된 구조이다.

- d) 기존의 design tool과 model 들을 사용하여 설계할 수 있다.
- e) narrow band에 matching 되게 설계되었으므로, sensitivity, selectivity의 성능이 뛰어나다. 반면에 이 구조의 단점은
- f) 대부분의 analog 소자들은 고정된 주파수에서 동작하며, tuning이 불가능하다. (SAW filter, LC-tank, narrow band matched components)
- g) SAW filter, external(High Q) LC-tank 들은 intergration이 불가능하다.
- h) 외장 filter들은 impedance에 민감하므로, LNA, Mixer 등의 front-end 소자들이 50ohm을 구동하여야 한다. 이것은 추가적인 전력소모로 이어진다.

[표 3.1-3] Super-heterodyne과 Direct-conversion 방식의 비교

architecture	merits	demerits	spurious	conclusion
Super-Heterodyne	- long history of experience - best choice in selectivity and sensitivity - much less stringent requirement for amplifiers./filters	- need external duplex /RF IR /IF filters - worst in integration, bigger size, large power consumption		still most popular
Direct-conversion	- higher degree of integration - image problem is alleviated	- hard to optimize selectivity / sensitivity - stringent requirement on RF amplifier linearity and gain/linearity/selectivity of LPF	- DC-offset - LO-emission - I/Q mismatch - high linearity requirement - high dynamic range ADC - 1/f noise etc.	maybe O.K. for wideband system

2. 신뢰성 있는 무선 네트워크 데이터 전송 기술 분석

무선 통신 네트워크에서는 하나의 전송 매체를 이용하여 다수의 노드들이 데이터를 전송하기 때문에, 각 노드에서 목적지까지 데이터 전송에 많은 데이터 손실이 발생할 가능성이 크다. 2.4 GHz의 ISM 밴드에서의 무선 충돌을 피하기 위한 방법들에 대한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 현재 표준화 되어 구현된 기술 중, 계층 및 제어에 많이 사용될 수 있는 기술은 IEEE 802.15.4 기술로 판단되고 있다.

IEEE 802.15.4 기술은 통신 칩에서 하드웨어와 미디어 제어를 대부분 담당하고 있기 때문에, 기존의 통신 기술에 비해 사용하기 쉬운 장점이 있으며 하드웨어 구현 비용도 많이 낮출 수 있는 장점이 있다. 특히 IEEE 802.15.4 기술은 ZigBee, TinyOS 등의 근거리 무선 네트워크 기술들이 채용하고 있는 기술로 산업화가 진행되었으며, 다수의 업체가 상용 서비스 시스템을 판매하고 있다. 이러한 이유로 원전환경에서도 향후 사용가능성이 높은 무선 통신 기술 중의 하나이다. 특히 IEEE 802.15.4 기술은 플랫폼에 탑재된 중앙처리장치와 센서를 통합하여 무선 센서 시스템으로 사용되고 있다.

무선으로 구축된 원전 모니터링 시스템은 모니터링 동작 시에 신뢰성있는 데이터 전송으로, 현재 원전의 상태를 정확히 표현할 수 있어야 한다. 특히 IEEE 802.15.4 기술은 데이터 전송에서 손실이 발생할 가능성이 높기 때문에, 손실을 제거할 수 있는 전송기술의 개발이 필요하다. 손실방지 기술이 적용된 IEEE 802.15.4 기술은 하드웨어 가격의 장점과 신뢰성 보장에 따라 원전에 사용 가능한 기술을 제공할 수 있다.

가. 신뢰성 있는 전송 기술

무선 센서 네트워크에서 상용화 되어있는 플랫폼을 이용하여 신뢰성 있는 데이터 전송이 네트워크에서 어느 정도의 결과를 낼 수 있는지에 대해 실험 하였다. 사용한 하드웨어 플랫폼은 MCU(TI, MSP430), 통신칩(TI/Chipcon, CC2420)을 사용하는 텔로스 플랫폼이며, 운영체제 및 기본 프로토콜은 TinyOS 2.x 베타 버전을 사용하였다.

신뢰성 있는 전송을 위한 프로토콜은 노드 구성, 노드 주소, 통신 주소, 전송 신뢰성, 노드 동작 오류 등이 고려되어야 한다.

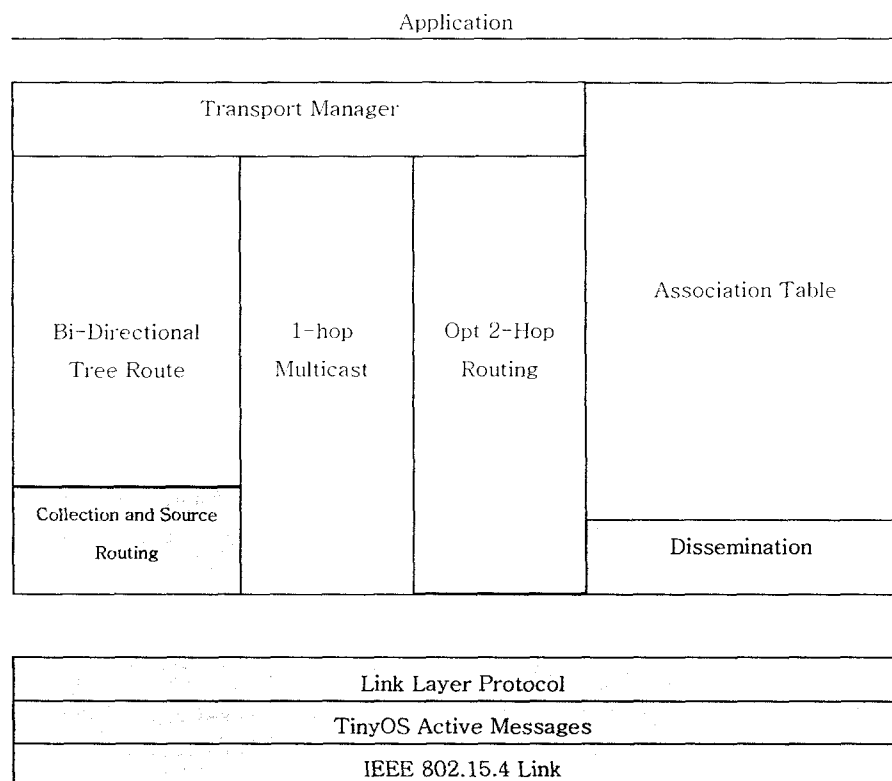
노드 구성(Association)은 논리적 노드 그룹간의 통신을 의미한다. 센서를 통해 데이터를 취득하는 노드들과 센서 노드로부터 데이터를 전송받아 서버로 연결하는 베이스 스테이션 노드가 하나의 논리적 그룹으로 연결될 수 있다. 각 구성은 고유 번호가 할당되어야 하며, 하나의 노드는 여러 개의 구성에 참여할 수 있다. 노드 구성은 네트워크 구성에 있어 자원에 따라 제한적으로 사용된다.

노드 주소는 네트워크 상에서 유일한 값을 가져야 한다. 사용한 플랫폼에서는 IEEE 802.15.4 16 비트 주소를 사용하였다. 노드의 유일한 주소 값은 플래쉬 메모리에 소프트웨어를 다운로드 할 때 결정되며, 전원 변경을 제외하고는 변경되지 않아야 한다.

통신 주소는 기본적으로 구성 아이디를 이용한다. 하나의 구성에서만 데이터를 전송하고 다른 구성으로의 데이터 전송은 게이트웨이 등의 다른 연결 계층을 이용하도록 한다. 다만 포인트 투 포인트로 데이터를 전송할 때, 라우팅에 따라 다른 구성의 노드들이 데이터 전송을 도와 줄 수 있다.

전송 신뢰성을 확보하기 위해서는 링크 레벨 전송에서의 수신 확인 방법과 네트워크 구성에서의 엔드 투 엔드 수신 확인을 동시에 지원해야 한다. 시퀀셜 번호와 재전송 방법을 이용해 패킷 손실과 수신 여부를 확인할 수 있다.

아래 구성도는 센서 네트워크에서 신뢰성을 높이기 위해 사용될 수 있는 데이터 처리 구조를 나타내었다.



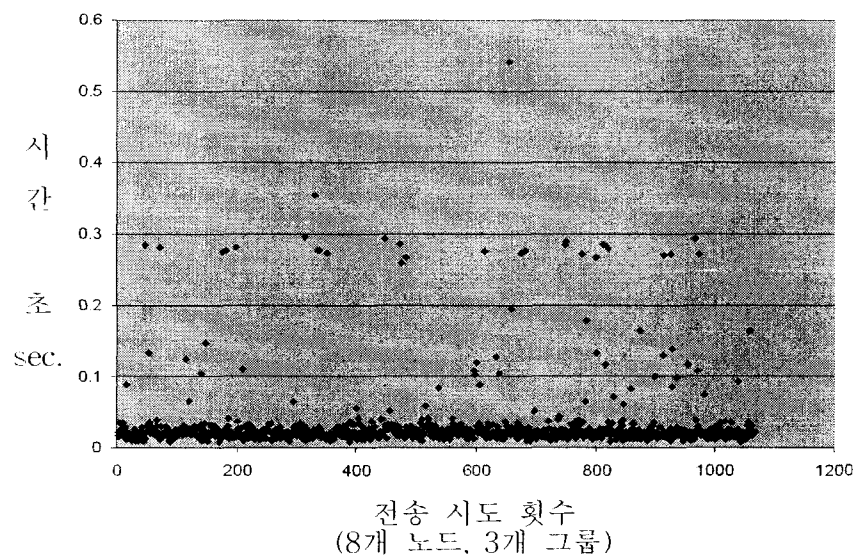
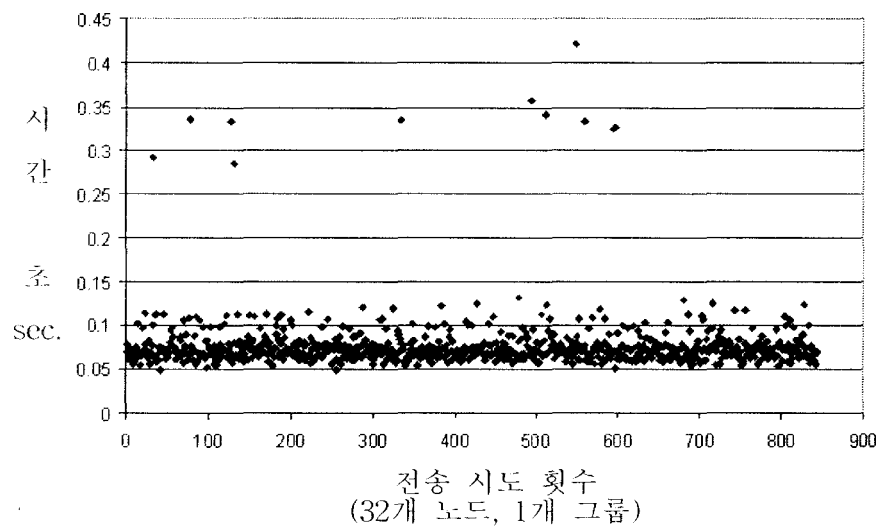
[그림 3.2-1] 신뢰성 있는 전송

센서 데이터 전송에는 세 가지 방법이 사용될 수 있다. 보내려는 데이터가 한 홉 내에 위치하고 있으면 데이터 전송은 즉시 이루어지고, 두개의 홉 내에 위치하면 최적화된 두 홉 라우팅에 의해서 전송된다. 만일 두 홉보다 멀리 위치하면 양방향성을 갖는 트리 방식의 라우팅으로

전송하도록 한다. 이 방법을 택하면 근거리 내에 있는 노드들에 대한 전송 신뢰성을 향상시킬 수 있다.

신뢰성 있는 데이터 전송을 위해 열 개씩의 세 개의 그룹과 서른 두개로 구성된 하나의 그룹에 대해 데이터 전송 테스트를 진행하였다. 각 노드는 USB 인터페이스를 통해서 서버에 연결되고, 전송되는 패킷과 전송 시간에 대한 정보를 서버로 전송한다. 이를 이용하여 패킷 손실이나 지연시간을 측정할 수 있다. 각 무선 송신 노드는 1초에 4회 데이터를 전송하여 수신기에 데이터가 손실 없이 전송되는데 걸리는 시간을 측정하였다.

아래 그림은 서른 두개의 노드로 구성된 그룹과 8개 노드로 구성된 3개의 그룹에서 1초당 4개의 패킷이 전송될 때에 대한 지연시간을 나타낸 그림이다.



[그림 3.2-2] 신뢰성 있는 전송 테스트

신뢰성을 확보하며 무선 네트워크를 통해 전송할 수 있는 기능은 안전 분야에 있어서는 매우 중요하다. 위의 실험 결과에 따르면, 신뢰성 확보를 위해 추가적인 전송 소프트웨어를 이용한 경우, 대부분의 데이터 전송 시간은 0.1초 이내로 확보 되었다. 최악의 경우 천개 중의 한개 정도가 0.5 ~ 0.6초 내외를 기록하였다. 99.9%의 데이터 전송이 0.4초 이내에 이루어질 수 있다는 것을 실험을 통해 나타내었다.

최적화된 무선 아날로그 회로와 신뢰성 있는 네트워크 전송 프로토콜을 이용하여, 무선 통신 지연시간을 더 줄일 수 있다. 이는 서비스 애플리케이션에 대한 무선 통신 요구사항 분석을 통한 규격 정의를 통해 달성 할 수 있다.

3. 무선 통신의 원전 계측제어 적용을 위한 요구사항 및 규제항목 분석

무선 통신은 일종의 컴퓨터계통으로 여기에 사용된 소프트웨어는 안전심사지침 평가지침과 일치하는 과정을 통하여 설계되고 이행되어야 한다. 무선 통신은 순서기능도(Sequential Function Chart)를 사용하여 부호화 되며, 최종 소프트웨어는 무선 통신 기술 공급업체에 의해 공급된 표준기능들을 사용할 것이 예상된다. 이러한 표준기능들은 상당한 산업경험을 가져야 한다. 무선 통신의 품질을 평가하는 또 다른 방법으로는 작성된 현장문제점보고서(Field Trouble Report)를 이용할 수 있으며, 이들의 검토결과가 원전에 적용한 것과 동등한 경험을 가진 것으로 평가되면 다른 방법으로 적용가능하다. 기존의 산업경험에 의해 안전계통분야에 적용할 수 없는 것으로 평가되면 사용을 제한하여야 한다.

무선통신을 사용하여 제작된 계측제어계통은 많은 구매부품을 사용하고 있으며, 하드웨어는 프로세서, 메모리, 입·출력장치, 통신설비, 단자 등이 포함되며, 소프트웨어는 한 개 이상의 운영체제, 인터프리터, 컴파일러, 라이브러리, 형상 소프트웨어, 툴 등으로 구성되어 있다. 이와 같이 구매된 설비는 제안된 응용분야에 적합한 품질을 가져야 한다. 이외에도 계측제어계통의 디지털 컴퓨터 응용과 연관된 관심사항들(예 : 정비, 확인 및 검증, 전자파장해 및 교정)은 적용되어 검토되어야 한다. 무선 통신 기술은 복잡한 컴퓨터 시스템과 비슷하게, 복잡한 하드웨어 회로와 소프트웨어 기능으로 구현되기 때문에 적절한 기준으로 평가 되어야 한다.

가. 무선 통신 품질 보증

일반적인 무선 통신 제품들은 원전 환경에 적합하도록 개발 및 제작되지 않았으므로 검증에 대하여 품질과정이 원전 안전 환경에 상응하는 보증을 줄 수 있음을 증명하거나 또는 보증을 위한 적절한 보완 활동을 수행해야 하고, 검증자는 제작자의 품질프로그램이 관련 기준을 준수하는지, 그리고 품질프로그램이 검증될 안전 계통에 적절히 적용되었는지를 확인하기 위하여 감사(audit)를 수행해야 한다. 검증자는 기준에 따라 제작사의 V&V 프로그램을 평가해야 한다. 펌웨어를 포함한 무선통신 기기는 아래의 검증유지 범위 항목을 준수하기 위하여 생명주기를 통해 주기적으로 감사를 수행하여야 한다. 검증 범위는 무선 통신 하드웨어, 무선통신 소프트웨어 및 내장 소프트웨어, 소프트웨어 도구, 설계 및 형상관리, 문서와 같다.

문서에는 검증에 사용된 무선 통신 및 보조 장비에 대한 사항을 제공해야 하며, 안전계통에 무선 통신을 적용하는 지침으로서 요구되는 상세한 검증범위 및 모든 형상에 관한 정보를 제공해야 한다. 무선 통신 프로세서의 사용 가능한 기능들에 대한 상세 정보를 제공해야 하며, 포함되어야 할 정보는 다음과 같다.

- 간단한 설명이 포함된 사용 가능한 기능의 요약
- 각 기능의 사용을 위한 상세 설명
- 복잡한 기능 블록의 응용 예
- 기능의 제한(예, 변수 범위, 사용 가능한 특수 기능들의 개수)
- 자원관리 방법(예, 메모리 활용, 입/출력 맵핑, 스캔 타임 및 전체 응답시간 추정)
- 프로그래밍 및 디버깅 도구에 대한 사용자 매뉴얼과 적용될 경우, 검증 범위에 포함되는 프로그래밍 터미널에 대한 사용자 지침서
- 사용자 정의 함수의 생성 및 시험에 대한 상세한 정보
- 조건 실행문의 연산에 관한 상세 설명(예, GOTO, SKIP, SUBROUTINES)
- 동적 함수 적용의 제한, 연산과 스캔 타임과의 연관 관계에 대한 설명
- 메인 프로세서, Coprocessor 모듈, 그리고 입/출력 모듈과의 상호작용에 대한 상세 설명
- 다중성을 지원하기 위한 응용프로그램 계층의 역할 및 기능과의 상호관계에 대한 상세 설명
- 소프트웨어 개발 절차 및 안전계통에 적용하기 위해 필요한 소프트웨어 개발 도구
- 프로그램 흐름 제어정보를 포함한 운영체제의 동작에 대한 설명
- 데이터 및 데이터베이스, 데이터 처리, 데이터 정의, 그리고 형상관리 특성에 대한 설명
- 자기진단과 응용프로그램의 연계를 포함한 자기진단 프로그램의 사용 및 동작에 대한 설명
- Coprocessor의 기능 및 설계에 적용되는, 위에서 열거된 모든 사항이 포함된 Coprocessor 프로그래밍 매뉴얼

소프트웨어 품질 확보를 위한 소프트웨어 검증 및 확인과 관련한 문서로는 소프트웨어 품질 보증계획서, 소프트웨어 요건 사양서, 소프트웨어 설계 설명서, 소프트웨어 V&V 계획, 소프트웨어 V&V 보고서, 사용자 문서, 소프트웨어 형상관리계획서 등이 최소한도로 작성되어야 한다.

나. 시험 문서 요건

시험대상 장비의 초기 인수시험과 검증시험 기간 동안 주기적으로 수행되는 계통의 동작성 시험에 대한 계획 및 시험 보고서는 아래와 같이 작성되고 확인되어야 한다.

(1) 시험요건

(2) 인수시험, 동작시험 및 검증시험의 허용 기준. 허용 기준은 무선 통신 요건, 형상 및 시험 계기에 따라 개발

- (3) 시험순서
- (4) 시험결과의 기록(예, 데이터 기록지, 기록계)
- (5) 필요한 계기 및 각 계기의 성능사양을 포함한 시험장비의 요건
- (6) 시험결과가 요약된 시험보고서

다. 무선 통신 기기 시험 방법

기기가 정확하게 동작하는지를 확인하고, 가해진 여러 조건들에 대해서 무선 통신 기기가 만족스럽게 작동하는지를 확인하기 위하여 아래와 같은 성능 및 기능들에 대한 다양한 시험이 수행되어야 한다.

(1) 정확도

입력 데이터 감지를 위한 아날로그 I/O 모듈에 대해서 선형성 검사를 수행해야 한다. 이 시험은 각 타입의 I/O에 대해 적어도 한 개 이상의 채널에 대해서 수행해야 한다. 검증 시험의 일부로 수행된 운전성 시험에 대해 아래의 정확도 요건을 만족해야 한다.

- Over Range : 정해진 입력 범위의 2배 입력이 들어오더라도 변환 값은 정해진 입력 범위의 최대 값을 유지해야 한다.
- Under Range : Bipolar 입력일 경우 정해진 입력 범위의 2배까지 입력이 들어오더라도 변환된 디지털 값은 정해진 범위의 최소값을 유지해야 하고, 유니폴라(unipolar)의 경우는 음수가 들어 올 때 까지 정해진 범위의 최소값을 유지해야 한다.
- 최소한 10비트 분해능을 가져야 한다.

(2) 응답시간

응답시간은 디지털입력을 받은 후 이것의 출력을 내보내는데 걸리는 시간, 아날로그 입력값이 변동한 후 이것에 반응하여 아날로그와 디지털 출력이 변동되는데 걸리는 시간이다. 이 응답시간은 같은 결과가 반복되어지는 경향이 나타날 때 측정된다. 입력단에서 신호를 취득하여 보호기능을 연산, 처리한 후 RF 출력단에 신호가 나타날 때 까지 시간으로 10ms 이내여야 한다. 단, 시간지연이 포함된 제어 로직을 사용할 경우는 예외이다. 응답시간 계산에는 다음 항목을 고려해야 한다.

- (가) 입력단의 필터 응답에 따른 영향
- (나) 입력모듈에서 취득된 신호를 디지털 값으로 변환하는 시간
- (다) 메인 프로세서가 디지털 값을 취득하는 시간

- (라) 100개 단순 논리 요소로 구성된 프로그램과 동일한 크기의 응용 프로그램에 수행시간
- (마) 메인 프로세서가 연산된 값을 출력 모듈로 전송하는 시간
- (바) 출력 모듈에서 디지털 값을 출력 신호로 변환하는 시간
- (사) 자가진단 및 다중화 적용에 따라 요구되는 최대시간을 포함 해야 한다.

(3) 통신 운전성

통신 기능이 검증 요건에 포함되면, 포트의 운전성을 시험해야 한다. 허용기준은 비트 율(bit rates), 신호 레벨 등에 대한 시험결과와 검증 시험의 일부분으로 수행되는 운전성 시험의 결과가 사용된 프로토콜의 규격을 만족하여야 한다. 사용된 프로토콜의 규격이란, 예를 들어, 만약 IEEE 802.15.4 규격이 사용되었다면, PHY와 프로토콜 사양이 IEEE 802.15.4 규격을 만족해야 한다는 것을 의미한다.

(4) 타이머 시험

타이머는 0.1초에서 2시간까지 조정 가능해야 하고, 정밀도는 0.1% 이내여야 한다. 허용기준은 타이머의 기준 정확도가 제작자의 규격을 만족해야 한다.

(5) 고장 대체(Failover) 운전성 시험

다중계통의 일부분으로 제공되는 자동 하드웨어 고장검출은 높은 수준의 커버리지(coverage)를 제공해야 하며, 다중 기기간의 전환 메커니즘은 이 메커니즘에 연결된 다중 기기들의 신뢰도보다 높은 신뢰도를 가져야 한다. 어떤 다중 장치로 자동 전환되는 다중화 구조를 사용한다면, 고장 대체 하드웨어의 운전성을 입증하기 위해 충분한 시험이 수행되어야 한다.

(6) 전원상실 시험

전원 공급장치의 1차측 AC전원이 상실되었을 때, 부하에 대해 전원공급이 40ms동안 유지되어야 한다. 여기서, 40ms 전원공급 유지시간은 교류전원 상실시 비상전원으로의 절체되는데 필요한 시간이다. 이 40ms 유지시간(hold up time) 동안에 디지털 입출력의 상태변화가 없어야 하며, 아날로그 입출력은 5% 이상 변화가 없어야 하며, 프로세서가 리셋되는 현상이 발생되지 말아야 한다. 전원 유지요건은 다음과 같다.

(가) 전원 공급 고유 능력 유지

- (나) 입력 전원으로 직류와 교류가 동시에 사용할 수 있는 전원공급장치는 자동 절체가 이루어져야 한다. 입력 전원이 직류 일 때는 24VDC 또는 이하이어야 한다. 직류와 교류가 동시에 사용할 수 있는 전원공급장치는 이미 품질이 만족된 장치이거나 또는 검증 과정에 포함되어야 한다

(다) AC 전원으로 이미 검증된 무정전 전원장치(UPS)를 사용할 경우 유지시간 요건을 적용하지 않는다

AC 및 DC 전원 공급이 적어도 30초 동안 차단된 후 다시 인가되어야 한다. 허용기준은 전원 차단시 모든 I/O가 power-off-default로 전환된 후 전원 재가동시 power-on-default 상태와 정상 운전 상태로 복귀되어야 한다.

(7) 전원 인터럽트(power interruption) 시험

다중 전원 공급 장치를 사용할 경우, 하나의 전원장치의 고장, 즉, 저전압(undervoltage), 과전압(Overvoltage), 접지와 단락(short to ground) 등이 다른 전원 공급 장치로의 전환을 방해하거나 다른 전원장치의 기능을 손상시키지 말아야 한다.

(8) 시리얼 포트 수신장치 고장시험

시리얼 포트에 연결되는 수신 장치에 대해 송신 선이 5~10초 동안 floating, 5~10초 동안 접지로 단락, 그리고 송신 선이 5~10초 동안 수신선에 단락된 것과 같은 고장을 모의하여 시험해야 한다. 허용기준은 응답시간이 요건에 부합해야 되고, 어떠한 조건에 대해서도 10% 이상 변동이 발생하지 말아야 한다.

(9) 시리얼 포트 잡음 시험

전송선에 최소 1분 동안 30 ~ 100kHz 주파수 범위 안에서 2.5VRMS 백색 잡음(white noise)을 부과한다. 허용기준은 응답시간이 요건에 부합해야 되고, 시험 중 10% 이상 변동이 발생하지 말아야 한다.

(10) 고장 모의시험(Fault Simulation)

이중화를 갖는 플랫폼에서, 자가진단에 의해 검출될 수 있는 다중장치의 고장은 모의시험되어야 한다. 다중계통의 일부분으로 제공되는 자동 하드웨어 고장검출은 높은 수준의 커버리지(coverage)를 제공해야 하며, 다중 기기간의 전환 메커니즘은 이 메커니즘에 연결된 다중 기기들의 신뢰도보다 높은 신뢰도를 가져야 한다.

라. 무선 통신 모듈 소프트웨어 성능 및 기능시험 방법

무선 통신 모듈의 소프트웨어는 최소한 아래와 같은 기능들에 대해서 성능시험을 통하여 성능 및 기능요건들의 적합성이 입증되어야 한다.

(1) 운영체제 요건

운영체제(OS)는 UNIX나 Windows 등과 같이 규모가 크고 복잡한 대형패키지에서부터 간단하고 단순한 ROM 상주패키지에 이르기까지 다양하다. 일반적으로 무선 통신 모듈에 탑재된 운영체제는 제어행위를 수행하는데 필요한 최소한의 필수 기능만을 포함하기 때문에 비교적 단순하고 간단하다.

(가) 메인 프로세서 운영체제 기능 요건

메인 프로세서의 운영체제는 다음과 같은 기능들을 가져야 하며 성능시험이 수행되어야 한다.

- 입력 모듈로부터 데이터 취득(태스크 스케줄링 기능)
- 작동 모드(Run mode) 동안 연속 루프내의 응용 프로그램 수행(인터럽터 처리기능)
- 출력 모듈로 데이터 로딩(디바이스 드라이브 루틴)
- 진단기능요건에 부합되는 전원 투입 후 및 작동 시간(Power up 및 run time) 진단 기능
- 통신 기능
- 프로그래밍 모드상태에서 응용 프로그램을 업-로딩(uploading) 할 수 있는 기능(메모리 관리 기능)
- 진단 요건 기준에 부합되는 온-라인 진단 기능
- 전원 투입 시 작동을 보증할 수 있는 초기화 동작(전원 투입 후 자가진단, 설계에 따른 I/O 구성 및 I/O 설정, 사용자 정의 값으로 메모리 설정 등) 수행

(나) 프로그램 흐름 제어 요건

입력 스캐닝(scanning) 및 응용 프로그램을 멀티 태스킹(multi-tasking)으로 처리하는 경우, 운영체제 또는 개발 도구들은 각 사이클 동안에 입력 스캐닝과 응용 프로그램 실행이 완전히 처리된다는 것을 보증할 수 있어야 하며 성능시험이 수행되어야 한다.

(2) 소프트웨어 도구 요건

프로그래밍, 디버깅, 프로그램 관련 문건들을 작성할 수 있는 개발도구는 다음의 기능을 제공해야 하며 성능시험이 수행되어야 한다. PC 또는 특수 프로그래밍 장치를 사용하여 무선통신 모듈 소프트웨어에 접근 가능해야 한다. 이런 장치는 한번에 여러 스텝의 프로그램을 볼 수 있는 스크린을 가져야 한다. 소프트웨어 개발 도구는 다음의 기능을 가져야 한다.

(가) 프로그램 스텝에 주석을 붙일 수 있어야 한다.

- (나) 탈/부착이 가능한 마그네틱 또는 전기적 저장장치에 프로그램을 저장할 수 있는 기능
- (다) 프로그래밍 장치에 내재된 프로그램과 무선 통신 모듈 내부의 프로그램을 비트단위로 비교할 수 있어야 한다. 비교 도구는 프로그램의 차이가 어디에서 발생했는지 그 위치를 충분히 지시할 수 있어야 한다.
- (라) 프로그래밍 장치의 스크린에 표시된 모양으로 프로그램을 출력할 수 있어야 한다. 프로그래밍 장치는 스크린에 표시되지 않은 기능 블록에 관련된 어떤 프로그래밍 값(예, 상수, I/O 점, 메모리 위치(강제 할당일 경우) 등)에 대해서도 프린트 가능해야 한다.
- (마) I/O 맵핑과 메모리 관리를 지원할 수 있어야 한다.
- (바) 온-라인으로 안전기능을 수행하고 있을 때, 운영체제와 응용 프로그램을 수정할 수 없도록 보안기능을 제공해야 한다.

또한, 다음과 같은 디버깅 기능을 지원해야 하며 소프트웨어 도구는 자가 진단에 의해 검출되지 않은 고장을 검출할 수 있는 보조 기능을 제공해야 한다.

- (가) 디지털 소자(코일 등)들의 상태를 모니터링 할 수 있는 기능
- (나) 모든 입력, 출력, 중간 결과 값을 표시할 수 있는 기능
- (다) 상수 및 변수에 임의의 값을 입력할 수 있는 기능(정상치 범위를 초과한 값 포함)
- (데) 강제 출력 기능
- (매) 프로그램에서 단일 스텝별로 수행할 수 있는 기능
- (바) 오류 코드 및 어떤 상태 정보가 저장된 메모리의 상태를 관찰할 수 있는 기능
- (사) 무선통신채널의 상태표시기능을 제공해야 한다.

(3) 형상 식별

소프트웨어 및 하드웨어의 형상관리는 일반적으로 다소 다른 접근방식을 사용하지만, 특수분야의 제품을 생산에서 응용 설계단계에 이르기까지 공정의 전범위에 걸쳐 추적한다는 공통의 목표를 가지고 있다. 형상관리를 위해서는 내장된 소프트웨어의 버전과 하드웨어 설계 버전에 대해 알고 있어야 한다. 어떤 무선 통신 모듈의 경우는 탑재된 소프트웨어가 현장에서 변경될 수 있다. 이 경우 형상관리의 또 다른 체계가 필요하다. 또한, 입/출력 모듈에 대한 교정 정보는 소프트웨어 인자(factors)로써 메인 프로세서 또는 입/출력 모듈 자체에 포함될 수 있다. 이런 이유로 동일한 모듈이 서로 다른 소프트웨어 특성을 가질 수 있어 또 다른 체계의 형상관리가 필요하다.

(가) 형상관리 지원 요건

- 운영체제의 전자적 개정 레벨(revision level)의 버전은 적절한 소프트웨어 도구를 사용하여 현장에서 파악할 수 있어야 한다.
- 모듈의 형상 정보(예, 신호 범위)는 소프트웨어를 통해 설정되어야 하며, 현장에서 파악할 수 있어야 한다.
- 형상 항목을 수정할 수 있는 기능을 갖는 소프트웨어 도구 또는 장치는 인가되지 않은 접근을 방지하는 메커니즘을 제공해야 하며, 부적합한 변경을 방지할 수 있는 합리적인 수단이 제공되어야 한다.
- 지원 도구는 응용 프로그램내에 있는 데이터베이스 형태의 정보를 추출하고, 기록할 수 있는 기능을 제공해야 한다. 데이터베이스 정보의 종류는 의도된 제어행위를 제공하거나 I/O 구조를 설정하는데 사용되는 프로그램 상수(예, scale factors, limits, calibration data) 들이다.
- 다중 기기들의 하드웨어, 소프트웨어, 및 펌웨어의 형상은 일관성을 유지해야 한다.

(4) 진단 요건

(가) 일반적인 진단 요건

무선 통신 모듈은 자가진단과 점검시험을 통하여 의도된 안전기능을 수행하는데 방해되는 모든 고장을 감지할 수 있도록 충분한 고장진단과 시험능력을 가져야 한다. 고려되어야 할 고장유형은 표 1과 같다.

표-1. 고장유형

항 목	고장조건	검 출	조 치
1	프로세서 기 능정지(stall)	한 루틴을 완성하지 못했을 경우 고장검출 기능	일시 정지(halt). 다중 프로세서 를 사용하면, 고장난 프로세서만 정지해야 함
2	운영체제 오 류	checksum 또는 다른 유사한 방법 으로 운영체제의 건전성 점검. 다 중 프로세서가 사용되는 경우, 프 로세서간 비교검사에 의해 수행할 수 있음	프로그램 일시 정지 및 경고 발 생. 다중 프로세서를 사용하면, 고장난 프로세서만 정지해야 함
3	응용 프로그램 오류	checksum 또는 유사한 방법으로 응용 프로그램의 건전성을 검사. 다중 프로세서가 사용되는 경우, 프로세서간 비교검사에 의해 수행 됨	프로그램 일시정지 및 경고 발 생. 다중 프로세서를 사용하면, 고장난 프로세서만 정지해야 함
4	메모리 오류	메모리 상태를 시험하는 back bit 패턴 수행에 의한 읽기/쓰기 메모 리의 검사. 다중 프로세서가 사용 되는 경우, 프로세서간 비교검사 에 의해 수행됨	프로그램 일시 정지 및 경고 발 생. 다중 프로세서를 사용하면, 고장난 프로세서만 정지해야 함
5	모듈 통신오 류	프로세서는 통신 데이터 건전성을 감시. 다중 모듈이 사용되는 경우, 모듈간 비교검사에 의해 수행됨	자가진단에 의해 검출되면 경고 나 응용 프로그램 에 의해 설정
6	메모리 배터 리 저전압(적 용할 수 있다 면.)	배터리 감시	응용 프로그램에서 플래그를 이 용하거나, 직접 경고나 지시계에 표시
7	모듈의형상정 보 상실	형상을 확인하고, 부정확하면 표 시. 다중화가 사용되면 자가진단 에 의해 검출 가능	자가진단에 의해 검출되면 경고 나 응용 프로그램 에 의해 설정

(5) 상호작용(Interactive) 기능 요건

무선계측제어기는 프로그램 정상 작동, 정상 I/O 무시(override), 내부 변수(예, limiter setting) 변경 등을 처리할 수 있는 무선통신 기능에 비인가자가 접근하는 것을 방지하는 암호화 및 접근 제어 기능을 제공해야 한다. 또한, 무선계측제어는 이러한 것이 부주의하게 사용되는 것을 방지하기 위해 적절한 대책을 갖고 있어야 한다.

다중 프로세서가 사용될 경우, 작동모드에서 사용 가능한 상호작용 명령이 다중 프로세서 사이에 잘못된 고장검출, 프로세서간에 프로그램 흐름의 불일치, 과도한 시간지연, 출력 모듈로의 데이터 전송 충돌 등의 원인 및 결과를 발생시키지 않고 처리된다는 것을 보증해야 한다.

(6) 운전원 조작시스템 응답시간 요건

무선계측제어 시, 확인을 요구하는 운전원 조작에 대해, 무선계측제어 모듈은 0.5초 이내에 운전자로부터 조작 행위를 수신하였다는 것을 알려주는 기능을 가지거나 운전원 조작이 처리되고 있다는 것을 0.5초 이내에 지시해주고, 지시된 내용이 정확하게 처리되었음을 알려주는 기능을 가져야 한다.

(7) 표시(Display) 요건

무선계측제어 모듈 연결된 표시장치들은 정상 조명 보다 낮은 조명 하에서, 30도 각도 내에서 쉽게 인식할 수 있어야 한다. 무선계측제어 모듈의 유지보수나 프로그래밍 장치에 포함된 표시장치도 이 요건을 만족해야 한다.

(8) 경보처리 요건

경보처리는 경보 지시, 경보 래치(latch), 그리고 경보 인지(acknowledge) 등의 기능을 제공해야 하고, 다음과 같은 기능을 제공해야 한다.

- 입력이나 유도된 변수들을 설정 치와 비교할 수 있는 기능
- 경보 조건을 래치하고, 경보 리셋 조건에서 리셋할 수 있는 기능
- 출력에 연결된 지시계를 점멸할 수 있는 기능
- 경보를 인지할 수 있는 기능
- 응용 프로그램이 자가진단의 결과를 취득할 수 있는 기능

(9) 소프트웨어 격리 요건

무선계측제어 소프트웨어 라이브러리 중 주변기기 통신을 지원하기 위해 제공된 통신 객체(objects)는 응용 프로그램 흐름을 방해하지 않도록 하기 위해 다음과 같은 기능을 가져야 하

며 성능확인이 수행되어야 한다.

- 응용 프로그램이 포트로 수신된 데이터를 무시할 수 있는 것을 허용하는 기능.
- 데이터 수신 기능이 효과적으로 disable된 상태에서 데이터 송신 기능
- 모든 무선통신포트의 수신 버퍼가 full 일 때 응용 프로그램이 어떤 인터럽트를 disable 할 수 있는 기능.

(10) 무선계측제어 피어 투 피어 통신 요건

무선계측제어기들 사이에 피어 투 피어(peer-to-peer) 통신을 사용할 경우, 이는 Coprocessor 또는 통신 모듈을 통해 특수한 무선통신 I/O에서 처리된다. 이것은 전용 프로토콜 사용하여 적용할 수 있다.

피어 투 피어 통신은 결정론적이고, 응용 프로그램의 어떤 기능을 정지시키거나 통신 오류를 발생시키지 말아야 한다. 통신 데이터를 위한 동기화 및 큐(queue)를 제공해야 한다. 메시지 큐 상태에 대한 지시를 응용 소프트웨어에서 오류의 검출 및 회복 방법에 따라 활용 가능해야 한다. 동기를 제공하기 위해 요구되는 대기시간 + 오류 검출 및 회복 시간 + 공칭 루프 시간(nominal loop time)이 응답 시간 요건을 만족해야 한다. 무선계측제어 통신은 피어 투 피어 통신의 손실을 감지할 수 있어야 하며, 통신 오류상태는 응용 프로그램에서 알 수 있도록 해야 한다.

(11) 시스템 보안 요건

무선계측제어기는 작동이 요구되었을 때 응용 프로그램이 실행되어야 하며 프로그램 상수들이 손실되지 않아야 한다.

메인 프로세서를 운전모드에서 다른 모드로 스위칭할 경우는 키-잠금 스위치(keylock switch)나 프로그래밍 포트에 연결된 특정 하드웨어 장치에 의해 이루어지도록 해야 한다. 시스템 보안 요건은 무선계측제어기가 안전기능을 무선통신으로 수행하고 있을 때 응용 프로그램이나 운영체제의 변경을 방지하는 설비를 요구하고 있다. 형상 변경은 유지보수 행위로 분류되고, 규제되어야 한다.

어떤 장치가 무선계측제어기 운전 중에 비안전 응용 프로그램을 변경하는 기능을 가진다면, 그 장치에는 인가되지 않은 접근을 방지할 수 있도록 패스워드와 같은 방법을 제공해야 한다.

(12) Heartbeat 요건

무선계측제어기가 현재 운전 중이라는 것을 시각적으로 나타내기 위해 무선계측제어기의 LED 표시장치 등에 Heartbeat의 상태를 보여줄 수 있어야 하며, 응용 프로그램을 통해 보다 자세한 상태 정보를 제공해야 한다.

[무선통신 약어 정리]

약어/용어	용어풀이	설명
2G	Second generation of wireless communication systems.	디지털 전송 및 점단 제어 기법을 사용해 음성 통신의 성능을 개선하고, 특수한 기능과 제한된 디지털 메시징 기능을 무선통신 시스템.
3G	Third generation of wireless communication systems.	3G는 최신 세대의 무선통신 시스템으로서, 보다 큰 대역폭을 가능케 해 주고, ITU의 IMT-2000 프로젝트에서 기술하는 것과 같은 향상된 무선 데이(data-over-wireless)솔루션을 전개할 수 있는 방법을 열어 준다. 2002년 이전에는 완전 운영은 이루어지지 못할 것으로 기대된다. 3세대(3G) 이동 기기와 서비스들은 언제 어디서든 무선통신을 통한 온라인, 실시간 정보 전송을 가능하도록 해 줄 것이다. 3G 이동통신 기기를 사용하여 이미지가 첨부된 전자엽서를 전송할 수 있을 뿐만 아니라, 생방송으로 비디오 회의를 진행할 수도 있다. IMT-2000 참조.
3GPP	Third-Generation Partnership Project (W-CDMA)	창설자인 유럽, 일본, 한국, 미국의 표준화 기구들이 WCDMA문제를 상호 조정하는 국제 협력 프로젝트. WCDMA참조.
3GPP2	Third-Generation Partnership Project 2 (cdma2000)	국제적인 cdma2000 규격의 개발을 전문으로 하는 기구
ACELP	Algebraic Code Excited Linear Predictive	CELP 음성 코더(speech coder)의 코드북을 대중화 시키기 위해 사용된 대수 기법. 이 기법으로 보다 효율적인 코드북 검색 알고리즘을 얻을 수 있게 된다.
ACIR	Adjacent Channel Interference Ratio	희망 전력 대 인접채널의 간섭 전력의 비
ACLR	Adjacent Channel Leakage Ratio	W-CDMA에 대한 송신기 성능의 척도. 이 용어는 전송된 전력 대 인접 RF 채널의 수신기 필터 뒤에서 측정된 전력의 비로서 정의된다. 이전에 인접채널 전력 비(AdjacentChannel Power Ratio)라 불렸던 용어이다. ACLR은3GPP W-CDMA 표준에 명시되어 있다.
ACLR	Adjacent Channel Power Ratio	인접 주파수 채널에서의 간섭, 또는 전력 양의 척도.ACPR은 보통 인접 주파수 채널(또는 오프셋)의 평균전력대 전송된 주파수 채널의 평균전력의 비로서 정의된다. 이 용어는 CDMA 송신기 및 그 부품에 대한 핵심적인 척도이다. ACPR은 RF 부품의 비선형성으로 인해 생성되는 왜곡의 양을 나타낸다. ACPR은 cdmaOne 표준에는 포함되어 있지 않다.
ACS	Adjacent Channel Selectivity	인접 주파수 채널의 강한 신호를 억압하는 한편 희망신호를 진행할 수 있도록 하는 수신기 능력에 대한 척도. ACS는할당된 채널 주파수 상의 수신기 필터 감쇠 대 인접 채널주파수 상의 수신기 필터 감쇠의 비로서 정의된다.
ACTS	Advanced Communications Technology and Services	유럽의 3세대 기술 개발을 이끌어 가는 그룹 중 하나. ACTS는 RACE를 계승하였으며, 광대역(wideband) 다중 접속 기법에 초점을 두고 있다.
adaptive equalizer		데이터 전송 동안 파라미터가 자동으로 적응식으로 업데이트 되는 채널 이퀄라이저. 이 이퀄라이저는 일반적으로 페이딩 채널에 사용되어 전송 성능을 향상시킨다.
ADC	Analog-to-Digital Converter	제한된 수의 디지털 출력 코드만큼 지정된 총 입력 범위 내의 모든 아날로그 입력 값들을 고유하게 나타내는 컨버터.
adjacent channel interference		할당된 채널에서 동작하는 송신기로 인해 인접 채널에서 발생하는 대역외 전력. 수신기에 나타나는 인접 채널 간섭의 양은 송신기와 수신기의 필터 특성, 그리고 영역에서 동작하는 송신기 수에 따른 함수로서 결정된다.
ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation	차분 인코딩 및 가변크기 양자화 단계를 이용하는 인코딩기법. 단계 크기에 대한 변동폭은 이전 신호 샘플에 대한 추정치를 기초로 한다.
ADSL	Asymmetrical Digital Line Subscriber	동선 케이블의 전송 속도를 향상시키기 위한 방법. ADSL은 가입자 방향으로의 고속 채널(보통 비디오 전송), 그리고 다른 방향으로의 저속 채널로 용량을 쉽게 분할할 수 있게 해 준다

AGC	Automatic Gain Control	이득을 유지하여 입력 신호의 변동에도 불구하고 수신기 출력을 일정하게 유지할 수 있도록 하는 시스템
AGCH	Access Grant Channel	초기 할당에서 이동장치를 SDCCH에 할당하기 위해 GSM시스템에서 사용되는 다운링크 제어채널.
AIN	Advanced Intelligent Network	네트워크 상의 기능들을 구현하고 스위칭 및 제어 기능을 지원하기 위해 사용되는 장비, 소프트웨어 및 프로토콜의 네트워크
A-law companding		A-법칙에 기반한 음성 신호(speech signal)의 비선형(logarithmic) 압축화, 압신(companding) 및 인코딩 기법의 유형. 이 유형의 압신기는 세계적으로 사용되고 있으며, 일정한 다이내믹 레인지를 희생하여 더욱 고정적인 신호 대 양자화 노이즈 비를 제공하도록 최적화되는 경우를 제외하고, m-법칙 압신기와 유사한 응답을 갖는다.
aliasing		신호의 샘플링 주파수가 나이퀴스트율(Nyquist rate) 미만일 때 발생하는 신호 왜곡의 유형
ALOHA		하와이 대학에서 개발한 패킷 기반 무선 접속 프로토콜로서, 전송된 모든 패킷이 확인된다(acknowledged). 확인이 없는 것은 훼손의 표시이며, 재전송이 이루어 진다.
AM	Amplitude Modulation	변조 신호의 진폭에 비례하여 진폭 변동을 이용하는 CW변조; 보통 상업 방송용 전송에서는 DSB-LC로서, 그리고 다중화된 시스템에서는 DSB-SC로서 취해진다.
AMPS	Advanced Mobile Phone System	아날로그 이동통신 시스템의 표준 규격. 30kHz 대역폭으로 800 MHz 주파수 범위에서 운영된다. 북미, 중남미, 호주, 그리고 러시아와 아시아 일부에서 주로 사용한다.
AMR	Advanced Multi Rate Codec	1999에, ETSI가 표준화한 GSM 용의 새로운 음성 코덱. 이 코덱은 음성과 채널 코딩 사이의 비트속도 할당을 적용하고, 이를 통해 다양한 무선 채널 상태에서 통화 품질을 최적화한다. 이러한 이유 때문에, 3GPP(차세대 GSM 통화 품질 실현)는 차세대 시스템 용의 필수 음성 코덱으로서 AMR 코덱을 선택하였다. AMR은 Nokia, Ericsson 및 Siemens가 공동으로 개발하였다.
analog system		디지털 전송에서처럼 이산적 이라기 보다는 연속적으로 변하는 성질을 가진 음성, 비디오 및 데이터 이용 신호(전기 또는 음의 파)를 전송하는 전송 방법. 1980년에 구축된 이동전화 용의 첫번째 네트워크는 아날로그였다. 아날로그 시스템에는 AMPS, NMT 및 ETACS가 포함된다.
angle diversity		상이한 각도로 도달하는 다중경로 신호를 수신하기 위해 복수의 안테나 빔을 사용하는 기법
ANSI	American National Standards Institute	산업 부문의 표준화를 연구하는 미국의 비영리 기구. ISO(국제표준화기구)의 멤버이기도 하다. 그러나, ANSI는 자체적으로 직접 표준을 제정하지는 않는다. 대신, 미국의 다양한 표준화 기구들에서 제출한 표준안을 검토하는 작업을 지원하고, 적절한 승인을 거친 후에 범주 코드와 번호를 할당한다.
antenna		전자파를 방사 또는 수신하도록 설계된 무선 전송 시스템의 일부
antenna beamwidth		대부분의 경우에 반전력(half-power) 빔폭으로서 지칭된다. 이는 상대 전력이 피크 전력의 50% 또는 그 이상에 있는 안테나 패턴 또는 빔의 각도를 말한다.
antenna directivity		보통 등방성 또는 표준 다이폴의 기준 안테나에 대한 안테나 패턴의 주 빔의 상대 이득을 말한다.
antenna gain		안테나 지향성(antenna directivity) 참조
APC	Automatic Power Control	무선 채널의 성능을 측정하고 송신기의 전력을 링크 특성에 적절한 레벨로 조정하는 기법
ARDIS	Advanced Radio Data Information Systems	이동 데이터 서비스를 제공하기 위해 모토로라와 IBM이 공동 개발한 무선 시스템. 이 시스템은 현재 모토로라에서만 사용되고 있다.
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Numbers	GSM 무선 시스템의 지정된 RF 채널을 식별하기 위해 사용되는 채널 번호부여 방식
ARIB	Association of Radio Industries and Businesses (Japan)	일본 우정성이 무선통신 및 방송 부문에서의 효율적인 전파이용을 촉진하기 위해 지명한 법인 기구. ARIB는 현재 표준화와 관련하여 IMT-2000(차세대 이동통신 시스템)과 디지털 TV 방송에 대한 표준화 절차에 관여하고 있다.
ARQ	Automatic	디지털 통신 시스템에서 전송 장치에게 데이터 블록을 재전송하

	Retransmission Request	도록 요청하는데 사용되는 신호.
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit	보통 특수한 디바이스 내에서 특수한 기능 세트를 수행하도록 설계된 집적회로
asynchronous mode		동기 모드에서처럼 지정된 시간 간격으로 신호를 전송하지 않고 코드와 함께 전송을 시작하고 정지함으로써 신호를 전송하는 방식. 비동기 통신 기기는 동기 전송에서는 필요한 클럭 신호와의 동기를 필요로 하지 않는다. 보통 ATM 또는 비동기식 전송 모드라고 불린다. 과거의 90/200 baud모뎀과 신형 ADSL과 같이 양 방향의 데이터 전송 용량으로서도 다름을 의미할 수도 있다. 동기 모드 참조.
ATM	Asynchronous Transfer Mode	고용량 전기통신 신호의 광대역 전송을 위한 기술. 고용량신호 전송 외에도 ATM은 개별 가입자가 현재의 요구사항에 따른 교환 연결 기능을 적용할 수 있기 때문에 상당한 신축성을 제공할 수 있다.
attenuation		두 지점 사이에서의 신호 진폭의 감소. 이러한 지점은 무선경로, 전송 선로 또는 기타 장치를 따라 나타날 수 있다.
attenuator		특정 장치를 통해 신호가 전송될 때 신호의 진폭이 감소되도록 특수하게 설계된 장치.
AUC	Authentication Center	보통 GSM 시스템의 HLR에 위치하여 개별 가입자들과 관련한 인증 또는 암호 정보를 관리하는 장치
autocorrelation		하나의 시퀀스와 그 자체의 편이된 형태와 관련한 복합적인 내부 결과치. 이는 신호가 시간 상으로 n 단위 편이된 지연 형태와 얼마만큼 정밀하게 일치하는가에 대한 척도이다.
average power		시간에 걸쳐 평균화되는 피크 전력의 지표. 보통 반송파 전력이 on 및 off로 전환되는 펄스형 시스템에 적용된다.
AWGN	Additive White Gaussian Noise	통신 채널의 신호와 관련하여 넓은 주파수 범위를 지니는 통계적으로 랜덤 분포하는 무선 노이즈
AXE		개방형 아키텍처인 Ericsson의 통신 플랫폼. 대규모 공중전기통신망에서 노드를 형성하는 컴퓨터 제어 디지털 교환기들을 위한 시스템. Ericsson의 무선 및 이동 시스템의 기초가 된다.
band		무선 통신에서 대역은 주파수 또는 인접하는 주파수들의 범위를 지칭한다. 현재, 무선 통신 서비스 제공업체는 미국내 전송을 위해 800 MHz, 900 MHz 및 1900 MHz 대역을 이용하고 있다.
band-pass filter		특수한 주파수 범위를 통과시키고 이외의 대역의 주파수는 저지하는 특성을 갖도록 설계된 무선파 필터
bandwidth		통신 채널의 정보 전달 용량. 보통 아날로그 회선에서는 Hz(초당 사이클 수), 그리고 디지털 회선에 대해서는 bps(초당 비트 수)로 나타낸다.
base station		주어진 영역 내의 이동 무선전화와의 통신을 관리하는 중앙의 무선 송신기/수신기.
baseband signal		주파수 성분이 DC 주변에 집중되는 신호. 보통 RF 반송파를 위한 변조 신호를 말한다.
BCCH	Broadcast Control Channel	GSM과 cdma2000 시스템에서 공통 제어 채널 및 셀 서비스에 대한 식별 및 구성 정보를 전송하는데 사용되는 다운링크 포인트 대 멀티포인트 논리 채널
BCH	Broadcast Channels	GSM, cdma2000 및 W-CDMA 시스템에서 이동장치가 셀과 동기되고 셀에 접속하는데 필요한 정보를 수신하기 위해 사용하는 다운링크 포인트 대 멀티포인트 논리 채널들의 집합
BCH code	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem Code	데이터의 전송에 사용되는 강력한 성능의 순환(cyclic) 블록 순방향 에러 정정 코드들의 집합
BER	Bit Error Rate	디지털 회선에서 수신된 에러 수 대 데이터 비트 수의 비율. BER은 보통 지수 형태로 표현된다.
BERT	Bit Error Rate Tester	데이터 회선의 비트에러율 성능을 측정하는데 사용하는 장치
bit interval		이진수 1이 on 위치에 있는 시간의 길이. 보통 ms(millisecons) 또는 s(microseconds) 단위를 사용한다.
BLER	Block Error Rate	디지털 회선에서 수신된 에러블록 수 대 총 블록 수의 비율. 블록 에러율(BLER)은 W-CDMA 성능 요건의 테스트(다중 경로 조건에서의 복조 테스트 등)에 사용된다. BLER은 각 전송 블록에 대한 순환 중복성 검사(CRC)를 검토하

		여 채널 디인터리브 및 디코드를 한 후에 측정된다.
block code		k-심볼 소스 워드와 n-심볼 코드 워드 사이의 일대일 매핑을 갖는 코드 집합
blocking probability		네트워크에서 불충분한 전송 리소스로 인해 전화 접속이 설정되지 못할 수 있는 통계적 확률. 보통 분주한 시간(busyhour) 동안 네트워크 폭주로 인해 차단된 호출의 백분율 또는 심진 증가 값으로서 표현된다.
Bluetooth		Ericsson과 기타 회사들이 개발한 단거리 무선 기술로서, 전화, 컴퓨터 및 기타 장치들을 유선 접속 없이 서로 간의 단거리 신호 전송이 가능하도록 해 준다.
bps	Bits per Second	데이터 전송 속도를 표현하는데 일반적으로 사용되는 단위.초당 전송된 정보 비트의 수.
BPSK	Binary Phase Shift Keying	1과 0을 신호화하기 위해 2개의 구분된 반송파 위상을 사용하는 위상 변조의 한 방식
broadband		이 용어는 여러 가지 의미를 포함하고 있다. 원래는 표준음성(Voice) 등급 채널을 전송하는데 필요한 만큼 이상의대역폭을 갖는 채널을 지칭하기 위해 만들어진 용어이다.또한, 넓은 범위의 전자파 주파수를 지원할 수 있는 전송장비와 매체에 대해서도 사용된다. 광대역 주파수는 협대역주파수보다 더 많은 데이터를 빠른 속도로 전송할 수 있다.일반적으로, 패이징 서비스와 전통적인 음성(Voice)등급무선전화는 협대역으로 간주할 수 있다. 고속 데이터 및 영상 통신은 보통 광대역 서비스로 간주되고 광대역 장비를사용한다.
BS	Base Station	무선통신 링크의 네트워크측 장비. 기지국에는 무선통신 장치들을 네트워크와 연결시키는데 필요한 타워, 안테나, 무선 장비 등이 포함된다.
BSC	Base Station Controller	기지국에 의한 셀 내의 이동전화 등록, 제어 및 트래픽 채널 할당, 핸드오프 수행, 호 설정과 종결의 처리를 가능하게 해 주는 기지국과 관련된 기기와 소프트웨어
BSIC	Base Station Identity Code	기지국을 독특하게 식별할 수 있도록 해 주는 셀 또는 기지국의 전송 채널 상의 메시지에 포함된 고유 코드
BSS	Base Station Subsystem	기지국, 기지국 컨트롤러 및 트랜스코더(사용시)를 포함하는 GSM 네트워크의 일부
BT	Bandwidth Time Product	시스템 대역폭과 신호 주기를 곱하여 얻은 결과값. 통상적으로, 시스템 대역폭은 입력과 동일한 일반적인 형태의 출력 신호를 생성하기 위해서는 신호 주기의 역수와 대략적으로 동일해야 한다.
BTA	Basic Trading Area	PCS 사업자가 서비스를 제공하도록 허가 받은 지리적 영역. BTA는 금융, 상업 및 경제적인 측면에서 공통적인 권역을 갖는 대도시 지역들에 있는 행정 구역들의 집합을 말하며, 1990년대 중반에 PCS 서비스를 허가하는 데에서 처음 사용되었다. BTA는 대략적으로 셀룰러 MSA 정도의 크기이며 일부 경우에는 국가간의 경계선을 교차할 수도 있다. BTA는 경제적인 데이터를 요약하기 위해 Rand-McNally 사에 의해 사용된다. BTA는 MTA라 부르는 보다 큰 영역으로 분류된다.
BTS	Base Transceiver Station	각 시스템에 대해 규격들이 서로 상이하다 할지라도 BTS는 각각의 무선 접속 시스템을 통해 이동 단말기(MS)와의 무선 통신을 가능하게 하고, 전송 경로에 위치해 있는 연결된 무선 네트워크 컨트롤러(RNC)와 신호를 송신 또는 수신할 수 있도록 한다.
burst		보통 TDMA 시스템과 관련해 사용되는 용어로서, 시스템에 의해 전송된 비트의 집합 또는 기타 정보를 나타낸다. 송신기를 켜서 방사하는 시간을 지칭하기도 한다.
C/I	carrier-to-interference ratio	반송파 대 간섭 비 참조
C/N	carrier-to-noise ratio	반송파 대 노이즈 비 참조
CAI	Common Air Interface	기지국과 이동단말기 사이의 링크의 물리적, 논리적 특성을 지칭하는 개방 표준 세트. 이 표준은 인프라와 핸드셋 제조업체에서 사용되어 시스템 상호간에 연동이 가능한 장비를 설계, 구축할 수 있도록 한다.

carrier recovery		변조된 신호로부터 RF 반송파를 추출하기 위해 변조된 신호를 재삽입하여 사용함으로써 변조 신호를 복구하기 위한기법.
carrier-to-interference ratio		RF 반송파의 전력 대 채널의 간섭 전력의 비
carrier-to-noise ratio		RF 반송파의 전력 대 채널의 노이즈 전력의 비
CBCH	Cell Broadcast Channel	서비스 센터로부터의 사용자 정보를 주어진 셀 영역에 있는수신 중인(listening) 이동 단말기에 전송하기 위해 사용하는 GSM 시스템의 다운링크 포인트 대 멀티포인트 논리 채널
CCDF	Complementary Cumulative Distribution Function	디지털로 변조된 신호의 피크 전력 통계치의 특성 분석에사용되는 방법. CCDF 커브를 사용해 CDMA 시스템에대한 설계 파라미터를 결정할 수 있다(전력 증폭기에서의동작을 위한 백오프(back-off)의 양 등)
CCH	Control Channel	네트워크와 이동단말기 사이에서 시그널링 및 제어 정보를전송하는 채널을 지칭하는 일반적인 용어
CDF	Cumulative Distribution Function	파라미터가 주어진 값 X 미만이 될 누적 확률
CDG	CDMA Development Group	CDMA 기술을 개발하고 기술의 세계적인 이용을 촉진하기위한 전문 기술 기구
CDMA	Code Division Multiple Access	통신 채널을 정의하기 위해 특수한 의사랜덤(pseudorandom)시퀀스 또는 코드를 사용하여 신호를 인코드하는여러 가지 디지털 무선 전송 방법 중 하나. 코드를 알고 있는 수신기는 이를 사용하여 채널 내에 다른 신호들이 있을때에도 수신된 신호를 디코드할 수 있다. 이 방법은 여러가지 스펙트럼 확산 기법 중 하나로서, 각각의 활성 사용자에게 고유 코드를 할당함으로써 복수의 사용자들이 동일한무선 주파수 스펙트럼을 공유할 수 있도록 한다. CDMA는보다 높은 주파수 재사용이 가능하기 때문에 아날로그 전송에 비해 스펙트럼 효율의 향상을 가져올 수 있다. CDMA시스템의 다른 특징으로서, 호 단락의 감소, 배터리 수명연장, 안전한 전송 등이 있다. IS-95 참조.
cdma2000		cdmaOne을 혁신한 후속 버전으로써, 3세대 기술의 TIA표준 (IS-2000)을 나타내는 명칭. 다중 반송파를 추가함으로써, 협대역 cdmaOne/IS-95에서 3세대로의 전환을 이루기 위한 무선통신 기술. 단일 반송파/직접 확산 기술에대해서는 W-CDMA 참조.
cdmaOne		IS-95 CDMA 무선 인터페이스를 통합한 완전 무선 시스템을 나타내는 브랜드 명칭
CDP	Code Domain Power	CDMA 신호의 각 Walsh 코딩 채널에 포함된 전력에 대한 측정값. CDP 측정값은 CDMA 송신기 설계의 문제 해결 시 유용할 수 있다.
CDPD	Cellular Digital Packet Data	기존의 셀룰러 전화 채널을 통해 양방향 19.2 kbps 패킷데이터의 전송(CDPD 기능을 포함한 AMPS)을 가능케 하는 개발된 무선 전송 표준. CDPD 기술은 전화 대화에서의 일시 무음상태 및 데이터 전송에서의 호출 사이의 갭 등에 의해 발생하는 유휴 네트워크 용량을 사용한다.
CDVCC	Coded Digital Verification Color	기지국 식별을 위해 사용되는 고유 12 비트 코드 워드. 기지국에서 다운링크, 즉 순방향 채널에 추가된다는 점에 있어 아날로그 시스템의 SAT와 동일한 기능을 수행한다. 다음에 이동장치가 코드를 검출하여 복귀시킨다. CDVCC는채널 지속성을 판정하는데 사용되고, 한 개의 CDVCC가 보통 하나의 기지국이나 섹터에 할당된다.
cell		한 기지국(무선 송신기/수신기 및 네트워크 통신 장비를 포함하는 사이트)의 관할 신호 범위를 경계 짓는 지리적 영역. 무선 전송 네트워크는 무선 전송에서 무선 스펙트럼을효율적으로 사용할 수 있도록 수많은 16각형 구조들의 서로 겹쳐지는 셀 사이트들로 구성된다. 용어 셀룰러 전화에서도 기본적인 구성 내용이 된다.
cell splitting		셀을 다수의 보다 작은 셀들로 분할하는 절차. 원래의 셀이담당하는 영역의 트래픽 증가를 수용하기 위해 더욱 많은음성 채널을 이용할 수 있도록 하는데 보통 사용된다.

cellular		무선통신에서 셀룰러란 대부분 셀 또는 전송 사이트로 구성된 무선 전송 네트워크의 구조를 지칭한다. 또한 셀 내에서의 전송을 위해 저성능의 아날로그 무선 장비를 사용했던벨 연구소가 최초로 개발했던 무선 전화 시스템의 이름이기도 하다. 셀룰러 전화 또는 셀 전화라는 용어는 무선 전화를 지칭하는데 있어 동일한 의미로서 사용된다. 또한, 무선통신 업계에서 셀룰러는 PCS가 아닌 제품이나 서비스를지칭하는 데에도 사용된다.
cellular handoff		셀룰러 통신에서, 전화 통화는 차량이 셀 사이를 이동함에 따라 신호의 단절 없이 송신기 사이를 컴퓨터를 통해 전환된다. 이동 전화는 신호 강도가 감소될 때까지 특정 채널에 유지된 후 자동으로 다른 채널로 넘어가도록 지령받은 다음, 여기에서 전환된 다른 셀에서의 전송을 수신한다.
cellular mobile telephone system		각 지리적 영역이 기지국에 의해 커버되는 시스템. 이 영역을 셀이라 한다. 셀 내의 각 전화들은 기지국과 통신을 한다. 전화가 다른 셀로 이동하면 그 호는 자동으로 새로운셀의 기지국으로 전환된다.
CELP	Code-Book Excited Linear Predictive	대규모 확률 코드북으로부터 선택된 가우스 백터에 의해5ms의 전형적인 짧은 여기(excitation) 프레임이 모델링되는 강력한 성능의 저속 코딩 기법. 원래의 음성과 합성 음성 사이에 에러가 최소화되도록 백터가 선택된다.
CEPT	Committee of European Posts& Telephones	유럽의 전기통신과 관련한 조정 업무를 담당하는 유럽의 규제 기관
CGSA	Cellular Geographic Service Area	셀룰러 통신사업자가 서비스를 제공하기 위해 허가를 얻어야 하는 물리적 지역을 지칭하는 일반적 용어. MSA, RSA, MTA, BTA, EA 및 REAG 참조.
channel		두 시스템 사이의 통신 경로를 지칭하는 일반적 용어. 어플리케이션에 따라 물리적 또는 논리적이 될 수 있다. RF 채널은 물리적 채널인 반면, RF 채널 내의 제어 채널 및 트래픽 채널은 논리 채널로서 간주할 수 있다.
channel coding		성능 및 스루풋의 향상을 위해 RF 채널에 대해 순방향 에러 정정 코드의 적용
channel equalization		전송 성능의 향상을 목적으로 무선 채널의 진폭, 주파수 및 위상 왜곡을 감소시키는 절차
CIF	Common Intermediate Format	352 수평 픽셀과 288 수직 주사선을 사용하는 비디오 이미지 포맷. 이 포맷은 멀티미디어 통신 표준으로 채택되어 있다.
circuit switched		교환 회선은 송신자 및 수신자가 교신중인 동안에만 유지된다. 전용 회선이 데이터의 전송 유무에 관계 없이 항상 개방된 상태인 것과 대조적이다.
clock recovery		디지털 변조 반송파로부터의 타이밍 신호를 추출하는 절차.다음에, 복구된 클록 신호를 사용하여 데이터를 디코드하고추가적인 절차를 진행한다.
co-channel interference		상이한 위치에서 동일 채널을 사용하는 다른 송신기로부터무선 채널 내로 도입된 불요 간섭. 동일채널 간섭(cochannel interference)은 주파수 재사용 시스템에서 아주 흔히 발생하며 문제를 예방하기 위해서 세심한 통제가 필요하다.
codebook		스칼라 또는 백터 변수에 할당될 수 있는 모든 가능한 값들에 대한 체계적인 수집. 각 백터를 코드워드라 한다.
CODEC	Coder/Decoder	코딩과 디코딩의 합성어. 음성이나 영상 신호의 디지털이정동안 기본적인 디지털 신호에서 압축된 신호로 고도로 효율적인 변환 과정을 수행하는 인코딩 장치/모듈을 보통 의미한다. 음성 CODEC 및 이미지 CODEC에 대한 인코딩 규격은 ITU-T 권고 G 시리즈와 H 시리즈에 각각 명시되어있다. 이동통신에서의 인코딩 규격은 관련 표준화 기구에의해 제정되어 있다.
coding gain		미코딩 신호에 비교해 코딩이 제공할 수 있는 dB 단위로보통 표현되는 실효 이득. 코딩 이득은 보통 동일한 BER을 산출하는 코딩된 신호와 미코딩 신호 사이의 C/N 비에서의 dB 단위의 차이로서 측정된다.
coherent detection		코히어런트 복조를 지칭하기도 한다. 이 용어는 검파를 향상시키기 위해 반송파에 위상을 동기시키는 기법이다. 반송파 위상에 대한 지식은 복조기의 성능 향상에 도움을 준다.
companding	Compressing and	베이스밴드 신호의 다이내믹 레인지를 감소시키기 위한 기법.

	Expanding	이 기법은 양자화 단계의 수를 줄여 주고 절차에서의 노이즈를 감소시켜 준다. 대부분의 디지털 시스템에는 이러한 효과를 얻기 위한 비선형 양자화가 포함되어 있다.
concatenated coding		전송 성능의 추가적인 개선을 위해 내부 및 외부 두 코드를 사용. 이 기법을 사용하면 데이터 스트림이 외부 코드와 함께 인코딩된 다음, 코딩된 데이터가 외부 코드와 함께 추가로 인코딩된다. 이러한 기법은 특히 버스트성 환경에서 효과적이다. 연쇄 코드(concatenated code)는 우주 통신에서 매우 흔히 사용되며, 보통 컨벌루션 내부 코드 및 리드-솔로몬 외부 코드를 포함한다.
constellation		디지털 시스템의 신호 상태를 그래프를 이용해 표현한 것.
control channel		기지국과 이동단말기 사이에 관리 신호와 감독 신호를 전송하기 위해 사용되는 채널로서, 보통 논리적 채널이다.
convolutional code		한번에 하나씩 입력 비트를 편이시켜 코딩된 출력을 생성하기 위해, 수많은 스테이지들을 포함하고 있는 시프트 레지스터를 사용하는 순방향 에러 정정 코드의 유형.
COST-231		2 GHz 어플리케이션을 위한 ETSI의 전파 모델
coverage area		이동통신 네트워크 또는 시스템의 지리적 도달거리
coverage hole		무선 시스템의 전파 도달범위의 궤적(footprint) 내에서 RF 신호 레벨이 설계 임계치가 되지 못하는 영역. 커버리지 홀(coverage hole)은 보통 건물, 나무, 언덕, 터널 및 옥내 주차장 등과 같은 물리적 장애물로 인해 초래된다.
CPM	Continuous Phase Modulation	신호 상태들 사이의 원만한 전이를 이용하는 위상 변조 기법. 이 기법은 사이드로브의 스펙트럼 에너지를 감소시키고, 동일 채널 성능을 개선한다.
CRC	Cyclic Redundancy Code	에러의 검출을 위해 사용하는 순환 블록 코드.
cross correlation		하나의 시퀀스와 편이된 형태의 또 다른 시퀀스와 관련한 복합적인 내부 곱과치. 시퀀스들이 서로에 대해 편이됨에 따라 시퀀스들 사이에 거의 상관성이 없을 때, 양호한 교차상관 속성을 가지는 것으로 간주된다.
cross talk		한 채널로부터의 불요 정보가 인접 채널로 유입(spillover)되는 특성.
CT-2	Cordless Telephone 2	사용자가 자신의 홈 기지국의 범위를 벗어나 이동하여 공중장소에서 서비스를 수신할 수 있도록 했던 2세대 무선 전화시스템. 홈 기지국으로부터 벗어나 있을 때 서비스는 전화기로부터 범위 내의 원격지점으로서의 단방향 아웃바운드를 지원했다.
CT-3		DECT 참조.
CTIA	Cellular Telecom Industry Association	워싱턴 D.C.에 위치한 회원제 방식의 협회로서 무선 통신업계의 이익을 대변한다.
CW	Continuous Wave	통상적으로 이 용어는 무변조 RF 반송파를 가리키는 용어이다.
cyclic codes		인코딩을 선형 시프트 레지스터를 통해 구현할 수 있도록하고, 디코딩을 조건 테이블 없이 구현될 수 있도록 하는 대수 구조를 가지는 하위 클래스의 선형 블록 코드들이다.
DAC	Digital to Analog Converter	디지털 방식의 신호를 취하여 이를 원래 형태로 변환하는 장치.
D-AMPS	Digital-Advanced Mobile Phone System	북미, 중남미, 호주, 그리고 러시아와 아시아 일부에서 주로 사용된 디지털 이동전화를 위한 미국 표준의 초기 규격.(북미) TDMA로서도 알려져 있다. TDMA 및 IS-136 참조.
dB	decibel	전압, 전력, 이득, 손실 또는 주파수를 기준에 대비해 로그형태로 표현하는 방법. 일반적인 기준으로서 V, W 또는 Hz가 있다. 데시벨은 식 $dB = 10 \cdot \log(x/y)$ 로서 계산한다.
dBc	decibels referenced to the carrier	전력 측정치를 반송파 전력을 기준으로 하여 로그 형태로 표현하는 방법
dBd	decibels referenced to a dipole antenna	전력 이득 측정치를 표준 다이폴 안테나를 기준으로 하여 로그 형태로 표현하는 방법

dB _i	decibel referenced to an isotropic antenna	전력 이득 측정치를 이론적인 등방성 안테나를 기준으로 하여 로그 형태로 표현하는 방법
dB _m	decibel referenced to a milliWatt	전력 측정치를 1 mW를 기준으로 하여 로그 형태로 표현하는 방법
DCA	Dynamic Channel Allocation	주파수를 재사용하는 무선 시스템에서의 자동 트래픽 채널할당을 위한 절차. 기지국이 모든 유휴 채널들의 간섭을 지속적으로 모니터링하고, 최소 간섭 부가 채널을 식별하는 알고리즘을 사용하여 할당을 실행한다.
DCCH	Dedicated Control Channel	활성 GSM 및 cdma2000 트래픽 채널의 시그널링 정보를 전달하기 위해 사용되는 전용 채널
DCS-1800	Digital Communications System - 1800	RF 채널 수의 증대를 통해 1800 MHz 대역에서의 작동과 관련한 문제를 처리하는 GSM 규격에 대한 보완 규격. 여기에는 또한 보행자의 소형 휴대 장치 작동을 위한 기능들도 포함된다.
dead spot		무선 네트워크의 서비스 가능 구역 내에서 서비스 구역 (coverage)이 없거나 전송이 도달하지 못하는 영역. 음영지점 (dead spot)이란 보통 전자적 간섭이나, 언덕, 터널 및 옥내 주차장 등과 같은 물리적 장벽으로 인해 초래된다. 서비스 가능 구역 (coverage area) 참조.
DECT	Digital European Cordless Telecommunications	원래 유럽의 표준화 기구인 ETSI가 확립한 개인용 무선 전화를 위한 일반 표준. 가입자와 기지국 사이에 수백 미터에 이르기까지 저전력 무선 접속을 가능케 한 마이크로 셀룰러 무선 시스템에 기반한 표준이다. DCT-900 또는 CT-3이라고도 알려져 있다.
delay spread		수신 신호의 확산이나 손상을 초래하는 다중경로로 인한 왜곡의 한 형태. 동일한 신호들이 상이한 경로를 통해 상이한 시간 지연으로 도달하는 경우에 발생한다.
demodulation		변조된 반송파로부터 원래의 변조 신호를 복구하는 절차. 일반적으로 원래의 변조신호는 음성이나 데이터 등 전송중인 정보인 것이 보통이다.
differential detection		이진수 0과 1을 신호화하기 위해 반송파의 위상 변화를 이용하는 인코딩 및 검파 기법. 매 T초마다 신호를 샘플링하고, 180도 위상변화를 0으로 설정할 수 있으며, 위상 변화가 없으면 1로 설정한다.
diffraction		무선파가 장애물에 의해 형성되는 2차 파들을 통과해 장애물 너머로 전파될 수 있게 하는 전파의 현상. 전형적인 회절의 형태는 완만한 대지와 나이프형 가장자(knifedge)이다.
digital		음성 등의 정보를 전송에 앞서 이진 코드(비연속 값)를 사용하여 인코딩하는 경우를 가리키는 용어이다. 디지털 네트워크는 음성 품질의 향상과 안전한 전송을 가능케 해 주고 음성 외에 데이터까지도 처리할 수 있기 때문에 급속도로 아날로그 네트워크를 대체해 나가고 있다. 디지털 네트워크로서는 GSM 900, GSM 1800, GSM 1900, D-AMPS 및 무선 DECT 시스템 등이 있다.
digital signature		전자 서명. 전자 거래에서의 정보의 신뢰성을 보증하기 위한 기술. 디지털 서명은 공개키 암호화 기술의 적용을 통해 가능해질 수 있으며, 사용자의 신원을 검증하는 전자 데이터를 구성하게 된다. 디지털 서명은 암호화 키를 사용하여 데이터를 코딩함으로써 이루어진다. 사용자 자신만이 해당암호화 키를 보유하고 있기 때문에 디지털 서명은 위조가 절대 불가능하다. 나중에 다른 상대방에게 전송된 데이터에 디지털 서명을 첨부함으로써 실제로 메시지를 전송하는 사람이 누구인지를 보증하도록 할 수 있다.
dispersive channel		AWGN 뿐만 아니라 다중경로 및 주파수 선택성 페이딩의 영향까지도 도입하게 하는 무선 채널.
distributed antenna system		분산되어 있거나 송신기로부터 떨어져 있는 안테나 시스템 유형. 안테나 또는 안테나의 집합을 동축 케이블, 누설 피더 또는 광섬유 링크를 통해 연결할 수 있다.
diversity		공간적으로 분리된 복수의 안테나를 사용하여 동일한 신호에 대한 독립적인 샘플들을 동시에 취함으로써 페이딩의 영향을 감소

		시키기 위한 기법. 이들 신호에서의 페이딩이 상관성이 없고, 모든 샘플들이 주어진 순간에 임계값 아래에 있을 확률이 낮다는 이론이다.
DL	Downlink	다운링크 참조.
Doppler Shift		수신기를 기준으로 한 송신기의 상대 속도로 인해 전파의 주파수에서 나타나는 변화 정도의 크기.
downlink		기지국에서 이동단말기로의 전송 경로
DPM	Digital Phase Modulation	성형된 심볼 펄스를 위상 변조기에 직접 인가하는 CPM의 한 유형. 이 기법은 CPM 기법의 장점을 제공하는 동시에 VLSI로 쉽게 구현이 가능하다. 또한, 다른 CPM 유형보다 복잡도가 간단하다.
DQPSK	Differential Quadrature Phase Shift Keying	디지털 정보 스트림에 대한 차동(differential) 인코딩을 사용하는 QPSK 변조
DS	Direct Sequence	스펙트럼 확산 신호를 생성하기 위해 고속 의사랜덤(pseudorandom) 코드(확산 시퀀스)에 의한 배타적 OR 기법을 사용하여 디지털 정보 스트림을 체배시키는 스펙트럼 확산 절차.
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum	직접 시퀀스 기법을 사용하여 확산을 가능케 하는 스펙트럼 확산 변조의 한 유형.
DTX	Discontinuous Transmission	침묵기간 등과 같이 전송 정보가 없을 때 송신기가 뮤트되는 이동 시스템의 기능. 이 기능은 휴대전화의 수명을 연장시켜 주고 무선 시스템의 혼선을 줄여 준다.
dual band		상이한 주파수 대역의 네트워크에서 동작이 가능한 이동전화를 지칭하는 용어. 서로 다른 네트워크가 적용되는 지역사이를 이동하는 이동전화 사용자에게 유용하다. 예를 들면, 800 MHz 디지털 대역 및 1900 MHz 디지털 PCS 대역 등의 GSM 900, GSM 1800.
dual mode		아날로그 및 디지털 전송 네트워크 어디에서나 작동이 가능한 무선 기기를 지칭하는 업계 용어. 그러나, 복수의 디지털 전송 시스템이 존재하고 있으므로 듀얼 모드 전화 사용자는 자신의 전화가 선택된 서비스 제공업체가 사용하는 디지털 전송 시스템 상에서 작동이 가능한지를 확인해 보아야 한다.
duplex/full duplex		전화 통화에서와 같은 양방향 동시 전송을 지칭하는 용어. 이와는 달리, 많은 스피커폰들은 반듀플렉스 방식이며, 상대방과 한 번에 한 방향으로만 대화의 전송이 가능하다.
DUT	Device Under Test	테스트 설비에 연결된 특정 전기 기기의 유형을 지칭하는 데 약어. 기기는 단일 부품에서부터 이동전화, 기지국, 또는 MSC 등의 복합 서브시스템에 이르기까지 다양하다.
EA	Economic Area	WCS 사업자가 서비스를 제공하도록 허가를 받은 지리적 영역. EA는 금융, 상업 및 경제적인 측면에서 공통적인 권역을 갖는 대도시 지역들에 있는 행정구역들의 집합을 말하며, 1990년대 말에 WCS 서비스를 허가하는 데에서 처음 사용되었다. EA는 셀룰러 MSA의 크기와 비슷하며 일부 경우에는 국가의 경계선을 교차한다. EA는 FCC가 경제적인 이해관계가 있는 영역들을 결정하는 데에 사용되며, REAG라 부르는 더 큰 영역으로 분류된다.
Eb /N0	Bit Energy-to-Noise Density	비트 에너지 대 노이즈 밀도의 비. 대부분의 디지털 통신 시스템에서 작동 하한을 규정하는데 사용되며, 또한 무선 채널 성능을 평가하는 데에도 사용된다.
EDGE	Enhanced Data for Global Evolution	3세대 이동전화를 위한 서비스를 처리할 수 있도록 GSM 및 TDMA와 유사한 기능을 제공하는 기술. EDGE는 대용량의 데이터를 고속(384 kbps)으로 전송할 수 있도록 하기 위해 개발되었다. (이 기술은 기존의 무선 네트워크에 비해 이용 가능한 타임슬롯과 데이터 속도를 증가시켜 준다.)
EFR	Enhanced Full Rate	GSM 시스템에서 사용되는 2세대 완전 비율 음성 코덱. 이 코덱은 GSM 시스템에서 사용되는 원래의 PRE-LTP 코덱을 대체한 것이다. 이 코덱은 ACELP 기술을 채용한다.
EHF	Extremely High Frequency	30 GHz ~ 300 GHz의 RF 스펙트럼.

EIA	Electronic Industry Association	미국의 산업계 협회이자 표준 제정 기구.
EIR	Equipment Identity Register	네트워크에 접속이 허가된 고객의 기기를 식별하는데 사용하는 GSM 및 기타 2세대 무선 시스템에서 사용되는 데이터베이스. 실험실이나 검증 시설에서 일단 인프라로서 운용이 승인되었으면 그 장치는 보통 EIR에 등록된다.
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	등방성 방사기를 기준으로 한 안테나 주 빔의 전력 측정치
encryption		디지털 키를 활용해 데이터를 스캔블링하고 로크함으로써키 없이 데이터를 디스크램블하고 디코드할 수 없도록 하는 암호화 기법.
EPOC		음성 중심 핸드셋을 미디어폰 및 무선 정보 장치로 전환하는 운영 체제. EPOC는 현행 PDA 운영체제와 비교해 프로세서의 로드를 더 가볍게 해 줌으로써 이동전화의 멀티미디어 용량을 향상시킬 수 있도록 한다. EPOC는 Psion, Nokia, Ericsson, Motorola 및 Matsushita (Panasonic)의 합작 회사인 Symbian에 의해 개발중이다. 이 시스템은 이동전화 이용을 위해 최적화된 개방형 플랫폼을 구성한다.
equalization		무선채널에서 왜곡의 영향을 줄이기 위해 취해지는 조치
ERMES	European Radio Message System	유럽, 중동 및 아시아에서 운용되는 범유럽 광역 패이징 네트워크.
error correction		순방향 에러 정정(FEC) 기법을 사용하여 무선채널을 통해 전송되는 데이터의 에러를 정정하는 절차.
error distribution		통신채널의 에러 분포 방법을 나타냄. 일반적인 분포 방법은 가우스(랜덤) 분포와 레일리(버스트) 분포이다.
error probability		확률 밀도 함수(PDF)와 관련한 에러 가능성의 계산치.
error vector		에러 벡터는 기준 신호와 측정된 신호 사이의 벡터차를 말하며, 진폭과 위상 성분을 포함하는 복합 양이다.
ESMR	Enhanced Specialized Mobile Radio	Specialized Mobile Radio Services에 대한 2세대 무선기술 어플리케이션
ESN	Electronic Serial Number	이동 단말기에 주어진 고유 전자 식별번호. 이 번호는 이동단말기의 신원을 확인하는데 사용된다.
ETACS	Extended Total Access Communications System	영국에서 개발되어 유럽과 아시아에서 이용이 가능한 아날로그 이동전화망
E-TDMA	Enhanced TDMA	3개의 타임슬롯으로 6개의 호가 전달될 수 있도록 디지털음성보간(DSI) 및 1/2비 코딩을 사용하는 TDMA 기법. 시스템은 40% 음성 활성 지수를 활용해 이를 수행한다.
ETSI	European Telecommunications Standard Institute	유럽의 전기통신 표준화 기구
EVM	Error Vector Magnitude	디지털 RF 통신 시스템에서 폭 넓게 사용되는 변조 품질척도. 심볼 클록 전이 순간에 있어서의 시간에 대한 에러벡터의 루트 평균 제곱(rms) 값이다. 적절하게 사용되는 경우, EVM 및 관련 측정치들은 신호상에 존재하는 왜곡의 유형을 정확하게 찾아 낼 수 있으며, 나아가 이들의 소스까지도 식별할 수 있도록 해 준다.
extranet		회사의 인트라넷을 인터넷 등으로 확장하여 고객, 공급업체, 이동 작업자들이 웹을 통해 회사의 사설 데이터와 어플리케이션을 이용할 수 있도록 한 것. 일반적으로 엑스트라넷은 특정한 방화벽을 통한 실시간 접속을 의미한다.
eye diagram		오실로스코프 또는 유사 장비에 디스플레이되는 수신된 PAM 신호의 세그먼트들을 중복해 표시한 것. 아이 다이어그램은 무선 채널의 손상을 평가하는데 사용된다.
FACCH	Fast Associated Control Channel	트래픽 채널의 정보를 선취함으로써 도출되는 채널. 핸드오프나 유사한 이용 형태의 전송에 사용된다.

fading		정상 신호강도 값에 대한 신호강도 값의 편차. 페이딩은 보통 음의 값을 가지며, 빠르거나 느릴 수 있다. 페이드의 분포는 통상적으로 가우스, Rician 또는 레일리 분포의 특성을 갖는다.
fast fading		다중경로 전파와 관련한 단기 구성요소. 이동 단말기의 속도와 신호의 전송 대역폭에 의해 영향을 받는다.
fast packet switching		여러 가지 방향에서 종래의 패킷 교환과는 다른 새로이 부상하고 있는 패킷 중심 디지털 기술. 해당 정보가 영상이면, 음성이면, 데이터이면 단일의 패킷 포맷으로 모든 데이터를 전송한다는 점이 뚜렷한 특징이다. 고속 패킷 교환에서는 짧은 고정길이 패킷(셀)을 사용하며, 하드웨어 교환을 통해 초당 100,000에서 1,000,000 패킷의 속도까지 가능할 수 있다.
FAW	Frame Alignment Word	에러 발생시 프레임 구조에 재 동기시킬 수 있도록 하기 위해 코덱에서 사용하는 고유 디지털 워드.
FCC	Federal Communications Commission	1934년 제정되고 이후 수정된 통신 법에 의해 설립된 미국통신 기술을 담당하는 규제 기구. 미국 내에서 발생하는 주사이의 통신(유선, 무선, 전화, 전신 및 전기통신)을 관장한다.
FCCH	Frequency Correction Channel	모두 0의 주파수 정정 데이터 버스트를 전송하기 위해 사용되는 GSM 시스템의 논리 채널. 이동단말기에서 결과로서 나타나는 주파수 편이를 주파수 정정을 위해 사용한다.
FDD	Frequency Division Duplex	스펙트럼 쌍을 사용하는 무선 기술. GSM 등의 셀룰러 통신 시스템에서 사용된다.
FDMA	Frequency Division Multiple Access	각각의 활성 사용자에게 개별적인 주파수 채널을 할당함으로써 복수의 사용자가 무선 주파수 스펙트럼을 공유할 수 있도록 하는 방법. 이 방식에서는 사용자들의 이용 가능 확률이 채널 수보다 크도록 주파수 그룹이 동적으로 할당된다.
FEC	Forward Error Correction	사용된 인코딩 방식에 대한 인식을 기반으로 제한된 수의 디지털 스트림의 에러가 정정될 수 있도록 하는 인코딩 기법
FER	Frame Erasure/Error Rate	처리될 수 없는 에러 데이터 프레임 수의 척도. FER은 보통 백분을 또는 지수 형태로 표현된다.
FH	Frequency Hopping	전송과 관련된 주파수 또는 주파수 세트의 주기적 변화. 반송 주파수에 대한 의사랜덤 선택을 가지는 변조된 펄스의 시퀀스.
FHMA	Frequency Hopped Multiple Access	통신 서비스의 제공을 위한 시스템으로서 작동하는 주파수호핑 커뮤니케이터들의 세트. 통상적으로 모든 커뮤니케이터들은 동일한 세트의 반송 주파수들을 사용하고 호핑 시퀀스를 조정하여 네트워크에서의 간섭을 최소화 한다.
FHSS	Frequency Hopped Spread Spectrum	사용된 채널의 시퀀스를 판정하기 위해 랜덤 또는 의사랜덤코드를 사용하여 매우 많은 RF 채널들을 교차하여 호핑된 RF 반송파를 사용하는 스펙트럼 확산 기법.
FIR	Finite Impulse Response	전기회로나 네트워크를 시간 영역에서 특성을 분석하기 위해 사용되는 기법
flat fading		채널내의 모든 주파수를 동일한 양만큼 감쇠 또는 페이딩하는 통신 채널의 페이딩 유형
FM	Frequency Modulation	정현 반송파의 순시 주파수가 변조 파의 순시 값에 비례하는 양만큼씩 반송 주파수로부터 이탈되도록 하는 각도 변조의 한 유형.
forward link		다운링크 참조.
framing		데이터 스트림의 다양한 논리 채널들을 검파하여 처리할 수 있도록 전송된 데이터를 정규적인 패킷으로 조직화 하기 위해 디지털 통신 시스템에서 사용되는 기법.
frequency diversity		정보 전송에서의 복수 주파수의 동시 사용. 이는 서로 다른 주파수들의 파장으로 인해 상관성이 없는 상이한 페이딩 특성이 초래될 수 있기 때문에 다중경로 페이딩의 영향을 극복하기 위해 사용되는 기법이다.
frequency reuse		통신 시스템 내에서 주파수와 채널을 재사용하여 용량과 스펙트럼 효율을 향상시키기 위한 기법. 일반적으로 주파수재사용은 정규적인 재사용 패턴을 활용한다.
frequency selective fading		소규모 주파수 그룹에서의 강력한 다중경로 요소가 원인이되어 해당 주파수에 대해 발생하는 신호 페이딩의 유형.
FSK	Frequency Shift Keying	복수의 반송 주파수를 사용하여 디지털 정보를 전달하도록 하는 변조 유형. 가장 일반적인 형태는 2 주파수를 사용하여 이진수

		1과 0을 전달하도록 하는 2 주파수 FSK 방식이다.
full rate		일반적으로 통신 시스템의 음성 코덱에 적용되는 용어. 기술을 통해 시스템의 용량을 배가시킬 수 있게 됨에 따라 대부분의 프레임 포맷이 1/2 코딩의 구현을 목적으로 완전 및 1/2 채널을 수 용할 수 있도록 설계되어 있다. 완전 비율(full-rate) 코덱은 이 용 가능한 모든 타임슬롯을 사용한다.
Gaussian channel		채널에서의 랜덤 에러 분포를 초래하는 광대역 균일 노이즈 스펙트럼 밀도 속성을 가지는 RF 통신 채널.
GGSN	Gateway GPRS Support Node	셀룰러 네트워크에서 IP 네트워크로의 게이트웨이.
GHz	Gigahertz	10억 Hz에 해당하는 주파수 단위
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying	위상 변조기에 인가되기 전에 입력 데이터의 가우스 필터링을 거치는 변조 기법. 이는 좁은 스펙트럼 점유 및 양호한 인접 채널 간섭 성능을 가져올 수 있다.
GOS	Grade of Service	가입자의 성공적인 네트워크 접속 및 호출 완료에 대한 척도. 일반적으로 서비스 등급은 불충분한 네트워크 자원으로 인해 분주한 시간(busy-hour) 동안 가입자가 시도하는 호출이 차단되는 백분율로서 표현된다.
GPRS	General Packet Radio Service	GSM 네트워크를 통한 고속(115 kbps) 무선 인터넷 및 기타 데이터 통신을 가능케 하는 패킷 링크(packetlinked)기술. 이는 제한된 대역폭의 효율적인 이용으로서 간주되며, 특히 소규모 데이터 버스트를 송수신하는데 적합하다.
GPS	Global Positioning System	미국 국방성이 개발한 전세계 무선 항법 시스템. 군사적 목적 외에도 해상 및 지상 항법(예를 들면, 차량항법 장치)에도 폭 넓게 사용된다.
GSM	Global System for Mobile Communication	원래 디지털 이동 전화를 위한 범유럽 표준으로서 개발된 GSM은 세계에서 가장 널리 사용되는 이동 시스템이 되었다. 유럽, 아시아 및 호주에서는 900 MHz와 1800 MHz 주파수로, 북미와 중남미에서는 1900 MHz 주파수로 사용된다.
GSM 1800	A digital network working on a frequency of 1800 MHz.	유럽, 아시아 태평양 및 호주에서 사용된다. DCS 1800 또는 PCN이라고도 한다.
GSM 1900	A digital network working on a frequency of 1900 MHz.	미국과 캐나다에서 사용되며 중남미 및 아프리카 일부에서도 사용이 예정되어 있다. PCS 1900이라고도 한다.
GSM 900		GSM 900 또는 GSM은 세계에서 가장 널리 사용되는 디지털 네트워크이며, 현재 전 세계, 특히 유럽과 아시아 태평양을 중심으로 100여 국가 이상에서 운용 중에 있다.
guard band		인접 시스템 상호 간의 간섭을 방지하기 위해 사용되는 주파수 또는 대역폭의 세트. 일반적으로 보호대역은 주파수할당 가장자리 영역에서 상이한 유형의 시스템들 사이에 사용된다.
HAAT	Height Above Average Terrain	평균 지형 위의 안테나 높이의 척도. 이 값은 FCC가 고지대 사이트에 대한 높이 제한과 전송 전력의 준수 여부를 판정하는데 사용된다.
half rate		보통 통신 시스템의 음성 코덱에 적용되는 용어. 대부분의 프레임 포맷은 기술 진보로 인해 시스템 용량이 배가될 수 있게 됨에 따라 1/2 코딩을 구현하기 위한 목적으로 완전 및 1/2 채널을 모두 수용할 수 있도록 설계되어 있다. 1/2코덱은 프레임의 타임슬롯 반만을 사용한다.
Hamming code		최대 2개의 에러를 검출하여 하나를 정정할 수 있는 널리알려져 있는 단순한 블록 코드 종류. 특별하게 강력한 성능은 아닐지라도 표준 구성 어레이가 단일 에러에서 존재할 수 있는 모든 에러 패턴을 가지는 완벽한 코드 중 하나이다.
hand-off		사용자가 현재 기지국의 범위를 벗어나 이동함에 따라 진행중인 호출 중단 없이 현재 기지국에서 다른 기지국으로 전환하는 절차.
hand-over		사용자가 범위 밖으로 이동하거나 네트워크 소프트웨어가 호 경로를 재설정함에 따라 한 기지국에서 다른 기지국으로 호출 신호를 넘겨주는 절차.

hard hand-off		주파수 변경과 관련한 핸드오프를 나타내기 위해 CDMA시스템에서 사용하는 용어. 하드 핸드오프는 다른 무선 시스템에서와 똑같이 핸드오프를 수행하기 전에 중단이 있으며, 현재 기지국과 핸드오프 후보 기지국이 동일한 RF 채널을 사용하지 않도록 해서 사용해야 한다. 소프트 핸드오프 참조.
Hata model		육상 이동 시스템의 신호강도 레벨을 예측하는데 사용된 오텀라-한타 모델을 지칭하는 일반 명칭
HLR	Home Location Register	이동 가입자의 관리를 담당하는 기능 단위. HLR에는 가입자 정보와 이동장치 정보 부분의 두 유형의 정보가 담겨 있어 착신호를 이동 가입자에게 경로를 지정할 수 있도록 한다. HLR에는 IMSI, MS ISDN 번호, VLR 주소, 부가서비스에 관한 가입자 데이터 등이 저장되어 있다.
HPSK	Hybrid Phase Shift Keying	제로 교차(zero crossings)와 0도 위상 전이를 감소시킴으로써 신호의 피크 대 평균 비를 줄이기 위해 3세대 시스템의 역방향 링크에서 사용되는 확산 기법OCQPSK(Orthogonal Complex Quadrature Phase Shift Keying)로도 알려져 있다. 자세한 내용은 애컬린트어플리케이션 노트 HPSK Spreading for 3G 참조.
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data	주로 GSM 시스템에서의 높은 전송 속도(최대 57 kbps)를 위한 회선 링크 기술
Hz	Hertz	무선 주파수 측정 단위(1 Hz = 초당 1 사이클)
I	In-Phase	PSK 변조에서 기준위상 채널. Q 참조.
IF	Intermediate Frequency	복조에 앞서 증폭, 필터링 및 레벨 제어가 이루어지는 슈퍼헤테로다인 수신기의 작동 주파수.
IMAP4	Internet Messaging Access Protocol	원격 메일박스 접속 프로토콜. 실제 e-메일을 다운로드 하기에 앞서 e-메일 헤더를 먼저 수집함으로써 필수 데이터만을 다운로드 하는 것과 같은 효율적인 작동을 가능케 한다. 이 기능은 프로토콜을 원격 환경에 잘 들어맞게 해 준다.
IMEI	International Mobile Station Equipment Identity	GSM 이동단말기가 서로를 고유하게 식별할 수 있도록 이동단말기에 할당된 식별 번호. 이 번호는 형식 승인 코드, 최종 조합 코드 및 일련 번호를 포함하여 15 자리로 구성된다.
i-mode	Internet Mode	NTT 도코모가 1999년 봄에 일본에서 개시한 무선 서비스. 서비스는 무선 패킷망(PDC-P)에 의해 접속되고, 콘텐츠는 HTML 언어 서브셋으로 기술된다.
IMSI	International Mobile Station Identity	서비스 가입시에 이동단말기에 할당되는 고유 15자리 숫자. 이동 국가 코드, 이동 네트워크 코드, 이동 가입자 식별번호 및 국가 이동 가입자 식별번호로 구성된다.
IMT-2000	International Mobile Telecommunication 2000	UN의 기구중 하나인 국제전기통신연합(ITU)에서 사용하는 용어로서, 2000년대를 대비한 3세대 이동전화를 지칭한다. 전송 속도와 기타 여러 요건들을 충족하는 이동전화 표준에도 적용할 수 있다.
IMTS	Improved Mobile Telephone Service	Bell System에 의해 도입된 Mobile Telephone Service(MTS)의 개선판. 이 버전은 자동 다이얼링 등의 특징과채널을 추가하였으며, AMPS 시스템의 선구가 되었다.
IN	Intelligent Network	보통 첨단 지능망(Advanced Intelligent Network)이라부르기도 한다. 네트워크 상에 특징을 구현하고 기능을 컨트롤하기 위해 사용되는 장비, 소프트웨어 및 프로토콜의 네트워크이다.
interleaving		블록의 원래 데이터 비트들 사이에 다른 데이터 블록의 데이터 비트를 끼워 넣음으로써 보다 넓은 시간 프레임에 걸쳐 데이터의 블록을 확산시키는 절차. 인터리빙은 동일한 블록으로부터의 비트들이 인접하지 않도록 하여 FEC가 보다 효율적이 되는 포인트에 대해 비트 에러들이 랜덤화 되도록 데이터를 확산시키기 위해 디지털 시스템에서 자주 사용된다. 이 기법은 사용하는 시스템은 레일리(rayleigh)및 기타 버스트성 페이딩(bursty fading)과 간섭 현상보다 높은 내성을 보이는 경향이 있다.
Internet capability		웹 페이지 보거나 e-메일을 목적으로 인터넷 접속을 가능케하는 무선 네트워크의 기능.
IP	Internet Protocol	정보가 인터넷 상에서 시스템 사이를 이동할 때 취급되는방법을 정의하는 명령들의 세트.
IPR	Intellectual Property	특허권이라고도 하는 이 용어는 발명을 하여 상용화 한 다음 사

	Rights	레비를 받고 이를 제조업자에게 라이선스 할 수 있는 발명자 또는 양수인의 권리이다.
IPv6	Internet Protocol version 6.	최신 IP 버전. 긴 주소 필드를 사용해 주소 부족을 해소함으로써, 인터넷의 추가적인 확대를 가능케 한다. 또한, 프로토콜에 보안과 이동성이 구축되어 있다. 현재 사용되는 IP 주소는 거의 모두 IPv4이며, 현재의 인터넷 성장 속도로 볼 때 이러한 주소 유형은 2010이면 소진될 것이다. 반면, IPv6은 이전의 IPv4의 10배 내지 29배 더 많은 주소를 이용할 수 있게 해 줄 것이다.
IS-136	EIA Interim Standard 136 - NADC with Digital Control Channels	TDMA 기술에 기반한 북미 디지털 이동전화 표준. 완벽한 2세대 시스템을 구현하는 TDMA 규격의 버전이며, 아날로그 AMPS와 호환이 가능하다. TDMA 및 D-AMPS 참조.
IS-2000	EIA Interim Standard 2000 (see cdma2000)	3세대 서비스로의 전이 경로를 제공하는 현행 CDMA 시스템 표준.
IS-41		미국의 아날로그와 디지털 두 표준에 기반한 시스템 연결을 위한 네트워크 간 연결 프로토콜
IS-54	EIA Interim Standard for U.S. Digital Cellular	초기의 TDMA 디지털 표준. 1992년에 구현되었다. 이 표준은 AMPS 시스템에서 디지털 채널의 사용을 가능케 한 첫 번째 표준이다. 디지털 트래픽 채널을 사용했지만 아날로그 제어 채널의 사용도 유지되었다. 이 표준은 1996년 IS-136 디지털 표준으로 대체되었다.
IS-95	EIA Interim Standard 95 (see cdmaOne)	CDMA 기술에 기반한 원래의 디지털 이동전화 표준. CDMA 참조.
ISDN	Integrated Services Digital Network.	기존의 전화 인프라를 통해 음성, 데이터 및 영상을 교환 또는 고정 방식으로 고속 전송할 수 있도록 하는 기술. 이 서비스는 하나 이상의 64 kbps 디지털 채널을 중심으로 하고 종래의 모델은 사용하지 않는다.
ISI	Inter-Symbol Interference	비트 스트림(bit stream)에서 이전 심볼의 에너지가 나중 심볼에 나타나는 간섭 효과. 통상적으로 ISI는 데이터 스트림(data stream)의 필터링에 의해 초래된다.
ITU	International Telecommunications Union	전기통신 관련 문제를 다루는 UN의 전문기구.
IWF		무선 시스템과 전화망 사이에서 데이터를 인터페이스 하는 기법. 무선 인터페이스와 이동 통신망을 통해 전송된 데이터를 공동 전화망에서 인식하여 전송할 수 있는 포맷으로 변환하기 위해 보통 모델이나 데이터 터미널 어댑터를 사용한다.
kHz	kiloHertz	무선 주파수 측정 단위(1 kHz = 초당 1천 사이클)
LAI	Location Area Identity	가입자의 홈 영역의 식별을 위해 GSM 단말기의 SIM에서 전달되는 정보. 과금이나 서브넷 운용 목적으로 이용된다.
LAN	Local Area Network	한 건물이나 건물들의 집합 등 제한된 영역에서 이용되는 소규모의 데이터 통신망
Lee's model		벨 연구소에서 개발되어 William Lee에 의해 대중화된 경사 인터셉트(slope-intercept) 파 전파 예측 모델. 이 모델에서는 기지국으로부터의 짧은 거리에서의 초기 조건을 가정하며, 이를 기지국과 이동장치 사이의 경로 손실을 예측하기 위한 경사 인터셉트 모델의 한 종단으로서 사용한다.
link		송신기와 수신기 사이의 무선 연결
link budget		송신기와 수신기가 성공적으로 작동할 수 있는 최대 거리를 판정하기 위해 사용되는 안테나, 송신기, 전송선로 및 전파 환경과 관련한 이득 및 손실 지수를 계산한 것
LMDS	Local Multipoint Distribution System	29 GHz에서 동작하여 고속 디지털 트래픽을 전달하는 포인트 투 멀티포인트(point to multipoint) 시스템을 지칭 하는 이름. 이 시스템은 보통 셀룰러 시스템처럼 배치되고, 지역 전화 회사와 경쟁적인 서비스를 제공하기 위한 현재 기업체들에 의해서 현재 이용되고 있다.
LNA	Low Noise Amplifier	수신 시스템에서 노이즈에 의해 C/N이 추가적으로 나빠지지 않도록 수신기의 안테나 바로 가까이 위치하여 C/N 값을 얻기

		위한 고도로 낮은 내부 노이즈 특성을 가지는 수신 전치증폭기(pre-Amplifier).
location registration		이동 가입자에 대한 위치 및 기타 정보를 유지하기 위해 사용되는 여러 데이터베이스들 중 하나. HLR 및 VLR 참조
logical channel		물리 채널로부터 파생된 통신 채널. 여러 논리 채널을 포함한 데이터 스트림(data stream)을 운송하는 물리적 채널 즉, RF 채널을 지칭. 여기에는 보통 복수의 제어 채널과 트래픽 채널이 포함된다.
LOS	loss of signal	링크 예산 손실을 설계 파라미터 이상으로 증가시키는 지형 장애물이나 기타 현상으로 인해 수신 신호가 임계값 이하로 떨어지는 상태.
LOS	line of sight	통신 시스템의 송신 안테나와 수신 안테나 사이에 장애물이 없는 무선 경로나 링크를 지칭하는 용어.
LPA	linear power amplifier	선형 응답을 생성하도록 설계, 최적화된 다중 반송파 송신 기의 최종 증폭 단. 선형 모드의 동작을 통해 증폭기는 인 접 채널 간섭을 초래할 수 있는 상호변조곱(intermodulation products) 및 사이드로브(side-lobe)스펙트럼을 생성하는 비선형 효과를 감소시킬 수 있다.
LPC	Linear Predictive Coding	사람의 음성이 생성하는 것과 유사한 방식으로 주기 펄스를 사용하여 필터를 여기하는 음성 인코딩 방식. 과거 데이터(백터로서 표시)에 대한 지식을 이용하여 피드 포워드(feed-forward) 방식으로 미래 값을 예측한다는 점에 있어 예측적 코드라 할 수 있다.
LSB	Least Significant Bit	이진 코딩 방식에서 가장 하위의 수치 값을 갖는 비트. 십진수의 단자리(일자리)에 비유할 수 있다.
lu		무선통신 컨트롤러 네트워크 및 패킷 서브시스템 사이의 표준화된 인터페이스(예를 들면, RNC-3GSGSN).
lub		기지국과 무선통신망 컨트롤러 사이의 인터페이스.
lur		개방형 RNC-RNC 인터페이스.
MAC	Medium Access Control	무선 LAN의 모든 노드들 사이의 접속을 중재하는 프로토콜.
macro cell		대규모 물리적 영역을 취급할 수 있는 무선 시스템의 대형셀. 매크로 셀(macro cell)은 시골 지역이나, 가입자 또는 트래픽 밀도가 낮은 기타 지역에 사용된다.
MAHO	Mobile Assisted Handoff	핸드오프 과정의 일부로서 이동단말기로부터의 피드백을 적용한 핸드오프 기법. 보통 피드백은 신호 레벨 및 다운 링크의 품질 측정치와 인접 셀로부터의 신호 레벨 측정치들.
MAP	Mobile Application Part	여러 레지스터들과 다른 MSC들 사이의 통신에 SS7 프로토콜 스택의 하위 레벨 계층(TCAP, SCCP 및 MTP)을 사용하는 프로토콜.
matched filter		송신기 필터-채널 조합 임펄스 응답에 대한 시간 반전, 공액 복소수(complex conjugate) 임펄스 응답과 동등한 임펄스 응답을 가지는 수신기 필터.
MC-CDMA	Multi-Carrier Code Division Multiple Access	일반적으로 이 용어는 하나의 광대역 반송파를 형성하기 위해 3개의 IS-95 반송파를 조합한 것을 의미한다. 3세대 시스템을 향한 IS-95의 진보된 형태이다. cdma2000이라고도 한다. 현재의 명칭은 임시적인 것이며 향후 3GPP2에서 이 기술에 대한 공식 명칭이 결정되어야 한다.
Mcps	Mega Chips per Second	직접 시퀀스 확산 코드의 확산 시퀀스에서 초당 비트(칩)수의 측정 단위.
MHz	Megahertz	초당 1백만 Hz 또는 사이클의 주파수 단위. 무선 통신은 800 MHz, 900 MHz 및 1900 MHz 대역에서 이루어진다.
micro cell		고도로 높은 이동전화 가입자 밀도를 갖는 영역에서 서비스를 제공하도록 설계된 초소형의 서비스 구역(coverage area)을 갖는 기지국. 전통적으로 마이크로 셀은 컨벤션센터, 공항 등의 영역에 사용되고 있다.
MIN	Mobile Identification Number	이동장치에 부여되어 있는 고유 식별 번호. 대부분의 경우액, 이 번호는 단말기의 전화 번호이다. 야날로그 셀룰러의 경우 MIN은 호출의 경로를 설정하는데 사용된다. 대부분의 2세대 시스템의 경우, 시스템은 핸드셋에 임시 번호를 할당하여 보안 유지 상태에서 호출의 경로를 설정한다. TMSI 참조.

μ-law companding		μ-법칙에 기반한 음성 신호에 대한 비선형(로그) 양자화, 압신(companding) 및 인코딩 기법의 한 유형. 이 압신유형에서는 μ 지수 255를 사용하며, 폭넓은 다이내믹 레인지에 걸쳐 양호한 신호 대 양자화 노이즈 비를 제공하도록 최적화 된다.
MMM	Mobile Media Mode	WWW:MMM 로고는 최첨단 웹 기반 제품과 서비스를 나타내는 전체 업계 차원의 마케팅 혁신을 의미하는 마케팅 심볼이다.
MMS	Multimedia Messaging Service	절단 무선 단말기에서 사용하기 위해 정의되고 있는 새로운 표준이다. 서비스 개념은 단문 메시지 서비스로부터 파생되었으며, 이미지, 오디오, 비디오 클립 등과 같은 다양한 멀티미디어 콘텐츠를 비실시간으로 전송할 수 있도록 한다. 예를 들어, 현재의 텍스트 메일의 진보된 형태로서 전자 엽서, 오디오/비디오 클립 등을 전송할 수 있다.
mobile phone network		셀들의 네트워크. 각 셀은 무선 기지국에 의해 서비스되며, 무선 신호로서 호출이 사용자의 이동전화로 전송되고 이동 전화로부터 수신된다.
modulation		음성 대화는 이진 비트(디지털 정보)로서 코딩되어 전송된 다음 수신측에서 디코딩 된다.
MOS	Mean Opinion Score	사용자에 의한 전화 접속 성능의 평가에 사용되는 통계적 평가 및 점수 부여 기법.
MPE	multi-pulse excited	음성 코덱의 샘플 펄스의 위치와 진폭을 결정하기 위한 다중 펄스 절차.
MPEG	Moving Picture Experts Group	압축 영상 전송에 대한 표준을 정의하고 있는 전문가 그룹. 파일 포맷 자체를 지칭할 수도 있다.
MPEG4	Moving Picture Experts Group Compression Standard Version 4.	MPEG4는 음성, 비디오 및 관련 제어 데이터 압축을 위한 기술이며, MPEG(동영상 전문가 그룹) 국제 표준 중 하나이다. 이동 통신 등과 같은 난해한 환경에서조차도 고속의 안정적인 비디오 전송을 가능케 해 준다는 점으로 인해 현재 관심이 집중되고 있다. 이러한 첨단 기술의 통합으로 3세대 단말기에서 풍부한 멀티미디어 기능들을 이용할 수 있게 될 것이다.
MS	Mobile Station	무선 통신망의 고객 단말기를 지칭하는데 사용되는 용어.
MSA	Metropolitan Statistical Area	셀룰러 사업자가 서비스를 제공하도록 허가 받은 지리적 영역. MSA는 금융, 상업 및 경제적인 측면에서 공통적인 권역을 갖는 대도시 지역들에 있는 행정구역들의 집합을 말하며, 1980년대 초에 셀룰러 서비스를 허가하는 데에서 처음 사용되었다. MSA는 일부 경우에는 국가의 경계선을 교차한다. MSA는 경제 데이터를 수집하기 위해 미국 상무성에서 처음 사용되었다.
MSB	Most Significant Bit	이진 코딩 방식에서 가장 상위의 수치 값을 갖는 비트. 십진수의 가장 왼쪽 숫자 위치에 비유할 수 있다.
MSC	Mobile Switching Center	2세대 무선 통신망에서 이동단말기에 대한 교환 기능을 제공하는 장소. MSC는 이동단말기와 PSTN 및 기타 이동단말기 사이에서 모든 호를 교환한다.
MSK	Minimum Shift Keying	정현파 형태로 성형된 입력 데이터 펄스를 사용하여 위상변조기를 구동하는 변조 기법. 기존 QPSK에 비해 선형적인 위상 변화를 초래하여 보다 낮은 사이드 로브(side lobes)와 인접 채널 간섭의 감소 효과를 얻을 수 있다.
MTA	Major Trading Area	PCS 사업자가 서비스를 제공하도록 허가 받은 지리적 영역. MTA는 금융, 상업 및 경제적인 측면에서 공통적인 권역을 갖는 대도시 지역들에 있는 BTA들의 집합을 말하며, 1990년대 중반에 PCS 서비스를 허가하는 데에서 처음 사용되었다. MTA는 대략적으로 셀룰러 MSA보다 여러배 더 큰 크기이며 일부 경우에는 여러 국가간의 경계선을 교차할 수도 있다. MTA는 경제적인 데이터를 요약하기 위해 Rand-McNally 사에 의해 사용된다. MTA는 FCC가 사용하는 최대 허가 영역 중 하나이다.
MTSO	Mobile Telephone Switching Office	1세대 무선 통신망에서 이동단말기에 대한 교환 기능을 제공하는 장소. MTSO는 이동단말기와 PSTN 및 기타 이동단말기 사이에서 모든 호를 교환한다.
multipath		동일한 신호원이 길이가 서로 다른 다양한 전송 경로 상으로부터 취해짐으로써 시간이 편이되어 여러 형태로 다른 위치로부터 도달하는 파 전파의 현상.
multiple		복수의 무선 링크 또는 사용자들이 조정 방식을 통해 동일한 무

access		선채널을 사용할 수 있도록 하는 절차. 전형적인 다중접속 기술에는 FDMA, TDMA, CDMA 및 FHMA가 있다.
NADC	North American Digital Cellular	IS-136 참조.
NAM	Number Assignment Module	MIN, ESN, 홈 시스템 ID 및 기타 정보를 포함시키도록하는 데 사용되는 AMPS 아날로그 전화의 프로그램 가능모듈.
N-AMPS	Narrowband Advanced Mobile Phone System	AMPS의 전송 표준을 디지털 시그널링 정보와 조합함으로써 AMPS의 용량을 3배 증대시키는 한편, 기본적인 메시징 기능을 추가하는 방식.
nested codes		내부 코드에 의해 수정될 수 없는 버스트 에러를 외부 계층에 의해 수정될 수 있도록 충분한 블록에 걸쳐 적절히 확산시키는 방식으로 계층(내부 및 외부)들이 조합된 연쇄(concatenated) 블록 코드의 유형.
NMC	Network Management Center	MSC, 위치 레지스터 및 기지국 등의 네트워크 자원을 관리하는 데 사용되는 운영센터.
NMT	Nordic Mobile Telephony	1980년대 초에 스웨덴, 노르웨이, 핀란드 및 덴마크의 전기통신 주관청이 창설한 아날로그 이동전화를 위한 북유럽공동 표준. NMT 시스템은 또한, 러시아의 일부, 중동 및 아시아 국가들과 함께 일부 유럽 국가들에도 설치되어 있다. NMT는 450 MHz ~ 900 MHz 대역으로 운영된다.
NMT-450	Nordic Mobile Telephony - 450	북유럽에서 450 MHz 대역을 활용해 개발, 운용된 초기 셀룰러 시스템
noise figure		증폭기나 수신 시스템 자체에 의해 신호에 부가되는 과도한 노이즈 양을 나타내는 수신기 및 전치증폭기(preamplifier)에 대한 성능 지수. 노이즈 지수가 낮을 수록 과도 노이즈가 신호에 덜 부가된다.
NRZ	Non Return to Zero	여러 클록 사이클에 걸쳐 연속적인 1들 사이에서 0 상태로의 복귀 없이 연속적인 데이터 펄스 1이 지속되는 데이터스트림의 유형.
NSS	Network Switching Subsystem	네트워크 내의 연결과 통신을 관리하는 GSM 네트워크의 해당 구간. BSS와 OSS가 네트워크의 주요 구성요소가 된다.
Nyquist filter		샘플링 속도와 동등한 차단 주파수를 가지는 이상적인 저역통과 필터. 이 기법은 D/A 컨버터에서 PAM 펄스를 아날로그 신호로 변환하기 위해 사용된다.
Nyquist rate		대역폭 제한된 파형을 디지털 펄스로 변환하기 위해 나이퀴스트에 의해 제한된 최소 샘플링 속도. 이 속도는 샘플링 중인 파형의 최고 관심 주파수의 두 배 이상이어야 한다.
OAM&P	Operations, Administration, Maintenance & Provisioning Center	네트워크의 운용, 관리, 유지 보수에 사용되는 운영 센터.
OCQPSK	Orthogonal Complex Quadrature Phase Shift Keying	HPSK라고도 한다. HPSK 참조.
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex	많은 수의 직교 부반송파(orthogonal subcarrier)를 채용하여 심볼 블록들을 병렬로 전송하는 변조 기법. 데이터블록 단위로 나누어져 개별적인 부반송파(subcarrier) 상에 병렬로 전송된다. 이를 통해 심볼 주기가 증가되고 지연 확산의 영향이 감소될 수 있게 된다.
Okamura model		1960년대 말에 Yoshi Okamura 등이 개발한 육상 이동 통신을 위한 파 전파 예측 모델.
OMC		Operations & Maintenance Center 무선 통신망을 운용, 유지보수 하는데 이용되는 장소.
operator		AT&T, Vodaphone 및 BT 등과 같은 전화망 운영 업체.
OQPSK	Offset Quadrature Phase Shift Keying	I 및 Q 채널 상의 비트 스트림을 1/2 비트씩 오프셋시키는 QPSK 변조의 한 유형. 이를 통해 진폭 변동을 감소시켜 스펙트럼 효율의 개선을 가져올 수 있다.
ORFS	Output Radio	인접 주파수 채널(ARFCN)의 간섭, 그리고 버스트 내의변조와

	Frequency Spectrum	상향 및 하향 경사 전력(스위칭 과도)의 영향으로 인한 결과를 테스트 하는 GSM 신호에 대한 척도. ORFS는 GSM 송신기의 핵심적인 척도이다.
OSI	Open System Interconnect	통신 시스템의 상호접속과 사용자들 사이의 정보 교환을 모델화 하기 위한 계층 구조를 가리키는 참조 모델. 물리 계층, 링크 계층, 네트워크 계층, 전송 계층, 세션 계층, 표현 계층 및 응용 계층의 7개 계층으로 구성된다.
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Function	트리 구조의 직교 코드(orthogonal code)들의 세트로부터 유도된 확산 코드들의 세트로서, IMT-2000/ULTRA 시스템을 채널화 하기 위해 사용된다.
PA	Power Amplifier	저 레벨 또는 중간 레벨의 신호를 취하여 전력 레벨을 끌어 올릴 수 있도록 해 주는 장치. 보통 전력 증폭기는 송신기의 최종 증폭 단이다.
PABX	Private Automatic Branch Exchange	3자리 또는 4자리 내선 번호를 기반으로 트렁크 그룹을 포함하는 중앙 전화 교환국과 인터페이스하고 호 경로를 설정 할 수 있는 고객 구내의 전화 교환 시스템
packet		인터넷 등의 패킷 교환망을 통해 전송되는 데이터의 조각. 패킷에는 데이터 뿐만 아니라 발신 및 착신에 관한 주소 정보도 포함되어 있다.
packet radio		데이터를 패킷으로 전송하여 운영되는 무선 시스템.
packet switching		지정된 크기와 포맷의 개별 패킷을 네트워크에서 수용하여 착신지로 전달하는 네트워크에서의 데이터 교환 방식의 하나. 패킷의 시퀀스가 관리되며, 전송을 시작하기 전에 송신터미널과 네트워크 사이에 제어 정보(패킷에도 포함)에 의해 착신이 설정된다. 네트워크 전역을 통해 인터리브 되는 여러 노드들로부터의 패킷들과 함께 모든 사용자들에게 네트워크가 항상 개방되어 있다. 전송 시작시 전송된 제어정보가 수신 측에서 패킷들이 정확한 순서로 해석될 수 있도록 보장해 주기 때문에, 순서에 관계없이 패킷들을 전송할수 있다. 각 패킷이 고유 제어 명령을 지니기 때문에 어떠한 경로를 사용해 착신지에 도달해도 문제가 없다.
PACS	Personal Access Communications System	가정 사용자를 위해 설계된 저 이동성이 떨어지는 저 전력무선 시스템.
PAD	Packet Assembler/Disassembler	전송 데이터를 패킷으로 분할한 다음 수신 데이터를 긴 메시지로 다시 복원하는 패킷 전송 시스템의 일부.
pad		감쇠기 참조.
paging		가입자에게 경보하고 메시지를 전달하는 단방향 무선 서비스
PAM	pulse amplitude modulation	PCM 절차의 일부로서 아날로그 파형의 샘플들을 인코딩 하는 기법. QAM 신호의 진폭을 아이 다이어그램으로 디스플레이 하는 데에도 사용된다.
partial response signalling		송신기에 유입되는 심볼 간 간섭의 양을 통제하여 송신하는스펙트럼을 성형하기 위한 시그널링 기법.
path loss		송신기와 수신기 사이의 전파 환경에 의해 도입된 손실의양.
PBX	Private Branch Exchange	회사나 조직체에서 내부 호와 외부 호를 처리하기 위해 사용되는 교환 시스템.
PCH	Paging Channel	이동단말기로의 메시지 전송에 사용되는 GSM,cdma2000 및 W-CDMA 시스템의 논리 채널. 주로 이동단말기에 대한 착신 호 통지에 사용된다.
PCIA	Personal Communications Industry Association	개인 휴대 통신(PCS) 업체들을 대변하는 국제적인 교류협회. 주요 목표는 통신 업계의 규제 정책, 규정 및 기술 표준을 개발해 내는 것이다.
PCM	Pulse Code Modulation	현재 사용중인 디지털 변조 방식중 가장 지배적인 유형.PCM은 샘플링 절차를 통해 음성 파형의 아날로그-디지털변환을 수행하고, 샘플들을 인코딩하여 8비트 디지털 워드로서 시리얼 비트 스트림으로 전송한다.
PCN	Personal Communications Network	1800 MHz 주파수에서 동작하는 디지털 이동전화 전송을위한 표준(GSM 1800이라고도 한다). 유럽과 아시아 태평양 지역에서 사용된다.

PCS	Personal Communications Services	일반적으로 1900 MHz로 운용되는 북미의 다양한 양방향디지털 무선 서비스 제공 형태들을 설명하는데 사용되는 마케팅 용어. PCS 서비스에는 차세대 무선 전화 및 통신 서비스, 무선 로컬 루프, 경량 저 전력 핸드셋을 이용한 저가형 보행(walk-around) 통신 서비스, 기업용 건물내 무코드 음성 서비스, 기업용 건물내 무선 LAN 서비스, 향상된페이징 서비스, 유선 네트워크와 통합된 무선 서비스 등이 포함된다. 개인 휴대 통신 시스템은 통신 서비스를 제공하는 하드웨어와 소프트웨어를 지칭한다.
PCS	Personal Communications System	개인 휴대 통신을 제공하는데 사용되는 인프라.
PDA	Personal Data Appliance/Assistant	개인 휴대 정보 단말기
PDC	Personal or Pacific Digital Cellular	800 MHz와 1500 MHz 대역의 일본의 디지털 이동전화 표준. 일본 내의 서로 다른 유형의 초기 아날로그 이동전화 (NTT 유형 및 미국에서 개발된 TACS 유형) 사이의 호환성 부족이라는 문제를 해결하기 위해 디지털 이동전화를 PDC를 통해 표준화 하였다. PDC 표준의 경우 주로 6개 채널 TDMA(시분할 다중접속) 기술이 적용된다. 그러나 PDC는 세계적으로 폭넓게 보급되어 있는 GSM 표준을 채용한 장치와 호환되지 않는 전화기 형태로서 일본에서만 적용되는 표준이다. 그럼에도 불구하고 이 표준에 따른 디지털 방식은 훨씬 작고 가벼운 이동전화를 가능하게 해 주었고, 시장 확대에 큰 기여를 하게 되었다. 이러한 결과로 현재 일본의 전체 이동전화의 93% 이상이 디지털 방식이다.
PDF	Probability Density Function	X가 두 값 x_1 과 x_2 사이에 놓일 확률.
peak power		펄스형 또는 버스트형 송신기에 의해 방사된 최대 순시 전력. 송신기가 키잉될 때(keyed) 또는 작동될 때 방사되는 전력이다.
phase jitter		클록 복구 타이밍의 불완전성으로 인해 초래되어 디지털 복조에 도입된 불확실성의 정도.
PHP	Personal Handy Phone	일본의 Personal Handy Phone 시스템에 사용되는 이동핸드셋.
PHS	Personal Handy Phone System	초기 아날로그 무코드 전화 개념을 옥외에서도 이용이 가능하게 디지털화 하여 개선시킨 것. PHS는 유럽의 DECT와 CT2의 장점을 결합시킨 독특한 일본 표준을 통합하고 있다. 이 시스템은 1.9 GHz 대역으로 운용된다.
physical channel		무선 시스템의 다양한 논리 및 트래픽 채널을 포함하는 실제 무선 채널.
pico cell		건물 내에서 용량을 끌어올릴 수 있도록 하기 위한 이동 통신망의 초소형 셀
pilot code		각 기지국에 의해 지속적으로 모니터링되는 무변조 직접 시퀀스 스펙트럼 확산 신호를 특징으로 하는 CDMA 시스템의 논리 채널. 이 코드는 이동단말기가 순방향 채널의 타이밍을 포착할 수 있도록 하고, 복조를 위한 위상 기준으로서의 역할을 하며, 이동단말기가 포착이나 핸드오프를 위한 최상의(가장 강한) 기지국을 탐색할 수 있도록 한다.
pilot pollution		원거리 셀이나 기지국으로부터의 파일럿 코드가 간섭 문제를 일으킬 수 있을 만큼 충분히 강할 때 발생하는 CDMA 시스템의 동일 채널 간섭의 유형.
PIN	Personal Identification Number	특정 기능이나 정보의 접근에 대한 인증을 위해 모든 GSM 기반 전화기에서 사용되는 코드. PIN 코드는 가입과 함께 제공된다.
PLL	Phase Locked Loop	주파수 합성기 구조의 주요 구성요소. 이 장치는 신속성 있는 광범위한 내부 주파수 디바이더를 제공하여 합성기가 설계 요구 사항을 충족시킬 수 있는 기능을 가질 수 있도록 한다.
PLMN	Public Land-Mobile Network	GSM 시스템을 지칭하는데 사용되는 유럽의 용어
PMR	Private Mobile Radio	일반적으로 응급 사태나 채광 프로젝트 근로자 등과 같은 한정된 사용자 집단에서 사용한다.
PN	Pseudo-Noise	원래는 통신성(Ministry of Post, Telecommunications and Telegraph)을 지칭하였으나, 현재는 민영화 중이거나 민영화가 완료된 한 국가의 유력 운영업체를 지칭하는

용어		
PNCQPSK	Pseudo-Noise Complex Quadrature Phase Shift Keying	기본적인 복합 스크램블링 및 I 및 Q에 대해 PN 신호를 사용하는 확산 기법. 자세한 내용은 애질런트 어플리케이션 노트 HPSK Spreading for 3G 참조.
POCSAG	Post Office Code Special Advisory Group	페이징 업계를 위한 표준을 개발, 제정하는 국제 그룹.
polarization diversity		다이버시티 수신을 제공하기 위해 수평 및 수직의 상이한편파의 안테나를 사용하는 다이버시티 기법. 안테나는 다중경로 파 전파 특성을 활용하여 공간적으로 비상관적인 신호들을 수신한다.
power control		기지국과 이동단말기의 전송 전력을 적절한 성능의 유지에 필요한 최소한도로써 관리하기 위한 기법. 다운링크 전력제어는 기지국에 적용되고, 업링크 전력제어는 이동단말기에 적용된다. 전력 제어는 간섭의 관리와 이동단말기에 대한배터리 수명을 연장을 위해 거의 모든 무선 시스템에 사용된다.
power spectral density		1 Hz에 대해 정규화된 전력. 전력 스펙트럼 밀도와 시스템대역폭을 알면 전체 전력을 계산할 수 있다.
PQA	Palm Query Applications	HTML 코드로 개발된 인터넷 클리핑 어플리케이션으로서PDA 상에서 실행된다. 이 어플리케이션은 PDA로의호름을 원활히 하여 전송 KB 단위를 최소화 하고 궁극적으로는 이를 통해 비용을 절감할 수 있도록 하기 위해 개발되었다.
PRBS	Pseudo-Random Binary Sequence	프레이밍 정보를 포함하고 있으며 개별 트래픽 채널에서 의사노이즈(pseudo-noise)를 사용하는 디지털 신호. 보통PCM 시스템의 성능 테스트에 사용된다.
PRMA	Packet Reservation Multiple Access	사용자들이 시간 슬롯을 놓고 정합하는 방식의 패킷 기반 TDMA 개념. 시스템의 용량이 차지 않았을 경우 사용자는미래의 사용을 위해 타임슬롯을 예약할 수 있다.
processing gain		CDMA 시스템에서 확산 코드로 인해 얻어지는 dB 단위의이득 양으로서, 보통 확산 속도 대 정보 속도의 비율이다.
propagation		전자파가 안테나로부터 방사되어 물리적 지형을 통과해 전파되면서 거치게 되는 과정. 전파 채널 참조.
propagation channel		송신기와 수신기의 안테나들 사이의 전자파 전파의 물리적 매체로서, 두 안테나 사이의 전파에 영향을 미치는 모든 것을 포함한다.
PSD	Power Spectral Density	전력 스펙트럼 밀도 참조.
PSK	Phase Shift Keying	송신해야 할 정보를 반송파의 위상에 포함시키는 광범위한 변조 기법의 종류 중 하나.
PSTN	Public Switched Telephone Network	기본적인 국내 상용 전화 서비스. 원래는 통신성

제3장 결론 및 향후 계획

- 본 보고서에서는 원전 무선 네트워크 기반 모니터링, 제어 기술에 적용될 수 있는 무선 통신 기술의 동작 원리 및 요구사항을 중심으로 작성 되었다. 국내외 원전에서 계측제어 계통에 무선통신 네트워크 기술을 적용시키기 위해 기술의 특징을 분석하고 이를 기반으로 활용 방안을 도출하는 것을 목표로 하였다.
- 디지털 무선 통신 네트워크에 대한 기술 분석을 통해, 현재 상용화 되어 있는 통신기술들에 대한 기본원리 및 각 기술별 특징을 도출하였다. 변조의 기본원리 및 디지털 이동통신의 변조방식, 스펙트럼 확산 방식과 CDMA 기술, 광통신방식, 적외선에 의한 모바일 컴퓨팅, 차세대 멀티캐리어 전송방식 “OFDM”에 대한 원리 중심의 기술 분석을 작성하였다.
- 이런 통신 원리를 기반으로 한 차세대 통신 규격들 중에 핵심 분야인, 차세대 이동통신 시스템 “IMT-2000” 기술, 모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신 기술, 휴대 인터넷(와이브로) 기술, 3세대 802.11 a/b/g 표준 기술, Wi-Fi 기술, 전자태그 기술, 4세대 무선랜 방식 IEEE 802.11.n 기술, UWB 무선 1394 시스템 기술, 고속하향패킷 접속 기술, IPTV, 차세대 무선 개인 통신망 (WPAN) 기술에 대해 분석하여 원전 디지털 계측제어 환경에 적합한지를 판단하기 위한 기술 분석 문서를 작성하였다.
- 새로운 기술 분야로 떠오르고 있는, 무선 센서 네트워크 분야는 저가, 저전력의 특징 때문에 원전환경에 적용 가능성이 높은 기술 분야이다. 이 기술 분야에서 원전 적용 여부에 대한 기준이라 할 수 있는 고사양의 무선감지 회로 설계 기술, 신뢰성 있는 무선 네트워크 전송 기술, 원전 적용에 필요한 요구사항 및 규제항목을 분석 하였다.
- 900MHz, 2.4GHz 센서 네트워크의 무선 통신 하드웨어에서 고려해야할 요소들을 분석 하였으며, 통신 하드웨어에서 지원해야 하는 상세 성능들에 대해 LNA, 캐스코드 소스-디제너레이션, 필터, Programmable Gain Amplifier 등에 대해 세부적인 성능 결정 요소를 분석하였다.
- 저가의 저전력 무선네트워크 기술이 지원하기 어려운 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 패킷전송 방법 및 네트워크 프로토콜에 대해 현재 상용 하드웨어 플랫폼 상에서 실험을 하여 어느 정도의 신뢰성 확보가 가능한지에 대해 연구하였다. 실험에서는 4Hz의 샘플

링 주기로, 1000번 이상의 실험에서, 완벽히 통신 패킷이 전송 되었을 때, 단 2회를 제외하고 수신 지연시간이 0.4초 이내로 측정되었다. 향후, 하드웨어 성능의 향상에 따라 보다 높은 신뢰도가 확보될 것으로 예상되며 센서 네트워크의 신뢰성 있는 전송 프로토콜의 사용 여부에 따라 원전의 계측제어 계통에 적용할 수 있다는 결과를 확인하였다.

- 원전 환경에서 최소한 지원하여야 하는 기술 적용 기준에 따라 무선 통신 네트워크 기술이 적용될 수 있는지를 비교하였다. 비교 결과를 바탕으로 원전 계측제어 적용을 위한 기본 요구사항 및 규제항목을 분석, 정의 하였다.
- 기술적 분석을 중심으로 무선 통신 기술이 원전 계측제어 환경에 적용될 수 있는지에 대해 다양한 기술규격에 따라 특징을 확인하였고, 원전처럼 열악한 환경에 적용될 수 있는 시스템 특징에 대해 하드웨어 측면과 네트워크 프로토콜 측면에서 기술 분석 및 실험을 통해 적용 가능 여부에 대해 확인하였다.
- 무선 통신 기술은 빠르게 성능이 향상되고 있으며, 다양한 요구사항에 따라 여러 기술이 생겨나고 있다. 원전 계측제어 환경에서도 시스템 관리와 신뢰성의 향상을 위해 무선 기술을 적용하는 것이 도움이 될 것으로 예상되고 있으며, 이를 적용할 수 있는 방법을 도출하기 위해, 현재 사용 가능한 다양한 무선 시스템에 대한 시범 적용과 실험을 통해, 현실적인 세부 요구사항을 도출하고 이를 만족하는 무선 시스템으로 전체 시스템이 업그레이드 되도록 향후 연구를 진행해야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] Andrea Goldsmith, "Wireless communications", Cambridge University Press, 2005.
- [2] Thomas, H, Lee, "The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits," Second Edition, Cambridge Univ. Press, pp. 2004.
- [3] Behzad Razavi, "RF microelectronics," 2004,
- [4] Zero-IF GPS Receiver IC Development, May 2002, Integrant Technologies
- [5] Asad A. Abidi, "A 900-MHz Dual-Conversion Low-IF GSM Receiver in 0.35-um CMOS," IEEE JSSC. Vol. 36, No. 12, Dec. 2004.
- [6] P. C. Huang, L. Y. Chiou, and C. K. Wang, "A 3.3-V CMOS wideband exponential control variable-gain amplifier," ISCAS '98, vol. 1, pp. 285-288, 1998.
- [7] Kerry Bernstein, Keith M Carrig, "High Speed CMOS Design Style," Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [8] A 1.8 GHz Low-Phase-Noise CMOS VCO Using Optimized Hollow Spiral Inductors, IEEE JSSC. Vol. 32, No. 5, May. 1997, S. J. Steyaert
- [9] Monolithic Phase-Locked Loops and Clock Recovery Circuits, IEEE Press, 1996, Behzad Razavi
- [10] Fractional/Integer-N PLL Basic, Texas Instrument Press. 2004
- [11] H. Meyr, et al., "Digital Communication Receivers," John Wiley & Sons, 1997.
- [12] Misra, Pratap, Enge, Per 2001, Global Positioning System Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jamuna Press
- [13] Hoffmann-Wellenhof, B. H., Lichtenegger, and J. Collins. (1994). GPS: Theory and Practice. 3rd ed. New York: Springer-Verlag.
- [14] 지경용, "WiBro 휴대 인터넷의 이해", 전자신문사, 2006
- [15] William Stallings, "Wireless Communications & Networks", Prentice Hall, 2004
- [16] Simon Haykin, Michael Moher, "Modern Wireless Communications", Prentice Hall, 2004
- [17] Lawrence Harte, "Introduction to Code Division Multiple Access(CDMA): Network, Service, Technologies, and Operation", Althos, 2004
- [18] Savo G. Glisic, Branka Vucetic, "Spread Spectrum CDMA Systems for Wireless Communications", Artech House Publishers, 1997
- [19] Holger Karl, Andreas Willig, "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks", John Wiley & Sons, 2005
- [20] Feng Zhao, Leonidas Guibas, "Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach", Morgan Kaufmann, 2004
- [21] 김충남, "IMT-2000 이동 통신의 이해", 진한M&B, 2001
- [22] 배성수, "차세대 네트워크와 이동통신 기술", 세화, 2006
- [23] 정우기, "이동통신 서비스(제4세대)", 복두출판사, 정우기

보고서 초록

과제관리번호	KINS/HR-749	해당단계 연구기간	2005.7.1~ 2006.6.30	단계 구분	1 / 1
연구사업명	중 사 업 명	원자력연구개발사업			
	세부사업명	원자력연구개발중장기계획사업			
연구과제명	대 과 제 명	원자력 안전규제 현안개발			
	세부과제명 (위탁과제명)	디지털 계측제어 안전규제현안 개발 (원전 디지털 계측제어계통 무선 통신 네트워크 설계에 적합한 규제 기술 개발)			
연구책임자	김 성 동	해당단계 참여연구원 수	총 : 4 명 내부 : 4 명 외부 : 0 명	해당단계 연구비	정부: 20,000 천원 기업: 천원 계: 20,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	전자부품연구원 유비쿼터스컴퓨팅 연구센터		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자이내)					보고서면수 211
○ 본 보고서에서는 원전 무선 네트워크 기반 모니터링, 제어 기술에 적용될 수 있는 무선 통신 기술의 동작 원리 및 요구사항을 중심으로 작성 되었다. 국내외 원전에서 계측제어계통에 무선통신 네트워크 기술을 적용시키기 위해 기술의 특징을 분석하고 이를 기반으로 활용 방안을 도출하는 것이 목표임 ○ 디지털 무선 통신 네트워크에 대한 기술 분석을 통해, 현재 상용화 되어 있는 통신기술들에 대한 기본원리 및 각 기술별 특징을 도출하였다. 변조의 기본원리 및 디지털 이동통신의 변조방식, 스펙트럼 확산 방식과 CDMA 기술, 광통신방식, 적외선에 의한 모바일 컴퓨팅, 차세대 멀티캐리어 전송방식 “OFDM”에 대한 원리 중심의 기술 분석 하였음 ○ 한 차세대 통신 규격들 중에 핵심 분야인, 차세대 이동통신시스템 “IMT-2000” 기술, 모바일 환경에서의 무선 인터넷 통신 기술, 휴대 인터넷(와이브로) 기술, 3세대 802.11 a/b/g 표준 기술, Wi-Fi 기술, 전자태그 기술, 4세대 무선랜 방식 IEEE 802.11.n 기술, UWB 무선 1394 시스템 기술, 고속하향패킷 접속 기술, IPTV, 차세대 무선 개인 통신망 (WPAN) 기술에 대해 분석하여 원전 디지털 계측제어 환경에 적합한지를 판단하기 위한 기술 분석 문서를 작성 하였음 ○ 새로운 기술 분야로 떠오르고 있는, 무선 센서 네트워크 분야는 저가, 저전력의 특징 때문에 원전환경에 적용 가능성이 높은 기술 분야이다. 이 기술 분야에서 원전 적용 여부에 대한 기준이라 할 수 있는 고사양의 무선감지 회로 설계 기술, 신뢰성 있는 무선 네트워크 전송 기술, 원전 적용에 필요한 요구사항 및 규제항목을 분석 하였음. ○ 저가의 저전력 무선네트워크 기술이 지원하기 어려운 신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 패킷전송 방법 및 네트워크 프로토콜에 대해 현재 상용 하드웨어 플랫폼 상에서 실험을 하여 신뢰성 확보가 가능한지에 대해 연구하였음					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	원전, 계측제어, 무선계측, 무선 네트워크, 무선통신제어			
	영 어	wireless wireless digital I&C System, wireless communication in NPP			