

차세대 이동통신시스템

안성수 · 강민수 · 이원철 공저



문 은 당

머 리 말

이동통신은 1897년 마르코니 과학자가 육지에서 선박으로 유선 없이 모스 부호를 이용해 최초로 통신을 성공한 이래 약 100년이 조금 넘는 현재 국내·외적으로 상당한 발전을 거듭해 왔습니다. 1990년대 초에 셀룰러 방식이 최초로 도입되어 현재 우리가 사용하는 기지국과 단말기의 개념이 계속적으로 적용되고 있습니다. 셀룰러 방식이 도입된지 불과 10년이 조금 넘었지만 현재의 단말기는 화상통신이 가능하며 4분 정도 분량의 동영상 음악파일도 10초 이내로 다운받을 수 있는 기술로 발전하였습니다. 또한 통신과 방송의 융합으로 단말기를 통해 방송을 청취할 수 있고, TV 등은 통신기술을 적용시켜 IPTV가 시판되고 있는 상황입니다.

차세대 이동통신 시스템은 기술적인 발전과 표준화 과정을 거치면서 스마트 안테나, SDR(Software Defined Radio), OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing), MIMO(Multi Input Multi Output), UWB(Ultra Wide Band) 등의 차세대 이동통신 기술이 상용화되거나 연구가 진행되고 있고, 유비쿼터스, RFID(Radio Frequency Identification), WiBro(Wireless Broadcast), Home Networking, DMB(Digital Multimedia Broadcast) 등의 차세대 이동통신 서비스가 현재 시행되거나 향후 진행할 예정입니다. 또한 이동통신 방식에 대한 표준화가 지속적으로 변화되면서 IS-95, GSM, CDMA2000 1x, EV DO, WCDMA, HSDPA 등으로 그 표준화 방식이름이 변화되고 있으며 4세대 이동통신과 같은 훨씬 더 진보적인 통신 시스템의 필요성에 대해 관심이 증가되어가고 있습니다.

본 교재는 이러한 차세대 통신 시스템의 발전에 따라 공학도가 알아야 할 이동통신의 전반적인 개념과 흐름, 향후 전개될 통신방향에 대한 내용들을 체계적으로 정리하였습니다. 본 교재의 서두에서는 이동통신의 역사부터 시작하여 셀룰러 시스템을 사용하는 목적, CDMA 통신의 특징 등을 설명하였고, 실제로 현재 사용되고 있는 IS-95, IMT-2000 채널에 대한 구조도 상세히 소개하였습니다. 또한 교재의 후반부에는 차세대 이동통신의 주요 기술과 서비스 등을 소개하여 이동통신의 개념을 파악할 수 있도록 편찬하였습니다.

데이터 통신공학, 디지털 통신공학, 무선통신공학 등의 통신공학 과목들을 이수한 학생들에게는 어려움 없이 이해할 수 있을 것으로 생각되며, 설령 사전에 통신공학 기초지식이 없더라도 큰 무리 없이 이해가 잘될 수 있도록 쉽고 개념적인 내용을 중심으로 집필하였습니다.

본 교재는 이동통신을 공부하는 학생에게 필요한 이론지식과 차세대 이동통신의 발전방향을 파악할 수 있도록 작성하여 이동통신의 전체적인 내용을 감지할 수 있도록 그 내용들을 반영하였습니다.

마지막으로 본 교재를 완성하는 데 도움을 준 한양대학교 강민수 교수님과 이 책의 출간을 위해 노력해 주신 문운당 직원 여러분께 감사드립니다.

2007년 7월

저자 씀

목 차

1장 이동통신의 개념

1

1. 이동통신의 역사 및 종류 / 2
2. 이동통신의 기술 동향 / 15

2장 셀룰러 시스템

23

1. 다중접속 방식 / 24
2. 셀룰러 시스템 개요 / 30

3장 CDMA 기술

37

1. 대역확산 / 38
2. PN 코드 / 50
3. Walsh 코드 / 59

4장 이동통신 기술

63

1. 전력제어 / 64
2. 핸드오프 / 69
3. 호 처리 / 77

5장 IS-95 채널

81

1. IS-95 채널 구조 / 82
2. IS-95 순방향 채널 / 83
3. IS-95 역방향 채널 / 95

6장 IMT-2000 채널

105

1. IMT-2000 동기방식 / 106
2. IMT-2000 비동기방식 / 125

7장 차세대 통신 기술

129

1. 스마트 안테나 / 130
2. SDR / 139
3. MIMO / 142
4. OFDM / 147
5. UWB / 159

8장 차세대 이동통신 서비스

165

1. 유비쿼터스 / 166
2. 휴대인터넷 / 171
3. DMB / 181
4. 텔레메틱스 / 184
5. 홈네트워크 / 189
6. RFID/USN / 196

1장

이동통신의 개념

학습목표

1. 이동통신의 역사를 이해할 수 있다.
2. 이동통신 세대별 변천과정을 이해할 수 있다.
3. 이동통신 방식의 변화과정을 이해할 수 있다.
4. 이동통신 표준화 과정을 이해할 수 있다.

1. 이동통신의 역사 및 종류

1.1 전송매체

무선통신은 1897년 마르코니(Marconi)가 육지에서 해상에 있는 선박으로 전선(wire)없이 모스 부호를 이용해 최초로 성공한 것이 무선통신 역사의 시발점이다. 지금부터 약 100년 전에 무선통신이 시작되었으며 현재까지의 무선통신 역사는 다음과 같이 발전하였다.

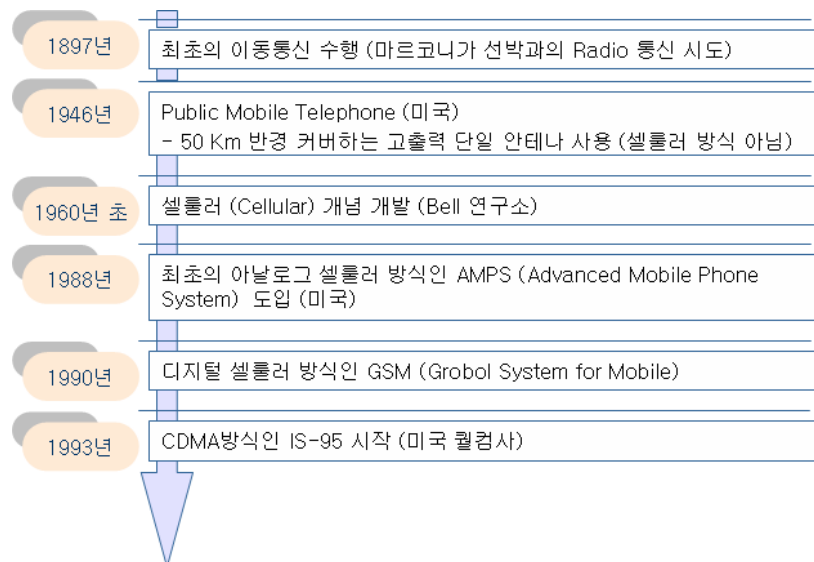


그림 1-1 무선통신의 변천단계

무선통신은 통신장비의 이동이 빈번하고 통신회선을 이용하기가 어려운 지역, 즉 해안, 산악, 도서지방 등과 국가와 국가 사이의 정보전송에 많이 사용되고 있는데, 동축 케이블과 마찬가지로 높은 데이터 전송률을 가지며, 동축 케이블보다 훨씬 적은 중계기나 증폭기가 필요하지만 가시거리(LOS : Line Of Sight) 내의 전송이어야 한다는 제약점도 있다.

무선통신에서는 주로 정보의 운반역할을 하는 반송파를 중심으로 한 일정한 주파수 대역을 전송로로 사용하며, 표 1-1에 나타낸 바와 같이 이들 주파수대역에 따라 다양한 통신방식과 용도를 가지게 되었다. 특히 군용통신에서는 1GHz 이상의 대역을 나누어서 1~2GHz 대역을 L밴드, 2~4GHz 대역을 S밴드, 4~8GHz의 대역을 나누어서 C밴드, 8~12.4GHz 대역을 X밴드, 12.4~40GHz 대역을 D밴드라고 부르기도 한다. 30MHz 이하의 주파수대역에서는 일반적으로 전파의 파장이 길어서 장거리 전송이 가능하나 주파수 범위가 좁기 때문에 협대역(narrow band)통신에 주로 이용되고, 30MHz 이상의 주파수대역에서는 넓은 대역을 필요로 하는 광대역(wide band) 변조방식에 주로 사용된다. 중요한 무선통신으로는 방송통신, 초고주파통신, 위성통신, 이동통신 등을 들 수 있다.

표 1-1 전파의 주파수대역과 용도

주파수대역	파장범위	명칭(약어풀이)	용어
30~300Hz	$10^7 \sim 10^6 \text{ m}$	ELF(Extremely Low Frequency)	해저통신
300~3,000Hz	$10^6 \sim 10^5 \text{ m}$	VF(Voice Frequency)	음성신호
3~30kHz	$10^5 \sim 10^4 \text{ m}$	VLF(Very Low Frequency)	장거리 선박통신
30~300kHz	$10^4 \sim 10^3 \text{ m}$	LF(Low Frequency)	항해 보조물, 우선표시
300~3,000kHz	$10^3 \sim 10^2 \text{ m}$	MF(Medium Frequency)	AM 방송, 조난신호
3~30MHz	$10^2 \sim 10 \text{ m}$	HF(High Frequency)	항공통신, 연안통신
30~300MHz	$10 \sim 1 \text{ m}$	VHF(Very High Frequency)	FM 방송, TV 방송
300~3,000MHz	$1 \sim 10^{-1} \text{ m}$	UHF(Ultra High Frequency)	TV 방송, 이동통신
3~30GHz	$10^{-1} \sim 10^{-2} \text{ m}$	SHF(Super High Frequency)	위성통신, 기상 레이더
30~300GHz	$10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ m}$	EHF(Extremely High Frequency)	지상레이더 시스템
⋮	⋮	⋮	⋮
10^{14} Hz 대역	10^{-6} m	IR(Infra Red)	적외선
390~790THz 대역	$0.77 \sim 0.38 \mu \text{m}$	VL(Visible Light)	가시광선
10^{15} Hz 대역	10^{-7} m	UV(Ultra Violet)	자외선
10^{19} Hz 대역	10^{-11} m	X-ray(X-ray)	X-선
10^{22} Hz 대역	10^{-14} m	γ -ray(Gamma ray)	감마선

1.2 이동통신의 주요 용어

1.2.1 데이터 전송방식

기지국과 단말기, 단말기와 단말기 간의 송·수신 데이터 전송은 다음과 같이 구분될 수 있다.

- Full Duplex : 송·수신 채널이 모두 운영되고 있는 데이터 전송방식을 뜻한다. 즉, 어느 시간영역의 한 지점에서 송·수신 채널을 들여다보면 항상 양쪽으로 데이터가 전송되는 방식이다.
- Half Duplex : 데이터 전송이 상황에 따라 송신채널 또는 수신채널로 이동하는 방식으로 어느 한 시점을 보게 되면 송신채널이 운영될 때도 있고 수신채널이 운용될 수도 있는 방식이다.
- Simplex : 데이터 전송이 반드시 한쪽 방향으로만 운영되는 방식으로 pager와 같은 이동통신 장치가 대표적인 예라고 할 수 있다.

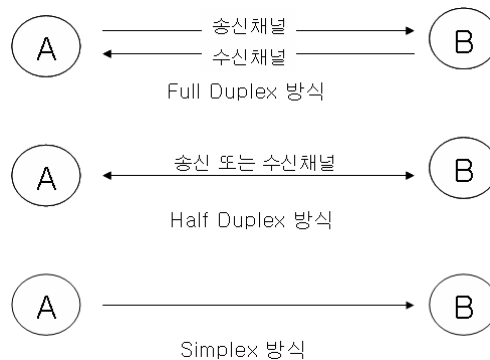


그림 1-2 송·수신 데이터 전송방식의 종류

Full Duplexing 모드는 시간과 주파수로 구분하는 것에 따라 다음과 같이 구분될 수 있다.

- FDD(Frequency Division Duplexing) : 송신기와 수신기가 각기 다른 주파수로 분할되어 송·수신 전송시 동시에 다른 주파수로 동작하는 방식으로, 본

방식은 주파수를 동시에 사용한다는 관점에서 간섭이 큰 것이 단점이 될 수 있다.

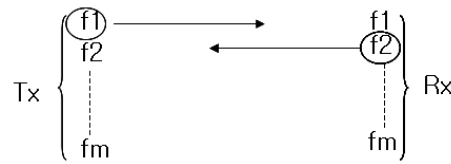
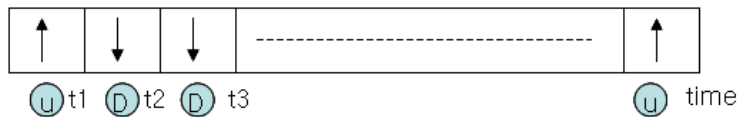


그림 1-3 FDD 방식 구성도

- TDD(Time Division Duplexing) : 송·수신 데이터 전송시 시간을 분할하여 송·수신 데이터를 전송하는 방식으로 송·수신 데이터의 동기가 정확히 맞을 경우 FDD 방식에 비해 성능이 우수한 전송방식이 될 수 있다.



U : Uplink의 약어로 단말기에서 기지국으로 데이터 전송을 의미함
D : Downlik의 약어로 기지국에서 단말기로 데이터 전송을 의미함

그림 1-4 TDD 방식 구성도

1.2.2 이동통신 용어

이동통신에서 주로 사용되는 용어를 간단하게 설명하면 다음과 같다.

- Cell : 하나의 무선 기지국이 커버하는 범위. 현재는 정육각형을 사용한다.
- Hand-off(over) : 현재의 셀에서 이웃한 셀로 이동할시 통신의 끊김 없이 자연스럽게 통신이 가능하게 해 주는 기술로, 핸드오프에서 “오프”의 의미는 는 현재의 셀 통신이 끊어진다는 것이며, 핸드오버의 “오버”는 이웃한 셀로 통신제어 기능을 넘겨준다는 의미로 둘 다 동일한 의미로 해석할 수 있다.
- BS(Base Station) : 기지국을 일컫는다.
- MS(Mobile Station) : 단말기를 의미하며, 단말기에도 Station 용어를 넣는

- 이유는 작지만 기지국과 같은 안테나를 가지고 송·수신이 가능하기 때문이다.
- Rommer : 로밍(romming)을 해주는 기계 장치로, 로밍은 지정된 서비스 지역외에 다른 서비스 지역에서도 통신이 가능하게 하는 기술이다. 국내에서의 다른 서비스 구역간의 로밍은 로컬(local) 로밍이라고 하며, 국가간 로밍은 글로벌(global) 로밍으로 불린다.
 - Forward link : 순방향 링크라 부르며 물이 위에서 아래로 흐르는 것처럼, 높은 곳의 기지국에서 낮은 곳의 단말기로 데이터를 전송하는 것을 의미한다. 아랫방향으로 데이터를 전송한다고 해서 Down link라고도 한다.
 - Reverse link : 역방향 링크라 부르며 순방향 링크와 반대로 아래(단말기)에서 위(기지국)로 데이터를 전송하는 방식이며, Up link라고도 한다.

1.3 이동통신 종류 및 특성

이동통신도 무선 전송매체인 자유 공간을 이용한다. 그러나 일반적인 무선통신과는 달리 사용자의 이동성(mobility)을 전제로 한다. 이동통신의 궁극적인 목표는 휴대전화 및 무선호출기(pager) 등의 단말기를 이용하여 언제, 어디서나, 누구에게나 시간과 공간을 초월하여 정보 미디어를 확실하게 주고받는 것이다. 각종 이동통신은 1980년대 말을 경계로 하여 질적인 면과 양적인 면에서 혁신적인 변화를 일으키고 있다.

이동통신은 해상에 있어서 조난, 안전통신을 목적으로 한 분야에서 초기에 도입되기 시작하였고, 널리 보급되기 시작한 것은 제2차 세계대전 후로 전쟁 중에 레이더 개발 등과 함께 초단파 기술 및 소형회로 기술이 급속도로 발전했기 때문이었다. 게다가 자동차에 쉽게 탑재시키기도 하고 포켓벨 수신기처럼 인간이 간단하게 휴대할 수 있도록 소형 단말기가 실현된 것은 트랜지스터나 고집적 반도체칩 등이 출현한 이후이다.

이동통신은 사용장소에 따라 육상 이동통신, 해상 이동통신, 항공 이동통신 등으로 나눌 수 있고, 용도에 따라 공중 사업용과 자영 통신용 등으로 나눌 수도 있다. 무선호출 시스템, 무선전화 시스템, 휴대전화 시스템, WLL(Wireless Local Loop, 근거리 무선망) 시스템, 무선 LAN(Local Area Network, 근거리망) 시스템, TRS(Trunked Radio System, 주파수 공용통신) 시스템 등이 대표적인 공중 사업용 이동통신 시스템들이다.

이 중에서 대표적인 공중 사업용 이동통신 시스템들에 대하여 간단히 살펴보자.

1.3.1 셀룰러 이동통신

셀룰러 이동전화방식은 서비스 지역을 여러 개의 셀로 나누어서 셀마다 인접한 셀과 다른 주파수가 할당된 하나의 무선 기지국(셀룰러 기지국)을 설치하여 동일한 주파수를 재사용할 수 있도록 하는 방식이다. 이 방식은 또한 가입자가 하나의 셀에서 인접한 다른 셀로 이동하면서도 통화를 계속적으로 할 수 있게 하는 핸드오프(hand-off) 또는 핸드오버(hand-over) 기능을 제공하여야 하며, 사용자가 가입 등록한 시스템 이외의 다른 시스템이 관리하는 서비스영역에서도 정상적인 서비스를 가능하게 해주는 로밍(roaming)기능도 제공하여야 한다.

이때 하나의 무선 기지국에 의한 서비스 지역을 셀(cell)이라고 하며, 셀이라는 명칭은 세포가 가지고 있는 정육각형 형태와 같다고 해서 붙여진 이름이다. 이렇게 한 단위 서비스 지역을 셀로 나누어서 서비스하기 때문에 셀룰러(cellular) 시스템이라고 한다. 셀룰러란 용어는 “셀을 사용하는”, “셀 형태의”란 뜻의 형용사이지만 현재는 이동통신에서 사용되는 고유명사이다. 이들 셀을 여러 개 뭉쳐서 보다 넓은 서비스 지역을 형성할 수 있는데 이것을 클러스터(cluster)라고 한다. 이렇게 함으로써 한정된 이동전화용 주파수대역 내에서 기존 방식보다 더 많은 가입자를 수용할 수 있으며, 전파가 미치지 않는 빌딩이나 산 뒤편과 같은 지역에도 주파수가 다른 무선 기지국을 설치하여 통화를 가능하게 할 수 있다.

셀룰러 기지국의 순방향 링크에서는 역방향 링크(reverse link)보다 45MHz가 높은 반송파를 사용하며, 일정 지역 내에 있는 다수의 휴대전화기들을 관리하고 무선으로 다수의 휴대 전화기들에게 여러 음성 정보를 다중화하여 동시에 전송하는 역할을 한다.

셀룰러 기지국 장비는 크게 휴대 전화기들을 관리하고 무선으로 정보를 주고받는 역할을 담당하는 무선 송·수신장치(BTS : Base-station Transmission System)와 무선 송·수신장치와 이동전화 교환국 사이에 위치하여 이동전화 교환국이 무선 송·수신장치를 제어할 수 있도록 정합하는 역할을 하는 기지국 제어장치(BSC : Base Station Controller)로 구성되어 있고, 그 외에 전원장치와 냉·난방장치 등의 부가장치로 구성되어 있다.

각 셀의 무선 기지국은 유선이나 무선으로 각 이동전화 교환국(MSC : Mobile Switching Center)에 연결된다. 즉, 교환국마다 여러 개의 무선 기지국이 연결되어 있으며, 또 다른 교환국끼리 유선으로 연결되어 교환국끼리의 상호통화가 가능하다. 이렇게 휴대전화 단말기와 여러 이동국을 관리하는 셀룰러 기지국, 그리고 여러 기지국들을 관할하는 이동전화 교환국들을 통틀어서 셀룰러 이동전화 시스템이라고 하며, 이 시스템은 공중 교환전화망(PSTN : Public Switched Telephone Network)과 연결되어 일반전화와도 통신이 가능하게 한다. 그림 1-5에 셀룰러 이동통신 시스템의 개념도를 나타내었다.

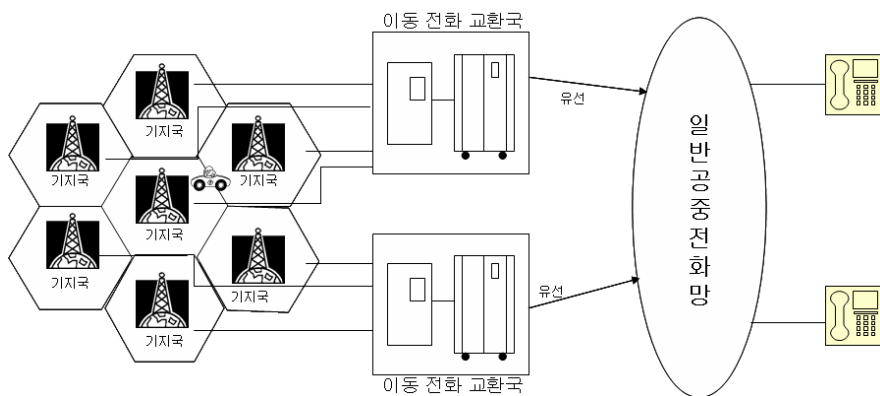


그림 1-5 셀룰러 이동통신 시스템의 개념도

1.3.2 발신전용 휴대전화

발신전용 휴대전화는 CT-2(The Second Generation Cordless Telephone)라 불리며, 가정용 무선전화기인 CT-1(The First Generation Cordless Telephone)을 개선한 시스템으로 옥내 서비스 위주의 가정용 전화인 CT-1을 진화시켜 옥외에서도 공중 전화망에 결합될 수 있도록 하는 무선전화망이며, 우리나라에서는 발신전용 서비스만 허용하여 이를 CT-2 또는 시티폰 서비스라 한다.

CT-2 서비스는 고속주행 이동체 위주의 셀룰러 이동전화 서비스에 비하여 저속 보행자 또는 정지형 사용자를 위한 서비스로 낮은 출력과 좁은 서비스 반경을 가지고 있다. 이 시스템은 가정에서는 일반적인 무선(cordless)전화와 같이 사용되며, 무선폭출 시스템과 연계할 경우(CT-2 PLUS)에는 시스템의 효율성이 더욱 뛰어나게 된다.

CT-2 서비스의 특징은 서비스 반경이 100~150m 내외이며, 핸드오프 기능이 없으므로 타 기지국으로 이동시 통화가 단절되는 등의 단점이 있으나, 기존의 PSTN망에 쉽게 접속되므로 시설 및 운용비용이 저렴하고 단말기가 소형, 저가이므로 보급이 용이하다는 장점이 있다. 표 1-2에서 CT-2 시스템을 아날로그 셀룰러 시스템과 비교하였다.

표 1-2 CT-2와 셀룰러 시스템의 비교

항 목	CT-2	아날로그 셀룰러 시스템
Cell 구조	Micro Cell(~300m)	Macro Cell(1~10km)
주파수대역	864~868MHz(ETSI) 910~914MHz(한국)	824~849MHz(상향) 869~894MHz(하향)
가입자 수용규모	5,000명/km ²	25명/km ²
단말기 출력	10mW 이하	600mW(휴대용) 3W(차량용)
다중접속/다플렉싱	FDMA/TDD	FDMA/FDD
이동성	낮음	높음
발·착 기능	발신전용	착/발신 모두 가능
핸드오버/로밍	기능없음	모두 가능
통신망 구조	PSTN 이용	별도의 망

CT-2 시스템은 가입자가 휴대하는 단말기, 단말기와 무선 링크를 설정하고 일반전화망과 접속을 수행하는 기지국, 기지국을 관리하는 기지국 관리장치 및 가입자의 제반 정보를 관리하는 가입자 관리장치로 구성되며, 이들은 기본적으로 PSTN망을 이용하여 회선 연결과 각종 정보 전송을 수행한다. 일반적으로 CT-2망을 구성하고 있는 서비스는 도심 지역의 기지국과 단말기를 이용한 공중망 서비스, 이동 기지국과 단말기를 이용한 공중망 서비스, 가정 내 또는 특정 사무실에 설치된 기지국과 단말기를 이용한 공중망 서비스로 예상해 볼 수 있다.

CT-2 단말기는 보행자용 발신전용 무선전화로 소형, 경량인 휴대전화기이며, 가정용이나 업무용일 경우에는 착신이 가능(우리나라는 착신 불허)하나 공공장소에서 사용될 경우에는 발신기능만 가능하며, 단말기의 기능은 전화를 건 후 무선채널을 복구하지 않고 다른 전화를 호출할 수 있는 무선채널 연속 사용 기능은 제외하면 셀룰러 휴대전화기의 기능과 유사하다.

CT-2 기지국 관리장치는 기지국의 운용과 감시를 위한 운용보전 시스템으로 시스템의 신뢰성 유지를 위해 이중화된 컴퓨터 시스템을 사용하고 있으며, 기지국 감시 및 제어 기능, 기지국 진단, 유지보수 DB 관리기능, 기지국 통계관리 기능, 데이터 관리기능 등을 수행한다. CT-2 가입자 관리장치는 가입자 및 단말기 정보를 관리하고 과금 및 제반 통계관리업무를 수행한다. 한편 CT-2망은 기존의 PSTN망을 이용하므로 별도의 CT-2 교환기가 필요하지 않고 현재의 PSTN 교환기를 그대로 사용하게 된다.

1.3.3 주파수 공용통신

주파수 공용통신(TRS : Trunked Radio System)은 여러 채널의 주파수를 다수의 이용자가 공유하는 통신방식으로, 종전에는 한 채널의 주파수를 특정 사용자만이 사용하던 방식을 개선시킴으로써 주파수 이용효율 및 경제성을 고려한 무선 통신 시스템이다.

무선국을 이용하려면 무선국 허가를 취득하여야 하는데 일반적으로 한 채널의 무선 주파수에는 1개의 무선국만 허가되므로 갈수록 주파수 자원이 부족하게 되었고 허가된 무선국의 이용률 또한 그리 높지 않았다. 즉, 거의 대다수의 시간동안은 허가된 주파수 자원을 사용하지 않고 있으므로 주파수가 효율적으로 이용되지 못하였다. 이를 개선하기 위해 주파수 공용통신의 개념이 도입되었는데 이것은 말 그대로 한 채널의 주파수를 다수의 이용자가 공유하는 방법으로 미국에서 처음으로 개발되었다.

1960년대 미국에서는 무선통신에 대한 수요가 급격히 증가하여 많은 개인 사업자들이 상업용 무선통신망의 확보를 희망하게 되어, 공동중계 시스템(community repeater system)을 설치하여 타인에게 대여하는 무선중계 사업이 번창하게 되었고 높은 수익성에 따라 많은 사업자가 무선국 허가신청을 하게 되어 주파수 부족 문제를 조사하고 주파수의 효율적 이용을 위해 관련지침을 제시하게 되었다.

현재 주파수공용통신방식은 미국·일본·유럽 등 세계적으로 활발히 사용되고 있으며, 우리나라의 경우에는 한국 TRS(전, 한국항만전화주식회사)를 위시하여 전국사업자와 지역사업자 등 수 개 업체가 허가되어 있다. 이러한 TRS 시스템은 정부기관의 특수공무용은 물론 경찰, 소방, 의료, 철도 등의 공공기관 업무용과 운송업, 제조·판매업, 수리·관계업, 토목·건설업, 각종 서비스 등 민간용으로 활발히 사용되고 있다.

주파수 공용통신은 종래의 전화 통신망에서 사용되어 오던 트렁크(trunk) 개념을 무선통신 시스템에 도입한 것으로 복수의 무선채널을 그룹화하여 다수의 가입자가 공동으로 이용하게 함으로써 시스템의 주파수 효율을 극대화하였다.

주파수 공용통신은 중계국과 다수의 가입자군으로 구성되며, 중계국은 기지국과 이동 및 이동국 상호간의 통신을 중계하기 위하여 공동 이용하고 있는 무선국으로 제어채널을 통하여 전송신호의 접속과 공동채널의 검출 및 지정 등의 회선제어를 담당한다.

또한 각 가입자군은 기지국과 다수의 이동국으로 구성되어 있는데 기지국은 이용자의 사무실 등에 설치하는 무선국으로 가입자군과 일대일로 대응하며, 이용자는 복수의 가입자군에 소속되어 어떤 기지국과의 통신도 가능하게 할 수 있다. 일반적으로 중계국은 제 3자가 설치, 운용할 수 있고 기지국 및 이동국은 이용자가 각각 구입하는 방식을 채택하고 있으며 서비스 반경이 넓어(약 20~50km) 고속이동체 통신에도 사용할 수 있다. 사용 주파수대역은 우리나라·미국·일본 등 대부분의 나라에서 800MHz 주파수대역을 사용하고 있으며, 최근 서비스의 확대에 따라 미국에서는 900MHz 대역에도 사용이 허가되었고, 일본의 경우에는 1.5GHz 대역의 주파수가 사용되며, 유럽에서는 100MHz 대역과 450MHz 대역에서 주로 사용하고 있다. 주파수 공용통신의 목적에 맞게 사용시간도 제한하고 있는데 이는 채널당 가입자수를 극대화하기 위하여 통화시간을 가입자당 1회 약 1~3분 정도로 제한하고 통신방식은 PTT(Press To Talk) 단신 방식과 일반전화와 같이 양방향 통신이 가능한 복신방식 등이 있다.

TRS 시스템은 셀룰러 이동통신에 비해 통화시간 제한, 핸드오버 기능의 미비 등 단점이 있으나 시스템의 설비가 간단하고 사용요금이 저렴하여 운송업, 건설업 등의 분야에서 자가통신용으로 널리 이용되고 있으며, 통신 서비스의 다양화에 따라 그 용도가 갈수록 증가되고 있는 추세에 있다. 서비스의 종류로는 음성통신과 데이터통신이 있다.

TRS는 무전기의 단점인 주파수 및 서비스 내용의 한계성과 혼신, 잡음 등으로 인한 통화품질이 불량한 점을 개선한 것으로 산업체의 현장 근로자가 무전기의 대용으로 많이 사용하고 있다. 셀룰러 이동통신은 낮은 지대에 다수의 중계국을 설치하고 서비스 반경이 좁아 주파수를 재활용할 수 있어 주파수 이용효율을 높이는 반면, TRS 시스템은 중계국이 고지대에 위치하고 출력이 높아 주파수 재사용은 어려우므로 가능한 통화시간제한 등의 방법을 동원하여 주파수 이용효율을 높이고 있다.

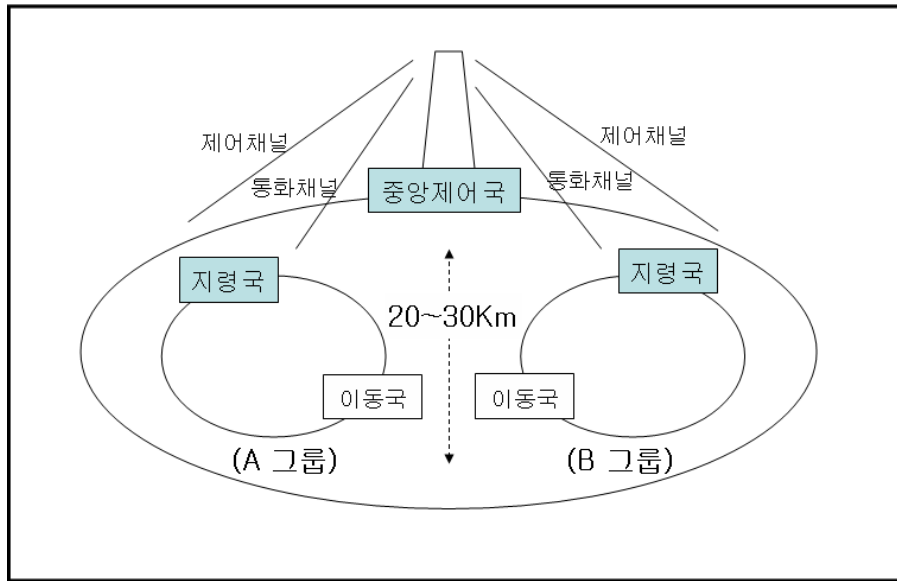


그림 1-6 TRS 시스템 구성도

1.3.4 무선평출 서비스

지금까지의 데이터통신은 대다수가 유선통신망에 의한 데이터의 송·수신을 의미하였으나 활발한 정보의 유통과 유동인구의 증가로 고정된 데이터가 아닌 이동성 있는 데이터의 필요성이 갈수록 증가하고 있다. 직장인의 국내·외 출장 증가, 출장지에서 긴급사항 보고와 정보의 검색, 이동체에서 데이터의 시간적 변화에 대한 자료검색과 보고 등 무선 데이터통신의 용도는 점점 증가하고 있다.

이러한 추세에 부응하기 위하여 무선 데이터통신과 관련된 시스템의 개발이 근래 활발히 이루어지고 있다. 즉, 이동체의 발달과 더불어 이용자의 통신욕구는 갈수록 고도화·첨단화되고 있으므로 사무실, 공장, 점포, 운송회사 등에서는 무선통신에 의한 정보의 검색과 보고서 제출 등을 위한 다양한 정보통신 시스템이 개발되고 있다. 여기서 무선 데이터란 무선 FAX, 무선평출, 무선 LAN, 무선 멀티미디어 등 포괄적 의미로 사용되고 있다.

이 중에서 무선평출 서비스는 1973년 미국에서 디지털 방식의 무선평출 시스템이 사용되면서 본격화되었다. 우리나라에서는 1982년 12월 일본에서 개발된 NEC 방식을 도입하여 POCSAG(POst Code Standardization Advising Group)와 GSC(Golay Sequential

Code) 방식과 함께 서비스를 제공하였으며, 1990년 POCSAG 방식으로 통일하여 사용하고 있는데 구성도는 그림 1-7과 같다.

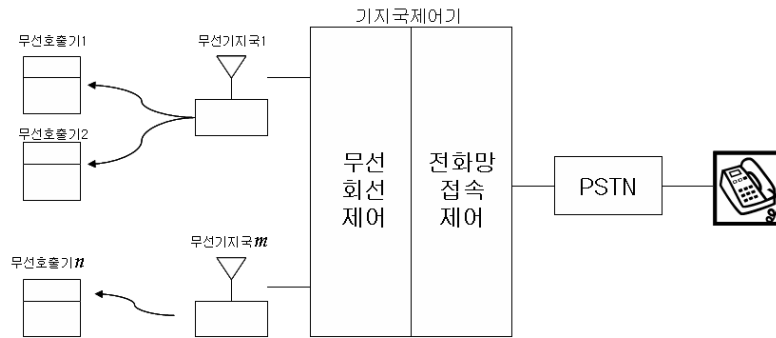


그림 1-7 무선호출 장치 구성도

처음의 무선호출 서비스는 일정한 신호음만 송출하는 신호음(tone)방식이었지만 신호음이나 진동으로 호출인의 전화번호나 특정한 정보 메시지를 알려주는 전화번호 표시방식으로 전환되었고, 1993년부터 우리나라에서도 무선호출 문자서비스 방식이 연구되고 있다. 무선호출 문자서비스는 호출자가 PC나 교환원을 통해 한글, 한자, 영문 및 숫자로 구성된 메시지를 전달할 수 있는 서비스이다.

사회의 고도화에 발맞추어 급격한 수요에 대처하기 위해 각국에서 활발한 개발이 추진되었기 때문에 오늘날에는 전국 규모의 대용량으로 무선 주파수를 유효하게 이용할 수 있는 비교적 저렴한 이동통신방식이 실현되고 있다. 무선호출방식은 대표적인 단방향 통신방식으로서 주로 이동기의 이동으로 생기는 전계 강도의 큰 변동(페이딩 : fading)이나 전파간섭 등에 대해 강한 주파수 변조방식을 이용하는 경우가 많아지고 있다.

그러나 양방향 통신방식을 이용하고 있는 셀룰러 휴대전화기의 증가세에 밀려 단방향 통신방식을 사용하는 무선호출방식은 간단하고 저렴한 시스템의 유지 및 보수의 장점에도 불구하고 그 필요성이 점점 약해져 가고 있는 실정이다.

따라서 무선호출방식은 전송시간의 단축, 정보전송신호의 다양화, 수신기의 소형화, 디지털화를 통한 품질개선 등의 노력과 아울러 양방향 통신방식을 이용할 수 있도록

록 하고 컴퓨터와 결합되어 이용자의 업무영역을 획기적으로 이용할 수 있도록 하고
컴퓨터와 결합되어 이용자의 업무영역을 획기적으로 확대시켜 주는 등의 변화를 모색
하고 있다.

2. 이동통신의 기술 동향

2.1 세대별 이동통신 변천과정

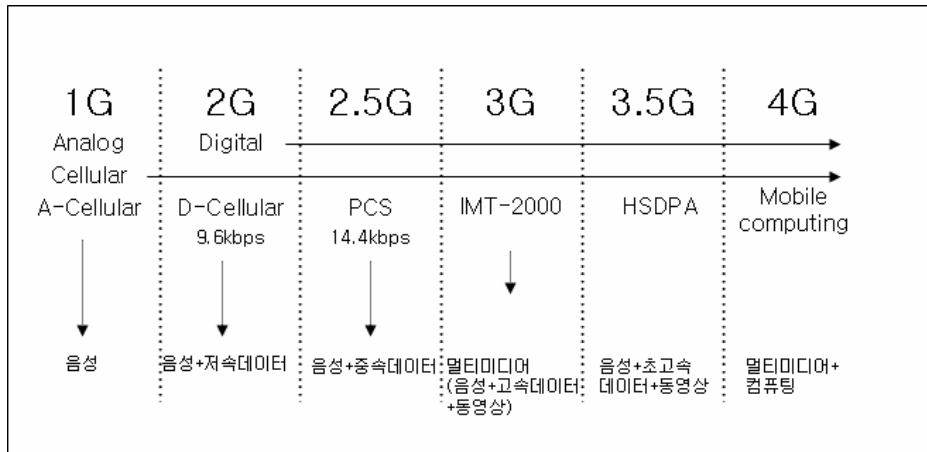


그림 1-8 이동통신 변천사

그림 1-8에서 보는 바와 같이 1G, 2G 등의 G는 Generation의 약자로 세대를 의미한다. 현재의 통신은 대부분 디지털로 되어 있으나 최초의 통신은 아날로그로 시작했으므로 1G, 즉 1세대 통신을 아날로그로 정의를 하고 2세대부터를 디지털 통신이라고 정의한다. 세대가 시작된 시점은 셀을 이용한 셀룰러 시스템을 사용하기 시작한 때부터라고 보아야 한다.

최초의 셀룰러 세대인 1세대는 가장 기본적인 서비스인 음성, 즉 voice만 지원하지만 2세대에서는 음성뿐만 아니라 data도 지원합니다. 3세대는 영상, 즉 Image까지 지원이 되고 4세대는 컴퓨터가 수행하는 인터넷 등의 computing 기능까지도 지원하게 된다. 미래의 이동통신 발전은 여러 기능들이 하나로 융합(convergence)되고 있는 추세이므로 4세대도 단말기에 컴퓨터가 수행하는 기능들, 예를 들면 이메일, 팩스 전송, 인터넷 검색 등의 기능을 수행하는 방법으로 발전하고 있다. 세대가 바뀌게 되는 것은 서

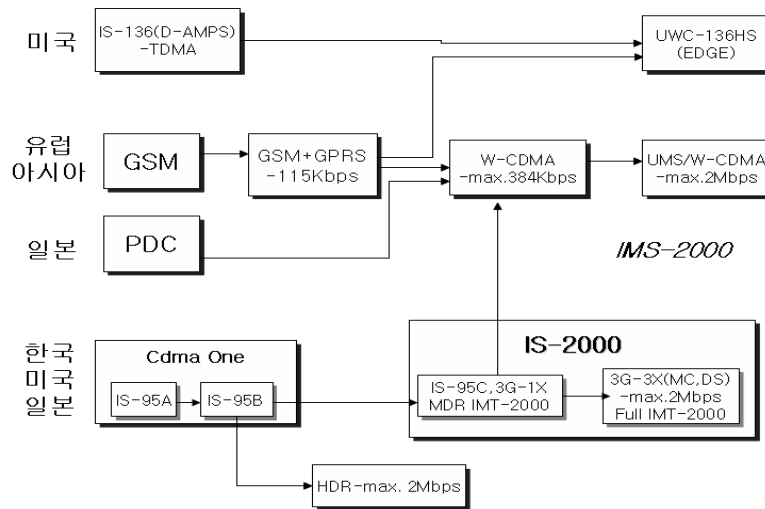
비스의 종류가 추가된다는 것을 의미한다. 따라서 세대 숫자가 높을수록 많은 정보를 보내는 것은 당연하다고 할 수 있다. 1세대와 같이 음성만 처리할 경우에는 빠른 데이터 속도가 필요 없겠지만 시간이 지날수록 음성이 아닌 데이터, 동영상, 인터넷 등을 수용하기 위해서 많은 데이터를 빠른 시간안에 처리를 할 수 있어야 하므로 그에 맞는 이동통신 방식이 나오게 되었다.

2.5세대는 2세대와 3세대의 중간으로 보이지만 2세대의 서비스 종류를 유지하면서 부분적인 기능이 향상된다고 보아야 한다. 2.5세대는 2세대와 같이 음성, 데이터 서비스를 지원하면서 2세대와 달리 데이터 속도가 증가한다. 3.5세대도 위와 같은 개념으로 이해하면 될 것이다.

3세대를 대표하는 IMT-2000은 2000년도에 전세계 통신 표준화를 통해 언제, 어디서나 자유로운 통화가 가능하게 하자는 의도로 만들어졌으며, 2,000MHz 주파수와 2,000Kbps 데이터 속도를 지원하게 하자는 상징적인 의미가 담겨져 있다.

2.2 국가별 이동통신 기술동향

그림 1-9는 국가별로 이동통신 방식이 어떻게 발전되고 있는지를 보여주고 있다. 다수의 사용자(단말기)에게 데이터를 전송하기 위한 방법은 주파수를 분하여 전송하는 주파수분할 다중접속(FDMA : Frequency Division Multiple Access), 시분할 다중접속(TDMA : Time Division Multiple Access), 코드분할 다중접속(CDMA : Code Division Multiple Access) 등이 있다. 최초의 이동통신 방식은 아날로그 방식인 주파수분할 다중접속 방식을 사용하였으나, 간섭 등의 성능저하로 디지털 방식인 시분할 다중접속과 코드분할 다중접속을 사용하는 것으로 전환되고 있다. 유럽은 최초로 시분할 다중접속 방식인 GSM(Global System Mobile)을 사용하였으나 3세대에 들어와 코드분할 다중접속인 W-CDMA로 전환하였다. 코드분할 다중접속은 성능과 용량면에서 타 방식보다 월등하게 우수하므로 유럽도 코드분할 다중접속 방식으로 바뀐 것이다. 또한 북미와 한국은 처음부터 코드분할 다중접속을 사용하여 그 최초의 방식인 IS-95부터 CDMA2000까지 지속적으로 사용하고 있다. 일본은 최초에 PCD 방식을 사용하였으나 표준화에 실패하여 유럽을 중심으로 하는 그룹으로 이동하였다.



AMPS : Advanced Mobile Phone System
 GSM : Grobal System for Mobile
 PDC : Personal Digital Cellular
 GPRS : General Packet Radio Service
 UMTS : Universal Mobile Telecomm. System.
 UWC : Universal Wireless Comm.
 HSDPA : High Speed Down Link Packet Access

그림 1-9 국가별 이동통신 변천과정 도식도

W-CDMA와 CDMA2000은 모두 코드분할 다중접속을 사용하고 있지만 W-CDMA는 비동기이며, CDMA2000은 동기로 구분된다. 동기방식은 인공위성을 이용한 시간 정보로 기준점에 맞춰 기지국을 구분하는 방식이며, 비동기 방식은 시간정보 없이 코드를 이용해 기지국을 구분하는 방식이다. 간단히 말해 동기와 비동기의 차이점은 GPS를 이용하느냐 하지 않느냐로 구분할 수 있다.

○ IS-95A/B/S 특성

IS-95A/B는 기본통화 채널 1개와 보조채널 7개를 사용하며, A 버전의 경우 데이터 속도가 9.6kbps이며, B 버전의 경우 14.4kbps를 지원한다. IS-95C는 기본통화 채널 1개와 보조채널 2개를 가지고 있으며, 기본통화시 14.4kbps의 데이터 속도가 지원되며, 보조채널은 307.2kbps 또는 1,036.8kbps의 데이터 채널을 지원한다. 단, IS-95는 보조채널을 동시에 2개 사용하지 않는다.

- GPRS의 개념(부분적 Packet 용어 개념)

여기서 GPRS는 기지국의 안테나를 통해 Packet 전송하는 것이 아니고 network의 일부분에서만 Packet 전송한다.

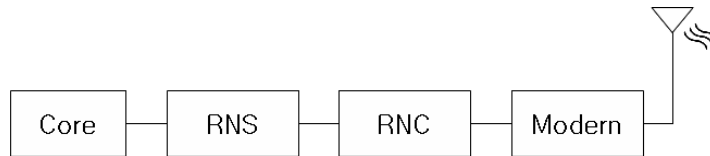
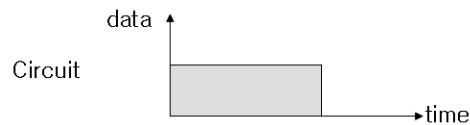


그림 1-10 GPRS 구현 부분 구성도

※ 안테나에서의 Packet은 3.5G(HSDPA)에서 지원함

※ Packet과 Circuit의 차이비교

Circuit : 모든 필요 user와 연결되어 동시에 데이터 송·수신(link 항상 열림). 채널의 상황과 관계없이 정해진 채널로 데이터가 전송되어 채널이 복잡할시 데이터 전송속도가 느릴 수 있으며 데이터의 신뢰성이 떨어짐



Packet : 모든 필요 user와 동시 데이터 송·수신하지 않고 One by One으로 한 번에 데이터 송·수신(필요시만 link 열림). 정해진 채널로 데이터를 보내지 않고 라우터를 통해 일정시간 동안 최적의 경로를 찾아 해당 경로로 데이터를 빠르게 전송하는 방식으로 신뢰성이 증가함.



2.3 표준화 동향

2.3.1 표준화 제정 과정

그림 1-11은 IMT-2000에 대한 표준화 제정 과정을 보여주고 있다. 그림 1-11의 왼쪽은 각 나라의 이동통신 업체에서 제안한 이동통신 방식을 보여주고 있으며, 이러한 제안 내용은 국제 표준화 기구인 ITU에 제출하게 된다. 각 이동통신 업체에서 제출된 방식들은 OHG(Organization Harmonize Group)을 통해 선정되어 결정된다. 그 결정된 이름들은 그림 1-11의 중앙에 있는 CDMA2000, W-CDMA 등을 말한다. 이렇게 결정된 이름들은 최종적으로 ITU TG8/1 Part에서 표준화된 이름으로 명칭을 부여 받게 된다. 이러한 이름은 그림 1-11의 오른쪽에서 보여주고 있다.

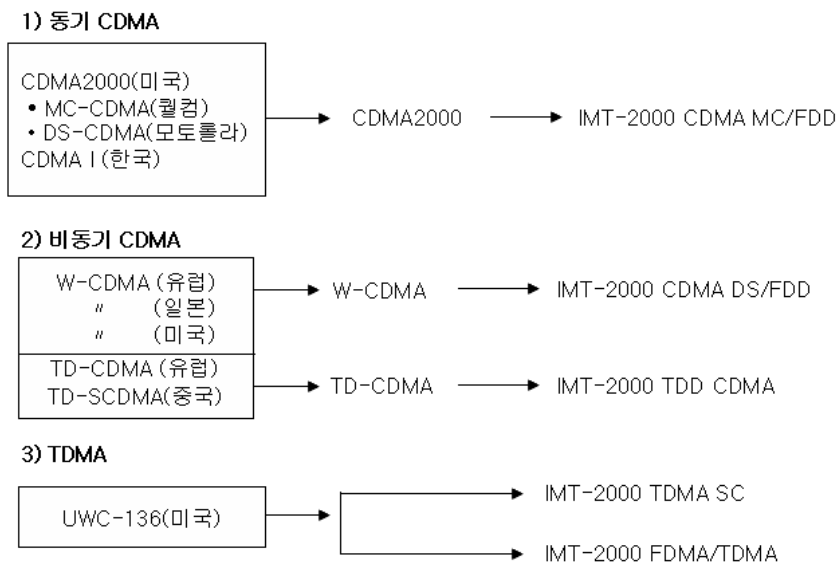


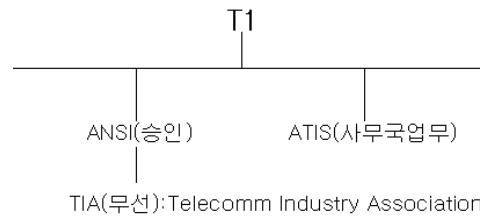
그림 1-11 IMT-2000의 표준화 과정

2.3.2 국가별 표준화 기구

국제적인 표준화 기구는 ITU-R/T이며, 이것을 지역 또는 방식의 차이에 따라 3G-

PP(W-CDMA)와 3GPP1(CDMA2000)로 크게 대별된다. 각 나라별로 정해진 표준화 기구는 다음과 같다.

① 미국 : T1



② 유럽 : ETSI(European Telecomm Standard Institute) 기구 UMTS(Uni-
versal Mobile Telecomm System) 방식

③ 일본 : ARIB(무선)/TTC(유선망)

④ 한국 : TTA

1장 연습문제

1. 유럽에서 대표적으로 사용하는 3세대 이동통신 방식 이름은?
2. Full duplex 방식과 Simplex 방식을 설명하고, 각 방식을 사용하는 예를 하나씩을 들어라.
3. IMT-2000에서 요구하는 반송파는 몇 [Hz]인가?
4. 이동통신 방식의 표준화 진행시 CDMA2000, W-CDMA 등의 명칭을 결정하는 기구는?
5. 각 세대별 변천은 서비스의 추가가 생기면서 이루어진다. 그러나 2.5G, 3.5G 등과 같이 세대간 이동이 아니고 소수점을 이용해 새로운 세대명을 붙이는 이유는?
6. 일본이 만든 PCS 이동통신 표준화가 중간에 사라진 이유를 설명하라.
7. 한국에서 주도하는 이동통신 표준화 기구 이름은?
8. CDMA2000과 W-CDMA 모두는 CDMA 방식을 사용하는 것이다. 그 외에 두 방식이 가지고 있는 다른 차이점은?
9. 가장 최근에 발표한 동기방식의 데이터 속도는 얼마나 되는가?
10. 최근에 상용화되고 있는 단말기의 기능을 정리하고 각 기능별 성능을 작성해 보라.

2장

셀룰러 시스템

학습목표

1. 무선접속 방식의 특성을 이해할 수 있다.
2. 셀룰러 시스템의 사용 목적을 이해할 수 있다.
3. 통신품질과 통화량 증대를 위한 기술적용을 이해할 수 있다.

1. 다중접속 방식

1.1 다중접속 방식 개요

여러 가입자들이 동시에 간섭 없이 이동통신을 사용하기 위해서는 각 가입자들이 서로 다른 주파수, 시간, 코드 등을 사용할 수 있는데, 이러한 기술을 다중접속(multiple access method)이라고 한다. 이동통신 환경에서 각 가입자는 전자파를 이용하여 기지국과 연결되므로 공기층을 전파하는 전자파가 전송로이고, 이 전송로 중에 사용가능한 주파수대역폭이 있으므로, 즉 제한된 주파수를 사용하여 가급적 많은 사람이 동시에 통화할 수 있도록 하는 것이므로 기지국과 가입자의 공간적 전송형태(common air interface)는 다중접속 방식과 동일한 개념이다.

이러한 다중접속방식에는 다음과 같은 3가지 방법이 있다.

- FDMA(Frequency Division Multiple Access, 주파수분할 다중접속)
- TDMA(Time Division Multiple Access, 시분할 다중접속)
- CDMA(Code Division Multiple Access, 코드분할 다중접속)

1.2 FDMA 방식

FDMA 방식은 주파수를 나누어서 각 사용자가 나누어진 주파수대역 중 하나를 이용하여 통화하는 방식이다. 예를 들면, FDMA 방식인 기존의 AMPS(Advanced Mobile Phone System) 시스템에서 사용하는 FDMA는 하나의 주파수대역 30kHz를 한 명의 사용자에게 할당한다. 그림 2-1에서 보는 바와 같이 FDMA 방식은 채널별로 각각의 주파수를 할당하여 각 사용자의 데이터를 할당된 채널로 송신하는 방식이다. 이 방식은 주파수를 이웃해서 사용하는 방식 특성상 간섭을 피할 수 없어 현재 이동통신에는

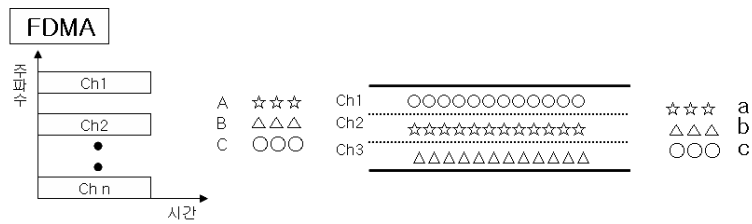


그림 2-1 FDMA 방식

많이 사용되고 있지 않다.

FDMA 방식, 즉 아날로그 방식을 적용한 휴대전화의 각 국가별로 운용 중인 서비스 방식을 표 2-1과 같이 비교하여 나타내었다.

표 2-1 FDMA 서비스 방식별 비교

구분		AMPS	NMT	TACS	JTACS
약자		Advanced Mobile Phone System	Nordic Mobile Telephone	Total Access Communication System	Japavese Total Access Communication System
주파수 대역	송신	869~894MHz	935~960MHz	935~950MHz	925~940MHz
	수신	824~849MHz	890~915MHz	890~905MHz	870~885kHz
변조방법		FM± 12kHz	FM± 4.7kHz	FM± 9.5kHz	FM± 5kHz
채널대역폭		30kHz	25kHz	25kHz	25kHz
클러스터 크기		7, 12	7	7, 12	14
핸드오프		C/N at BS	C/N at BS	C/N at BS	C/I
서비스국		미국, 한국	북유럽	영국	일본

1.3 TDMA 방식

TDMA 방식은 할당된 주파수(GSM에서 200kHz)를 시간상에서 여러 개의 타임슬롯으로 나누어 하나의 타임슬롯을 한 명의 사용자가 사용한다. 그림 2-2에서 보는 바와 같이 TDMA는 사용자가 시간을 쪼개서 일정간격으로 통화를 하는 방식이다. 이 방식은 사용자가 할당된 채널공간으로 정해진 시간에 데이터를 보내게 되어 통신이 끊기거나 다른 데이터의 침범이 우려되지만 정확한 동기가 가능하면 FDMA보다 성능이 뛰어

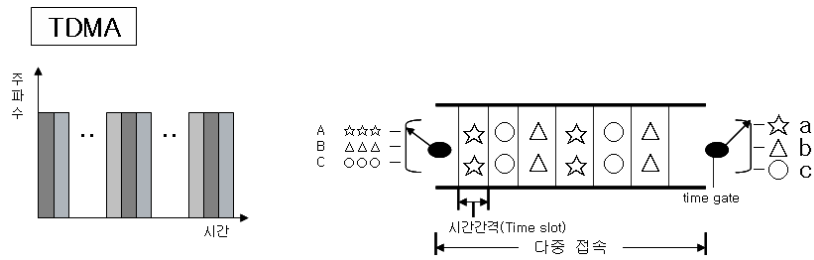


그림 2-2 TDMA 방식

난 방식이다. TDMA 방식에서 상용 중인 서비스 방식을 표 2-2와 같이 비교하였다.

표 2-2 TDMA 서비스 방식별 비교

구 분	IS-54	DCS	DECT
접속방식	TDMA	TDMA	TDMA
약 자	Interim Standard-54	Digital Cellular Switch	Digital European Cordless Telephone
듀플렉스 방법	FDD	FDD	TDD
RF대역폭	30kHz	200kHz	1728kHz
전송속도	7kbps	13kbps	32kbps
음성채널/RF	3	8	
용량(AMPS와 비교)	3	2-3	0.2
변조방법	GMSK	GMSK	OQPSK
에러정정방법	FEC	FEC	None
음성지연	110ms	90ms	28ms
보코더	VSELP	RPE-LPC	ADPCM

1.4 CDMA 방식

CDMA 방식은 주파수, 시간과 관계없이 각 사용자에게 코드를 부여해 전송한다. CDMA 방식은 한 기지국 내에 다수의 사용자가 하나의 광대역 주파수를 사용하며 사용자를 구별을 위해 왈쉬(walsh) 코드를 사용한다. 데이터 전송시의 왈쉬 코드는 서로 다른 코드를 사용하며, 각 코드는 직교성(orthogonality)을 가지고 있어 다른 데이터와는 상관관계가 매우 낮아 다른 데이터의 간섭 없이 뛰어난 성능의 통화를 할 수 있다.

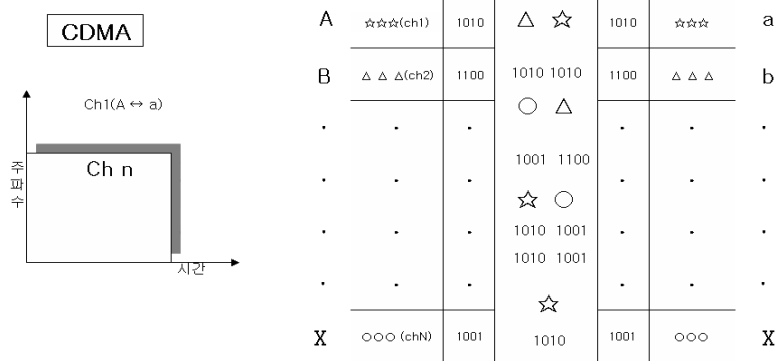


그림 2-3 CDMA 방식

CDMA 방식에서 사용되는 또다른 코드인 확산 코드는 송신 데이터를 확산시켜주는 역할을 하며, 이러한 주파수 확산에 따라 방해전파 침범시에도 데이터 손상이 크게 없어 데이터 신뢰성 및 보안이 뛰어난 장점이 있다.

CDMA 방식의 대표적인 IS-95 CDMA(2세대)와 W-CDMA(3세대)에 대한 특성은 다음과 같다.

표 2-3 CDMA 방식 비교

구 분	Up-banded IS-95 CDMA	Wideband CDMA
다원접속방식	CDMA/FDD	CDMA/FDD
대역폭	1.25MHz/2.5MHz	5MHz
보코더 및 전송속도	QCELP 8,4,2,1kbps (13kbps)	ADPCM 32kbps, CELP
변조방식	베나	QPSK
페이딩 채널	FEC, Rake 수신기	FEC, Rake 수신기
핸드오프	Soft Hand-off	Soft Hand-off
용량(AMPS 대비)	10	10 이상
비음성데이터 전송속도	14.4kbps (확장모드 : 76.8kbps)	64kbps
보안성	보안성 우수	보안성 우수
단말기 최대전력	200mW	50mW(초기) 100mW 가능

1.5 다중접속 방식 특성 비교

다중접속의 3가지 방식에 대한 다른 관점에서의 특성을 살펴보자.

방식	공간구분	시간구분	사용언어 구분
FDMA	Yes	No	No
TDMA	Yes	Yes	No
CDMA	No	No	Yes

상기의 3가지 방식을 공간, 시간, 언어라는 개념을 적용해 설명해 보자. FDMA는 여러 사람이 시간 개념 없이 방을 나누어서 동일한 대화를 한다는 개념이다. 방은 구별되어 나뉘어져 있지만 특별한 칸막이가 없어 서로 대화하는 내용이 다 들리게 되어 있다. 따라서 FDMA는 다른 사람의 소리, 즉 간섭이 많은 방식이다.

TDMA는 여러 사람이 동일한 언어로 시간을 쪼개서 대화를 하는 방식이다. TDMA 방식은 시간을 정확히 맞춰 대화를 한다면 서로간에 간섭이 거의 없게 되지만 시간동기를 맞추지 못하면 상대방의 대화가 들리거나 본인의 대화내용을 일부 잃어버릴 수 있는 단점이 있게 된다.

이와 반면 CDMA 방식은 시간과 공간에 관계없이 서로 다른 언어로 대화를 하는 방식이다. 또한 CDMA 방식의 특성상 다른 사람의 대화소리는 본인 대화소리 보다 훨씬 적게 들리는 기술(대역확산 방법)을 가지고 있다. 따라서 CDMA 방식은 다른 사람의 소리가 무슨 내용인지도 모르면서 거의 들리지 않기 때문에 가장 성능이 뛰어나다.

상기 표의 설명을 토대로 한 3가지 접속방식에 대한 장·단점을 언급하면 표 2-4와 같다.

표 2-4 다중접속 방식별 장·단점 비교

방식	장점	단점
FDMA	◦ 다른 이동국과 충돌을 피하기 위한 동기기술이 필요하지 않다. ◦ 송·수신기가 각각 독립적으로 동작하기 때문에 높은 신뢰도를 갖는다.	◦ 기지국 장비가 크다. ◦ 기지국 장비의 전력 소모가 크다. ◦ 스펙트럼 효율 및 용량이 낮다. ◦ 간섭이 크다.
TDMA	◦ 기지국 송·수신기의 상호변조가 없다. ◦ 스펙트럼 효율이 매우 좋다. (FDMA에 비해 3~6배)	◦ 기지국에서 항상 방사를 해야 한다. ◦ 다른 이동국 송신신호와의 간섭을 피하기 위한 동기기술이 필요하다.
CDMA	◦ 가입자 수용용량이 크다. (FDMA에 비해 10~20배) ◦ 채널을 사용하지 않을 경우 방사하지 않는다. ◦ 다경로 페이딩을 극복할 수 있다.	◦ 넓은 주파수대역을 필요로 한다. ◦ 고속 처리를 요한다. ◦ 전력제어 및 동기기술이 필요하다. ◦ 장비가 복잡하다.

2. 셀룰러 시스템 개요

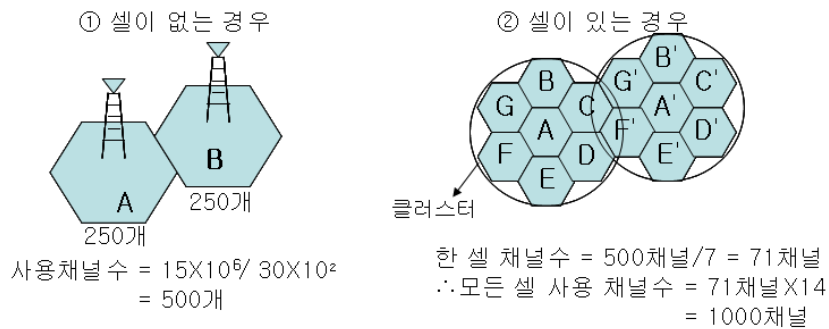
2.1 셀룰러 개념

2.1.1 셀룰러(cellular) 시스템 정의

셀룰러 시스템을 사용하는 이유는 주어진 구역을 셀(cell)로 나눔으로써 서비스 지역의 제한과 수용용량의 한계를 극복하기 위해 제안된 기술이다. 즉, 이웃한 셀이 아닌 멀리 떨어진 두 셀에서는 동일한 주파수를 재사용(frequency reuse) 할 수 있기 때문에 용량증대가 가능하게 된다.

예) FDMA 방식을 사용하는 두 지역에서 셀 사용에 따른 용량 비교

조건 : 총 주파수대역 15MHz, 통화 채널 주파수대역 30kHz



⇒ 셀이 있는 경우가 2배의 용량 증대

그림 2-4 셀룰러 시스템 사용시의 용량 비교

그림 2-4에서 보는 바와 같이 셀이 없는 경우는 A, B 두 지역(예를 들어, 서울과 인천)에서 동일한 주파수를 사용할 수 없게 된다. 따라서 두 지역 모두가 사용하는 채널수는 총 주파수 15MHz를 통화 채널 주파수 30kHz로 나누게 되면 500개가 계산된다. 반면에 두 지역 모두 셀이 존재하는 경우, 하나의 지역에서 7개의 셀을 사용한다고 가정할 때 그림에서 보는 바와 같이 동일한 주파수를 사용할 수 있게 되어(예를 들

면, A는 A'는 동일 주파수 사용가능) 한 지역에서 500개의 채널을 사용할 수 있다. 따라서 두 지역에서는 1,000개의 채널을 사용할 수 있게 되어 셀이 있는 경우가 셀이 없는 경우보다 2배 많은 수용 용량을 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

2.1.2 기지국 셀모양 형태

셀룰러 시스템에서 사용하는 셀의 형태를 어떤 모양으로 할 것인지를 알아보자. 도형의 중앙에서 각 꼭지점까지의 거리를 R로 했을 때 아래 셀 모형 그림에서 보는 바와 같이 셀 면적이 가장 큰 형태는 정육각형이다. 셀 면적이 가장 큰 형태가 통화중복지역이 가장 작다는 것을 의미한다. 통화 중복지역이 많을수록 통화 혼선이 많이 일어나게 되는 단점이 있게 된다. 반면에 간단한 도형보다는 구현방법이 복잡하게 된다. 따라서 통화중복 지역이 적으면서 구현 방법도 비교적 간단한 모형이 현재 사용되는 정육각형이 된다.

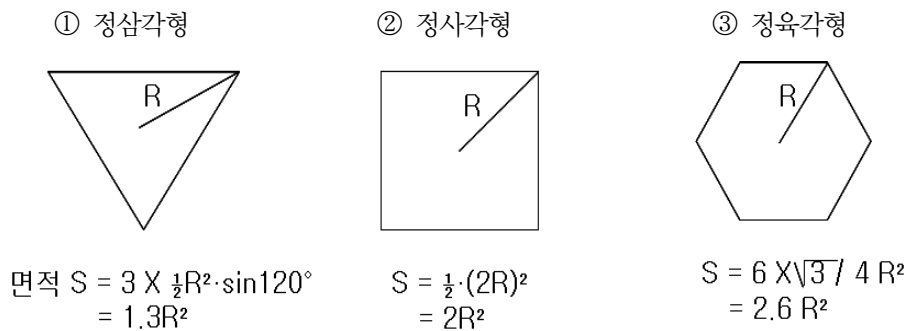
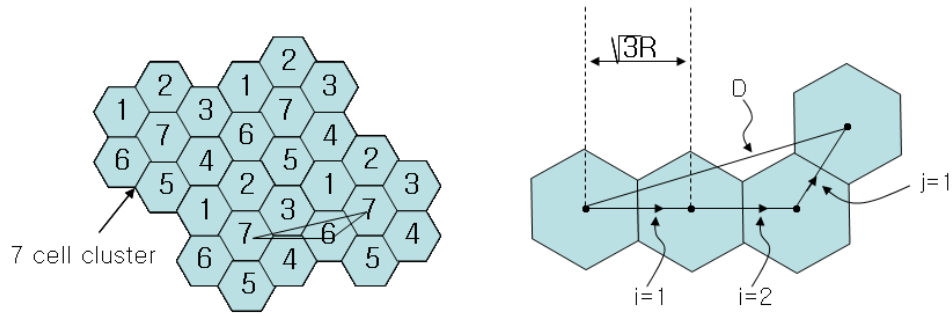


그림 2-5 여러 가지 모양을 고려한 셀 형태들의 면적 비교

2.2 주파수 재사용 계수와 거리

2.2.1 정 의

주파수 재사용에서 사용되는 주파수 재사용 계수(frequency reuse factor)는 서로 다른 주파수를 사용하는 셀들의 집합체인 클러스터 사이즈를 의미하며, 클러스터 내의



$$D = \sqrt{3}R \sqrt{i^2 + j^2 + ij} = \sqrt{3K} \cdot R$$

여기서 R : 셀의 반경, K : 주파수 재사용 계수

그림 2-6 주파수 재사용 거리 계산

셀 수를 나타낸다. 또한 주파수 재사용 거리는 주파수를 동일하게 사용하는 셀간의 거리를 의미한다. 그림 2-6은 동일한 주파수를 사용하는 셀간의 거리 공식을 나타낸 것이다. 그림 2-6의 왼쪽에서 보는 바와 같이 2번과 7번은 클러스터 내의 중심에 위치하고 있고, 서로 동일한 주파수를 사용하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 위치의 거리를 주파수 재사용 계수라 하며, 그 값을 D라고 해서 i축과 j축의 이동경로를 통해 계산할 수 있다. D값은 간단히 주파수 재사용 계수(클러스터 사이즈) K값과 셀의 반경을 가지고도 간단히 구할 수 있음을 보여주고 있다.

2.2.2 주파수 재사용 계수에 따른 다중접속 방식들의 용량비교

- FDMA(A-AMPS 경우) : 15M/30K → 500개/ 7
- TDMA(GSM 경우) : 15M/10K → 1,500개/ 4
- CDMA(IS-95 경우) : 15M/10K → 1,500개/ 1

상기 각 방식의 용량은 아날로그 방식인 FDMA와 디지털 방식인 TDMA, CDMA의 주파수 할당 대역 차이로 디지털 방식이 3배 용량이 크다는 사실을 알 수 있다. 그러나 본 절에서는 이러한 방식 차이와 별도로 다중접속 방식에 따른 용량비교를 보여주고자 한다.

FDMA에서 7개의 주파수 재사용 계수를 사용한다고 하고, TDMA는 4개, 그리고 CDMA는 주파수 재사용 계수와 관계없으므로 1개의 주파수를 사용하는 것으로 하면, 이러한 주파수 재사용 계수는 분모로 계산되어 주파수 재사용 계수가 클수록 용량이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 위에서 보는 바와 같이 TDMA는 FDMA보다 용량이 약 2배 증가하는 것을 알 수 있고, CDMA는 TDMA보다 용량이 4배 증가한다는 것을 알 수 있다.

2.2.3 주파수 재사용 계수에 따른 용량과 성능 비교

주파수 재사용 계수를 늘리게 되면 시스템 용량을 줄어든다. 앞절에서 배운 것과 같이 주파수 재사용 계수는 용량계산시 분모로 들어가기 때문이다. 일반적으로 FDMA는 적어도 주파수 재사용 계수를 7로, TDMA는 적어도 주파수 재사용 계수를 4로, CDMA는 주파수 재사용 계수와 무관하다. 또한 주파수 재사용 계수가 커지면 용량이 줄어드는 대신 주파수 재사용 거리가 늘어나 동일 주파수간에 발생하는 간섭이 줄게 되어 성능은 향상되게 된다. 이와 반대로 주파수 재사용 계수를 줄이면 용량이 늘고 성능은 감소하게 된다. 따라서 클러스터의 셀을 설계하기 위해서는 주파수 재사용 계수값을 고려하여 용량과 성능을 결정하여야 한다.

2.2.4 Cell Splitting

셀 분할(splitting)은 수용용량을 늘리기 위해서 사용하는 방법이다. 그림 2-7에서 보는 바와 같이 기존의 셀 내에 작은 셀을 분할해 추가적으로 만들어 작은 셀들에 다수의 사용자가 이용하게 하는 방법이다.

이제 수식적으로 기존 셀과 분할 셀을 사용할 때의 용량비교를 해보자.

○ 기존 셀의 수신 파워 $P_r \propto P_{t1} R^{-n}$

(P_r : 수신파워, P_{t1} : 기존 셀에서의 송신 파워, n : 전파환경)

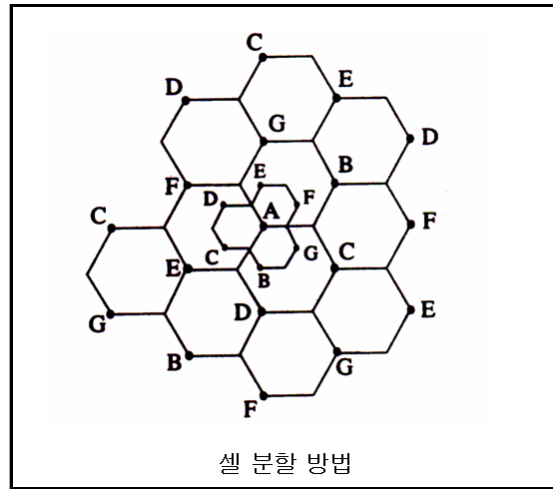


그림 2-7 셀 분할 구성도

○ 분할 셀의 수신 파워 $P_r \propto P_{t2} (R/2)^{-n}$

(P_{t2} : 분할된 셀에서의 송신 파워)

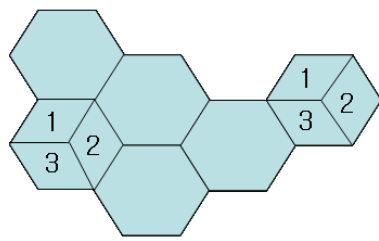
만약 $n=4$ 이라고 하면 기존 셀과 분할 셀의 송신파워 관계식은 다음과 같다.

$$P_{t2} = \frac{16}{P_{t1}}$$

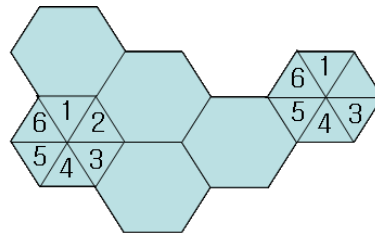
따라서 분할된 셀의 송신 파워는 기존 셀 송신 파워보다 16배 적게 사용되며, 이는 송신 파워 감소로 간섭이 줄어들어 용량이 증대되게 된다.

2.2.5 Cell Sectoring

셀 섹터링은 셀 내를 일정구간으로 구분해 사용하는 방식으로 시스템의 성능을 증대시키기 위해 사용하는 방법이다. 그림 2-8에서 보는 바와 같이 (a)번은 셀을 3개의 구역으로 나눠 사용하고 있는데, 각 구역은 120도로 구분되어 각 안테나가 해당 지역으로만 전파를 방사하게 된다. 따라서 서로 다른 구역에 있는 단말기는 통화 간섭을 받지 않아 통화품질이 우수하게 된다. (b)와 같이 6개의 구역을 나누게 되면 더욱 통화성능이 우수하게 되지만 셀 구현이 어렵다는 단점이 있게 된다.



(a) 120° 섹터링



(b) 60° 섹터링

셀 섹터링의 예

그림 2-8 셀 섹터링의 구성도

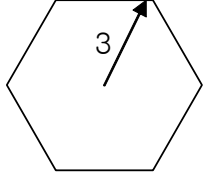
셀 분할(splitting)의 단점

- 셀들간의 거리 좁아짐에 따라 동일 채널간 간섭 증가
- 시스템 구축비용 증가
- 기지국 위치 설정 난해

셀 섹터링으로 동일 채널간 간섭 감소

⇒ 용량 증대 가능하나 용량은 기존 셀과 유사하게 하여 성능 향상을 주목적으로 함

2장 연습문제

1. Cellular 개념이 만들어진 가장 근본적인 이유를 간단히 설명하여라.
2. CDMA에서의 주파수 재사용 계수는 이론적으로 얼마인가?
3. 통화용량을 증대시키기 위해서 하나의 셀을 몇 개로 갈라서 사용하는 기술은?
4. 주파수 재사용 계수가 커지면 시스템 용량과 성능(통화 품질)은 어떻게 되는가?
5. 오른쪽 그림은 정육각형의 셀 모양을 나타내고 있다. 이 정육각형의 면적을 구하고, 다른 셀모양으로 생각할 수 있는 정삼각형, 정사각형과 비교해 정육각형 셀을 사용하는 이유를 간단히 설명하라.
 
6. 7개의 서로 다른 주파수를 사용하는 아날로그 셀룰러 시스템과 CDMA 셀룰러 시스템과의 용량을 비교하고자 한다. 주파수 재사용 계수만을 고려하면 CDMA 셀룰러 시스템은 아날로그 셀룰러 시스템보다 용량이 몇 배나 커지는가?
7. 3개의 Sector를 가지고 있는 셀 내의 단말기에서 가정에 있는 유선 전화와 통화를 하고자 한다. 이러한 셀 내의 단말기와 유선전화가 통신을 하기 위한 블록도를 그려보라. 블록도를 그릴때는 Sectoring이 된 셀, 단말기, 유선전화, 연결선, 단말기와 유선전화 중간에 있는 연결장치 등을 그려넣어야 한다.
8. Micro cell이 필요한 적용지역과 어떤 전파특성이 발생하는지를 써라.

3장

CDMA 기술

학습목표

1. 대역확산의 개념을 이해할 수 있다.
2. PN 코드의 발생과 그 특성을 이해할 수 있다.
3. Walsh 코드의 발생과 그 특징을 이해할 수 있다.

1. 대역확산

1.1 대역확산의 개념

CDMA 방식에서는 전송하려는 정보신호의 대역폭보다 훨씬 넓은 전송대역폭을 가지는 확산(spread) 부호를 사용하는 대역확산(spread spectrum) 통신방식을 사용한다. 즉, 데이터 전송시 단위 주파수당 전파 강도는 매우 작으면서도 넓은 주파수 대역을 사용한다. 이러한 대역확산은 주로 PN(Pseudo Noise) 코드라는 전송 주기 시간이 상당히 짧은 특별한 코드를 사용한다. 이 PN 코드는 단위 주파수당 전파 강도는 매우 작은 백색 잡음(white noise)과 유사하지만 백색 잡음과는 다른 중요한 특성들이 존재한다. 그림 3-1은 대역확산의 기본원리로서 신호를 대역확산하여 유사 잡음과 같이 전송하는 방식이다.

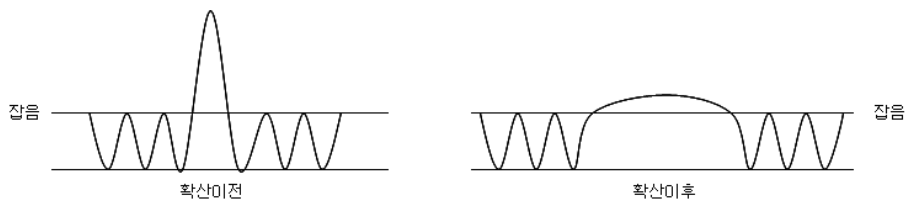


그림 3-1 대역확산의 기본원리

대역확산 통신방식에서는 대역을 확산시킨 후 다시 역확산하는 과정에서 얻어지는 처리이득(processing gain)이 있어 간섭이나 잡음이 신호보다 훨씬 크더라도 통신을 가능케 하고 있다. 일반적으로 확산된 신호의 대역폭을 W 라고 하고 정보신호의 대역폭을 B 라 하면 처리이득 $PG=W/B$ 로 정의된다. 이러한 기본적인 원리를 이용한 대역확산 방식을 직접 시퀀스(direct sequence)와 주파수 도약(frequency hopping)방식이 많이 활용되고 있다.

1.1.1 DS(Direct Sequence) 확산 방식

DS 방식은 전송할 데이터에 순차적으로 PN 코드를 직접 곱하게 된다고 해서 Direct Sequence라는 용어를 사용한다. 그림 3-2는 DS 방식의 간략화된 구성도를 보여주고 있다.

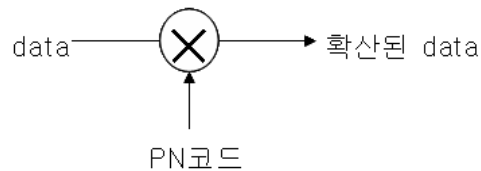


그림 3-2 DS 방식 구성도

DS 확산 방식은 전송데이터에 빠른 주기의 PN 코드를 직접 곱하면서 연속적으로 확산된 데이터를 보내게 된다. 데이터가 확산되는 개념은 다음과 같다.

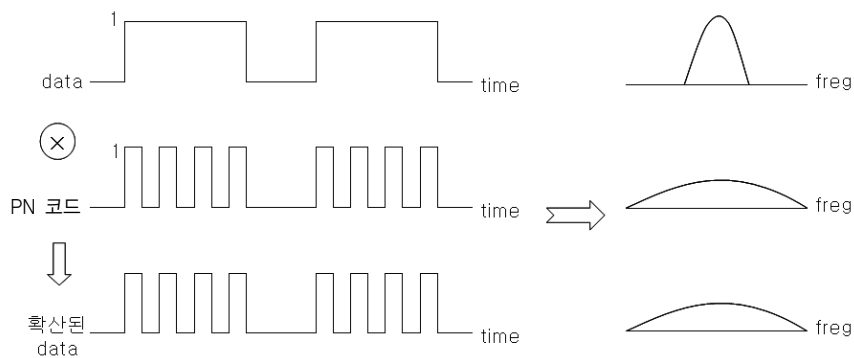


그림 3-3 DS 확산방식의 개념 설명도

그림 3-3에서 보는 바와 같이 PN 코드 전송주기는 데이터 주기보다 4배 빠르며(실제로는 수백 배 이상), 데이터와 PN 코드를 곱하면 PN 코드의 특성으로 바뀌며 이를 확산된 데이터라 한다. 확산된 개념은 주파수영역에서 볼 수 있는데 통신데이터 주파수보다 확산된 데이터 주파수의 대역폭이 상대적으로 넓게 됨을 볼 수 있다. 이 방식은 CDMA 단말기에서 사용되고 있다.

1.1.2 FS(Frequency Hopping) 확산 방식

FS 확산 방식은 전송시간을 일정간격으로 분할해 각 분할된 시간별로 랜덤하게 주파수를 할당하는 방식이다. 주파수를 일정한 규칙 없이 무작위로 사용한다고 해서 Hopping이라는 용어를 사용한다. 이 방식은 도청 가능성이 매우 낮아 군 무전기에서 사용한다.

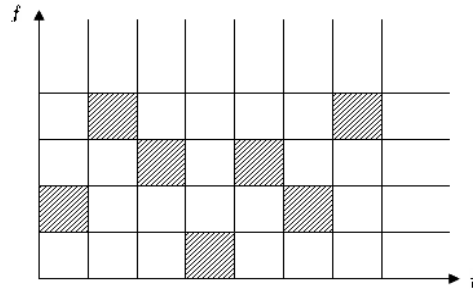


그림 3-4 FH 확산방식의 개념 설명도

1.1.3 대역 확산 통신의 장점

CDMA에서 사용되는 대역 확산 통신의 장점은 다음과 같다.

- 주파수를 확산시키는 방식에 따라 외부의 방해전파인 재밍(jamming) 신호에 강하다.
- CDMA 기술은 다른 사용자의 전력을 상대적으로 낮추므로 간섭(interference)이 적다.
- 상대방에게 전파가 포착될 확률이 낮아 보안성이 강하다.

1.2 DS 방식을 이용한 데이터 복조

1.2.1 확산 및 역확산을 이용한 데이터 복원

본 절에서는 확산 및 역확산을 이용한 데이터 복조 방법을 알아보기 위해 DS 방식

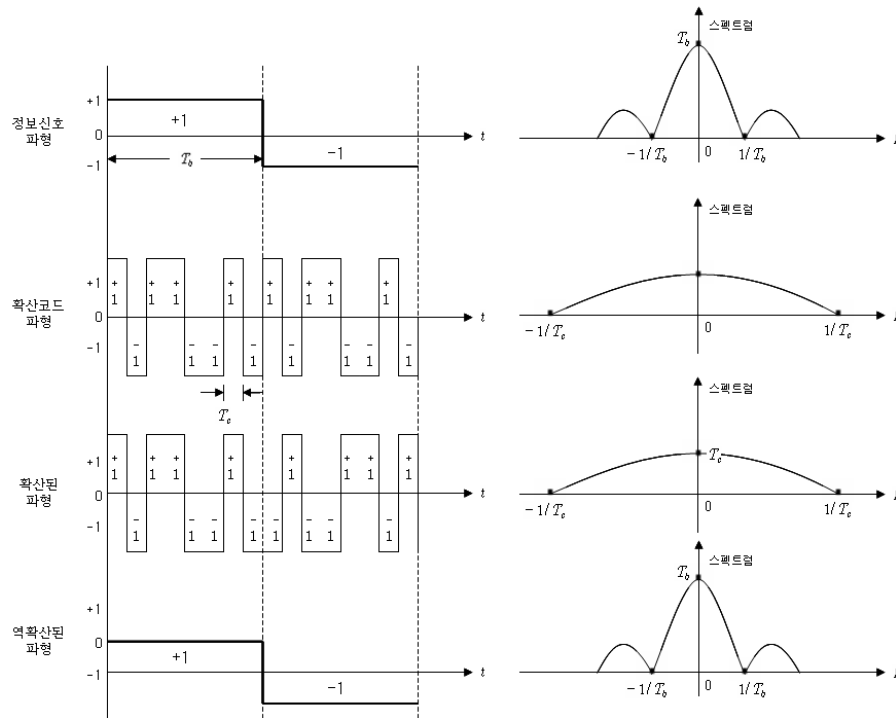


그림 3-5 대역 확산 및 역확산의 원리

에서 송신측의 확산과 수신측의 역확산 과정만을 알아보기로 한다. 최초의 데이터는 2진 비트열이지만 이 비트열은 펄스폭(주기)이 T_b [sec]인 파형으로 변환하여 전송하게 된다. 이때 정보신호의 전송속도(또는 비트율)은 시간당 비트 수를 알려주는 값, 즉 $R_b = 1/T_b$ [bps]가 되며, 이 값이 정보신호의 대역폭 $R_b = 1/T_b$ [Hz]가 된다.

이 정보신호를 대역 확산하기 위해서는 정보신호 보다 시간적으로 상당히 빠른 PN 코드(여기서는 정보신호보다 8배 빠름)를 곱해 주어야 한다. PN 코드의 펄스폭은 정보신호의 펄스폭보다 작은 값으로 비트가 아닌 칩(chip)이라 불린다. 따라서 PN 코드의 펄스폭은 T_c sec이다. 이 PN 코드 파형의 전송속도(또는 칩률)은 칩 시간 구간의 역수, 즉 $R_c = 1/T_c$ [cps, chip/sec]가 되며, 확산 코드의 대역폭은 $R_c = 1/T_c$ [Hz]가 된다. PN 코드는 정보신호보다 펄스주기가 작아 전송시간이 빠르지만 반대로 전송시간과 역수관계인 주파수(또는 스펙트럼)는 넓게 된다.

이제 정보신호와 확산코드 두 신호를 곱하여 보자. 그러면 주파수대역이 확산된 파형이 된다. 그림에서 보듯이 펄스폭이 큰 신호에 펄스폭이 작은 신호를 곱하면 그 결

과는 펄스폭이 작은 신호가 되므로 대역폭은 그 반대로 늘어나게 된다. 이 현상은 시간 영역에서 두 신호를 곱하면 주파수 영역에서는 두 스펙트럼을 콘볼루션한 스펙트럼이 된다는 사실을 이용하여 구할 수도 있다. 수신측에서는 송신측에서 사용한 것과 동일한 확산 코드를 수신된 신호(대역 확산된 신호)에 다시 곱해주면(역확산) 원래의 정보신호를 얻을 수 있다. 이때 큰 잡음이 더해지더라도 역확산과정에서 잡음은 퍼지게 되므로 잡음 전력은 감소하게 된다.

대역 확산에 의하여 주파수 대역이 $1/T_b[\text{Hz}]$ 에서 $1/T_c[\text{Hz}]$ 로 커졌으므로 주파수 대역은 $(1/T_c)/(1/T_b) = R_c/R_b = T_b/T_c$ 배로 늘어났다. 이때 대역이 확산된 정도를 처리 이득(processing gain) 또는 확산율(spreading ratio)이라고 부르는데, 이는 칩률과 비트율의 비 또는 비트 시간 구간과 칩 시간 구간의 비로 정의된다. 따라서 처리 이득을 높이기 위해서는 칩 시간 구간을 작게 하여야 함을 알 수 있다.

1.2.2 송 · 수신 개념

본 절에서는 DS 방식에서 데이터의 확산과정에 반송파를 곱해주는 변조 방식까지 고려한 송신과 반송파를 제거하는 복조와 역확산 과정을 설명하고자 한다.

DS-CDMA 시스템의 송신 개념을 알아보기 위하여 그림 3-6에서 DS-CDMA 시스템의 (a) 송신기 블록도, (b) 시간 영역에서 각 신호 파형, (c) 주파수 영역에서의 각 신호 스펙트럼, (d) 변조 과정이 포함된 최종 송신신호의 스펙트럼을 각각 보았다.

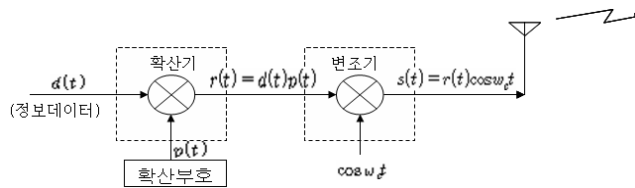
그림 3-6(a)의 송신기 블록도에서는 정보신호를 $d(t)$ 로, 확산 부호는 $p(t)$ 로, 반송파를 $\cos \omega_c t$ 로 표현하였으며, 정보신호 $d(t)$ 와 확산 부호 $p(t)$ 가 곱하여져서 확산된 신호를 $r(t)$ 로, 다시 이것이 반송파와 곱하여져서 만들어진 송신신호를 각각 $s(t)$ 로 표현하였다.

그림 3-6(b)의 시간 영역 파형에서 정보신호 $d(t)$ 는 1과 -1로 구성되는 2비트를 나타내고, 확산 부호 $p(t)$ 는 7개의 칩, 즉 확산율 7을 가지는 시퀀스 {1 1 1 -1 1 -1 1}로 나타내었다. 이 경우에 확산된 신호 $r(t)$ 는 그림 3-4(b)와 같이 가장 아래 그림과 같이 됨을 확인해 보자.

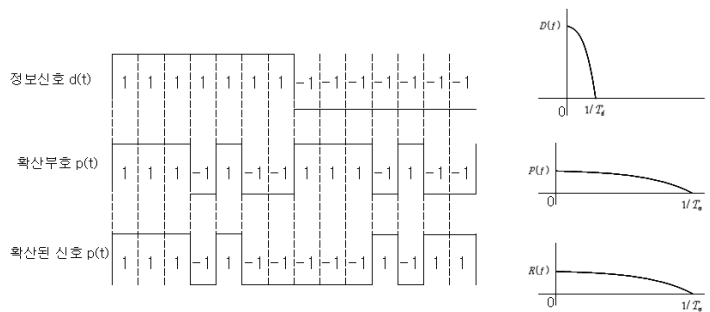
이제 그림 3-6(b)의 각 신호들에 대한 주파수 영역 표현을 그림 3-6(c)에서 생각해 보자. 정보신호 $d(t)$ 의 비트 구간이 $T_{d\text{sec}}$ 라고 하면 정보신호의 스펙트럼 $D(f)$ 는 대

역폭 $1/T_d$ kHz를 갖는다. 확산 부호 $p(t)$ 의 칩 구간은 $T_c = T_d/7[\text{sec}]$ 이 되어 확산 부호의 스펙트럼 $p(f)$ 는 대역폭이 $1/T_c = 7/T_d[\text{Hz}]$ 가 되므로 정보신호의 스펙트럼에 비하여 대역이 7배 확산되게 된다.

같은 이유로 확산된 신호 $r(t)$ 의 스펙트럼 $R(f)$ 는 대역폭 $1/T_c = 7/T_d[\text{Hz}]$ 를 가지게 되며, 이 신호를 정현 반송파 $\cos \omega_c t$ 로 변조하면 푸리에 변환의 변조 성질에 의하여 송신신호의 스펙트럼 $S(f)$ 는 그림 3-6(d)와 같이 반송파의 주파수 f_c 를 중심으로 하여 대역 확산된 신호가 된다. 반송파 주파수를 정보 신호 주파수보다 상대적으로 높기 때문에 변조된 데이터는 반송파 주파수 영역으로 옮겨지게 된다.

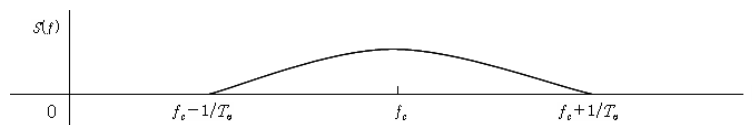


(a) 송신기 블록도



(b) 신호파형

(c) 신호파형의 스펙트럼

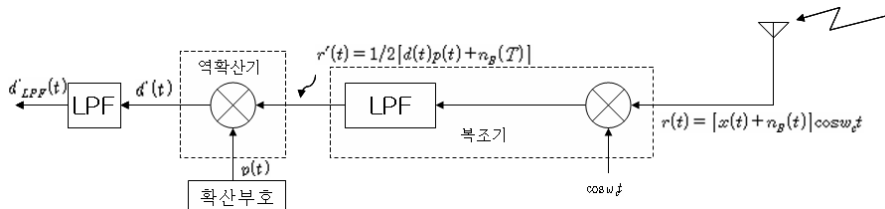


(d) 송신신호 스펙트럼

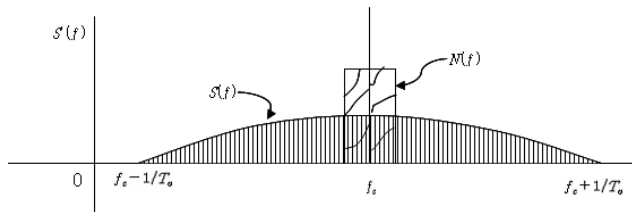
그림 3-6 송신과정 블록도

이제 DS-CDMA 시스템의 수신 개념을 알아보기 위하여 그림 3-7에서 DS-CDMA 시스템의 (a) 수신기 블록도, (b) 수신신호의 스펙트럼, (c) 복조기 출력 스펙트럼, (d) 역확산기 출력 스펙트럼, (e) LPF(Low Path Filter)를 통과한 최종 신호의 스펙트럼을 각각 나타내었다. 수신과정은 송신과정과 역순으로 진행되며, 반송파 제거 및 역확산 과정을 위해 LPF 과정이 필요하다.

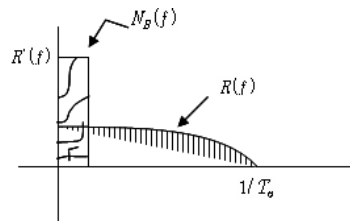
그림 3-7(a)의 수신기 블록도에서 안테나를 통하여 수신된 신호 $r(t)$ 는 원래의 송신신호 $s(t) = x(t)\cos\omega_c t$ 에 잡음 $n(t) = n_b(t)\cos\omega_c t$ 가 첨가된 신호가 된다. 여기서 $n_b(t)$ 는 기저대역 등가 잡음을 나타낸다. 수신된 신호 $r(t)$ 의 스펙트럼 $R(f)$ 을 그림 3-7(b)에 나타내었다.



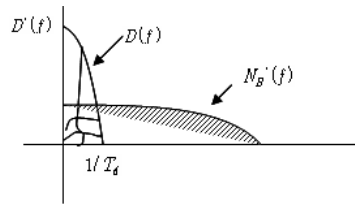
(a) 수신기 블록도



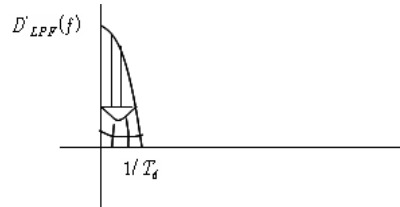
(b) 수신신호 스펙트럼



(c) 복조기출력 스펙트럼



(d) 역확산기 출력 스펙트럼



(e) LPF 출력 스펙트럼

그림 3-7 수신기 블록도와 스펙트럼

수신신호는 $r(t) = [x(t) + n_b(t)] \cos w_c t$ 이므로 반송파 제거를 위한 LPF 후의 수신 신호 즉, 복조기 출력신호는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 r'(t) &= \int_0^1 [x(t) + n_b(t)] \cos w_c t \cdot \cos w_c t \, dt \\
 &= [x(t) + n_b(t)] \int_0^1 \frac{1 + \cos 2w_c t}{2} \, dt \\
 &= \frac{1}{2} [x(t) + n_b(t)]
 \end{aligned}$$

$r'(t)$ 는 반송파가 제거된 신호이므로 그림 3-5(c)의 스펙트럼을 보는 바와 같이 다 지 기저대역으로 되돌아가는 것을 알 수 있다. 반송파가 제거된 $r'(t)$ 신호는 역확산기를 거치게 되면 다음과 같은 신호가 된다.

$$\begin{aligned}
 d'(t) &= \frac{1}{2} p(t) [x(t) + n_b(t)] \\
 &= \frac{1}{2} p(t) [d(t)p(t) + n_b(t)] \\
 &= \frac{1}{2} [d(t)p^2(t) + n_b(t) \cdot p(t)]
 \end{aligned}$$

역확산을 거친 $d'(t)$ 신호는 그림 3-7(d)에서 보는 바와 같이 역확산으로 인해 원래의 데이터 파형은 커지게 되고, 잡음은 반대로 확산되어 작아지게 된다. 여기서 $p^2(t)$ 는 PN 코드 수만큼 나오게 되지만 정규화(normalize)시켜 1로 만들어준다.

마지막으로 확산된 잡음을 제거하기 위해 LPF를 씌우면 그림 3-7(e)에서 보는 바와 같이 원래의 데이터 파형이 복원되게 된다.

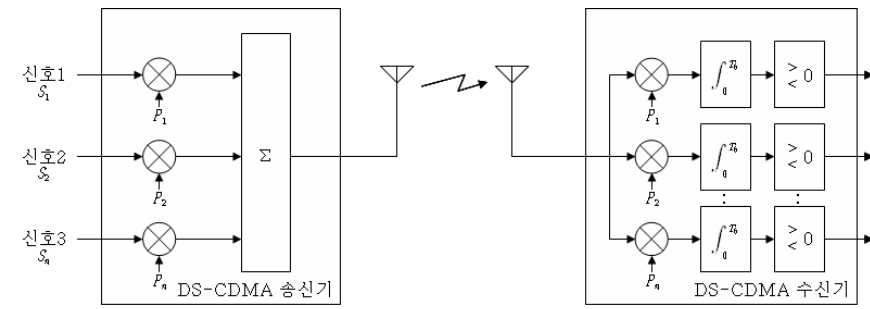
1.2.3 다중접속 원리

본 절에서는 두 명 이상의 사용자가 DS-CDMA 통신을 한다고 할 때의 확산과 역확산 과정을 알아보기로 한다.

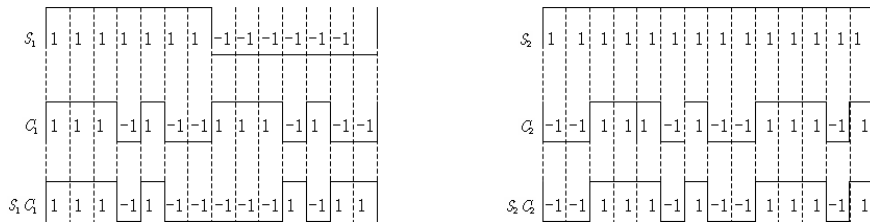
DS-CDMA 시스템의 다중접속 개념을 알아보기 위하여 그림 3-8에서 DS-CDMA 시스템의 (a) 다중접속 송·수신기 블록도, (b) 변조신호와 확산 파형, (c) 복조신호와 역확산 및 판정 파형을 각각 나타내었다. 그림 3-8(a)는 여러 사용자들이 다중 접속하는 경우의 DS-CDMA 변조기와 복조기의 블록도를 보여준다.

송신기에서는 먼저 DS-CDMA 변조기와 여러 사용자의 신호 $S_1, S_2, \dots$ 를 각각 PN 부호 $P_1, P_2, \dots$ 등으로 대역 확산하여 $S_1P_1, S_2P_2, \dots$ 등을 만들고 이 대역확산된 신호들을 더하여 $S_1P_1 + S_2P_2 + \dots$ 를 생성하게 된다. 이렇게 확산된 신호는 앞절의 송·수신 개념에서 살펴본 바와 같이 동일한 정현 반송파를 변조하여 송신하게 된다.

수신기에서는 DS-CDMA 복조기와 수신된 합성신호에 각 사용자들이 자신의 고유 확산 코드 P_1 를 곱하여 역확산한 후 각 비트마다 적분하고, 적분기의 출력이 0보다 같거나 크면 1로, 0보다 작으면 -1로 판정하는 판정기 또는 디코더를 거쳐 원래의 송신신호 S_1 을 검파하게 된다.



(a) 다중 접속 DS-SS 송·수신기 구조



(b) 전송신호와 확산파형

그림 3-8 DS-SS 다중 접속 원리도

두 명의 사용자가 확산코드를 이용해 전송하고 이 중 한 명의 데이터를 역확산과정을 통해 복원하는 과정에 대한 예를 들어보자.

신호 S_1 은 $(-1, 1)$ 의 데이터, 신호 S_2 는 $(1, -1)$ 의 데이터를 전송한다고 하고, P_1 이 $(1, 1, 1, -1, 1, -1, -1)$, P_2 가 $(-1, -1, 1, 1, 1, -1, 1)$ 이다. 이때 S_1 을 복원시키고자 한다면 다음과 같은 송·수신 구성도가 필요하다.

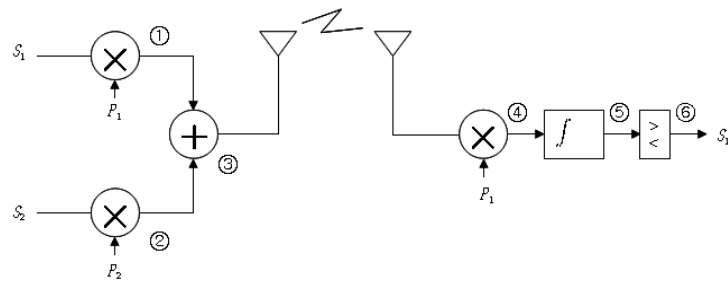
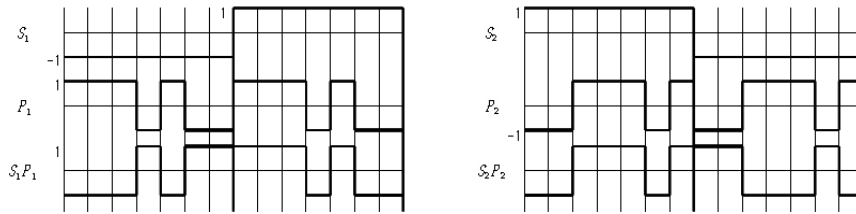
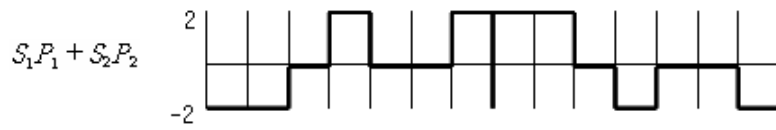
그림 3-9 S_1 복원을 위한 송·수신도

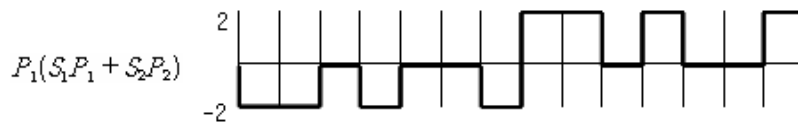
그림 3-10에서 보는 바와 같이 S_1 을 복원하기 위해서는 6단계의 절차가 필요하며, 이에 대한 각 단계별 그림은 다음과 같다.



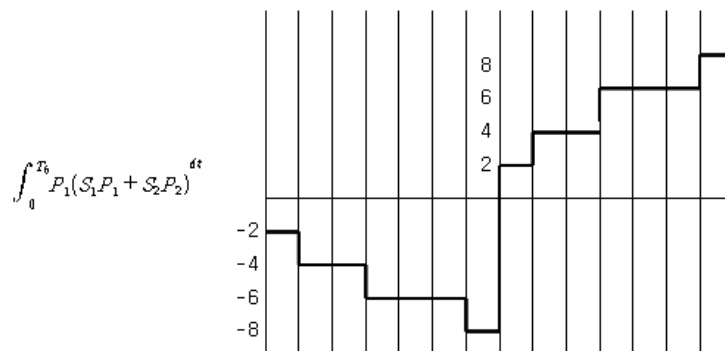
(a) : ①, ② 과정



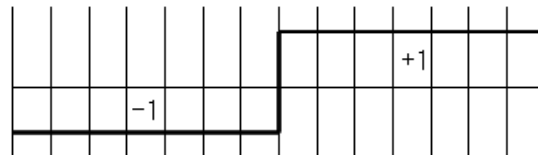
(b) : ③ 과정



(c) : ④ 과정



(d) : ⑤ 과정



(e) : ⑥ 과정

그림 3-10 다중접속 수신기의 단계별 스펙트럼

그림 3-10(a)는 각각 S_1 과 S_2 신호를 전송하는 두 사용자가 고유 확산 코드 P_1 과 P_2 를 가지고 다중접속하였을 때 S_1 과 S_2 , P_1 과 P_2 및 대역 확산된 신호 S_1C_1 과 S_2C_2 를 보여준다. 그림 3-10(b)는 CDMA 변조기에서 더하여진 두 사용자의 합성신호 $S_1C_1 + S_2C_2$ 로부터 CDMA 복조기에서 고유 확산 코드 P_1 을 가지는 사용자가 원래의 송신신호 S_1 을 복조하는 과정에서 나타나는 여러 가지 파형들을 보여준다.

이 복조과정에서 생기는 역확산 파형 $(S_1C_1 + S_2C_2)C_1$ 을 적분한 것이 그림 3-10(d)의 적분기 출력 파형이며, 이 적분기 출력은 판정기 또는 디코더를 거치게 된다. 판정기는 적분기 출력이 0보다 크거나 같으면 1로, 0보다 작으면 -1로 판정하게 되므로 그림 3-10(e)와 같은 판정기 출력 파형을 얻을 수 있다. 이때 이 판정기 출력이 원래의 송신신호 S_1 과 일치함을 확인할 수 있다. 만약 수신기에서 고유 확산 코드 C_2 를 사용하였다면 판정기 출력은 송신신호 S_2 와 일치하게 될 것이다. 이렇게 여러 사용자들이 다중접속하더라도 자신의 고유 확산 코드를 이용하여 자신에게 송신된 신호를 정확히 분리해낼 수 있다. 이상으로부터 DS-CDMA 시스템의 다중접속 원리를 쉽게 이해할 수 있다.

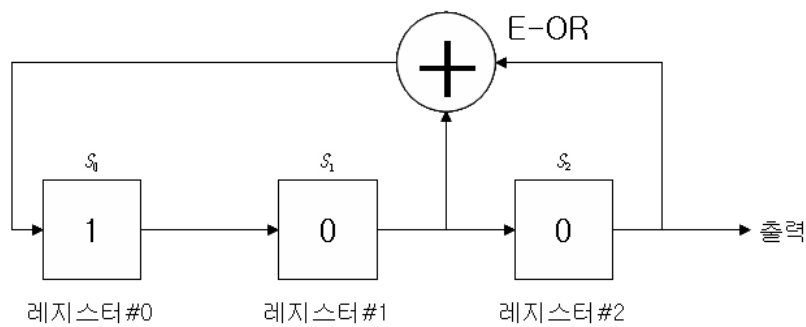
이때 각 고유 확산 코드의 자기상관값은 매우 크고 고유 확산 코드들간의 상호 상관값은 아주 작도록 선택하여야 C_1^2 는 아주 크고 C_1C_2 값은 아주 작아지므로 $(S_1C_1 + S_2C_2)C_1 = S_1C_1^2 + S_2C_2C_1 \approx S_1$ 이 되어 DS-CDMA 다중접속 시스템의 성능이 우수하게 된다.

2. PN 코드

2.1 PN 코드의 생성과 특성

2.1.1 PN 코드의 생성

PN 코드는 귀한 천이 레지스터(feedback shift register)를 사용하여 생성된다. 일반적으로 n 비트의 레지스터를 사용하여 일정한 규칙으로 귀한시키고 천이 시키면 $2^n - 1$ 개의 서로 다른 출력이 주기적으로 나타나게 된다. 여기서 n 은 레지스터의 수이다. 이때 $2^n - 1$ 비트들로 구성되는 비트열을 PN 코드 또는 PN 시퀀스라고 한다.

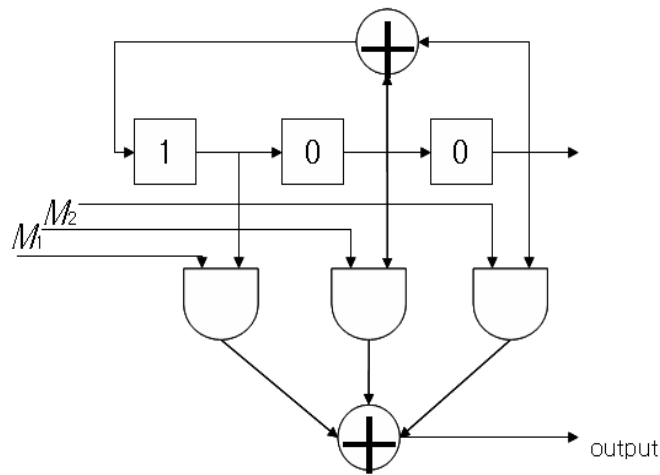


	S_0	S_1	output
$t = 0$	1	0	0
$t = 1$	0	1	0
$t = 2$	1	0	1
$t = 3$	1	1	0
$t = 4$	1	1	1
$t = 5$	0	1	1
$t = 6$	0	0	1
$t = 7$	1	0	0

그림 3-11 PN 코드 발생기

PN 코드 발생기는 레지스터 수 및 그 구조에 따라 다양하게 구성할 수 있으나, 반드시 PN 코드의 특성을 만족하도록 만들어야 한다. 그림 3-9에서는 천이 레지스터의 초기값을 100으로 임의로 주며, 두 번째와 세 번째의 레지스터 출력이 2진 덧셈(Exclusive-OR 연산)되어 첫 번째 레지스터의 입력에 귀환되고 첫 번째 레지스터 값을 두 번째로, 두 번째 레지스터값은 세 번째로 천이되어 PN 코드 생성하는 과정을 나타내었으며 최종출력이 0010111이 됨을 쉽게 알 수 있다.

$t = 0$ 부터 순차적으로 PN 코드를 발생시키면서 3개의 레지스터(S_0, S_1, S_2 저장값)에서 만들어지는 결과값을 비교하였을 때 최초 초기값이 재차 발생되면 PN 코드발생기는 멈추게 된다. 여기서는 $t = 7$ 에서 초기값(1,0,0)이 발생했으므로 $t = 0$ 부터 $t = 6$ 까지가 PN 코드값을 구성하며, S_2 에 해당되는 값이 최종출력값이 되는 것이다.



마스킹 (M_0, M_1, M_2) = (1,1,0) 일 때

	S_0	S_1	S_2	output
$t=0$	1	0	0	1
$t=1$	0	1	0	1
$t=2$	1	0	1	1
$t=3$	1	1	0	0
$t=4$	1	1	1	0
$t=5$	0	1	1	1
$t=6$	0	0	1	0
$t=7$	1	0	0	1

그림 3-12 마스킹을 가진 PN 코드 발생기

이렇게 하여 생성된 PN 코드에 대하여 1비트씩 오른쪽으로 순환 이동(천이) 또는 지연시키는 또다른 PN들을 만들 수 있는데, 총 $2^n - 1$ 개의 서로 다른 PN 코드가 존재하게 할 수 있다. 이제 그림 3-11의 PN 코드 생성기로부터 m 비트 지연된 PN 코드를 만드는 경우를 살펴보자. 그림 3-12는 PN 코드 생성기에 마스킹(masking) 정보 (M_0, M_1, M_2)를 준 경우의 PN 코드 생성과정을 나타낸 그림이며, 이 경우에는 출력된 비트열이 마스킹 정보 $1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 = 3$ 만큼 지연(offset)됨을 알 수 있다.

즉, 마스킹 정보가 없을 때의 출력 순환 비트열 '0010111'은 마스킹 정보 (M_0, M_1, M_2) = (1, 1, 0)에 의해 3만큼 지연된 '1110010'이 된다.

2.1.2 PN 코드의 특성

PN 코드는 주파수대역에 넓게 퍼진다는 의미로 백색 잡음(white noise)와 유사한 성격을 띄고 있지만 다른 특성이 여러 가지 존재한다.

PN 코드는 백색 잡음 신호와 어떻게 다른가를 알아보자. 백색 잡음을 랜덤신호로 랜덤신호는 예측될 수 없고 미래의 신호 변화를 오로지 통계적 성질로만 기술할 수 있다. 그러나 PN 코드는 랜덤신호가 아니고 송신기와 수신기 모두에게 알려진 결정신호이며 더군다나 주기신호이다. 따라서 전력신호로 간주할 수 있다. 그런데도 PN 코드를 의사 잡음 또는 의사 랜덤이라고 부르는 이유는, PN 코드가 결정신호이기는 하지만 샘플된 백색 잡음의 통계적 성질을 가지고 있기 때문이다. 이러한 통계적 특성은 크게 평형 특성 · 런 특성 · 상관 특성으로 나타난다. PN 코드에는 이런 기본 특성 이외에도 최대 길이 특성과 천이 및 가산 특성이 있다. 각 특성에 대하여 좀더 자세히 알아보자.

(1) 최대 길이(maximal length) 특성

천이 레지스터의 개수가 r 인 경우 한 주기 동안 시퀀스의 길이는 $2^r - 1$ 개이다. 아래 예와 같이 천이 레지스터의 개수가 5개인 경우 한 주기 동안에 출력되는 칩은 $2^5 - 1 = 31$ 개가 됨을 알 수 있다.

0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1

(2) 평형 특성(balance property)

칩이 레지스터의 개수가 r 인 경우 한 주기 동안의 $2^r - 1$ 개의 칩 중 '0' 개수는 $\frac{2^r}{2} - 1 = 2^{r-1} - 1$ 개이고, '1'의 개수는 $\frac{2^r}{2} 2^{r-1}$ 개다. 위의 예에서 평형 특성을 확인해 보면 31칩 중 '0'의 개수는 15개이고 '1'의 개수는 16개이다. 즉, 항상 '1'의 개수가 '0'의 개수보다 1개 더 많음을 알 수 있다.

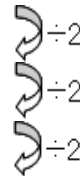
(3) 런 특성(run property)

칩이 레지스터의 개수가 r 인 경우(길이 $2^r - 1$) 다음과 같은 출력 칩의 런(run) 특성을 지닌다.

- ① 연속에서 '1'이 r 번 반복되는 경우가 1번 발생한다.
- ② 연속에서 '0'이 $r-1$ 번 반복되는 경우가 1번 발생한다.
- ③ '1'과 '0' 각각에 대해 연속해서 $r-2$ 번 반복되는 경우가 2번 발생한다.
- ④ '1'과 '0' 각각에 대해 연속해서 $r-3$ 번 반복되는 경우가 4번 발생한다.
- ⑤ 즉, '1'과 '0' 각각에 대해 연속해서 $r-m$ 번 반복되는 경우가 $m-1$ 번 발생한다($m \geq 2$).

따라서 상기내용을 다시 종합하면,

- ① '1'이나 '0'이 계속해서 1번 나온 경우는 전체의 $1/2$
 - ② '1'이나 '0'이 계속해서 2번 나온 경우는 전체의 $1/4$
 - ③ '1'이나 '0'이 계속해서 3번 나온 경우는 전체의 $1/8$
 - ④ '1'이나 '0'이 계속해서 4번 나온 경우는 전체의 $1/16$
- 이다.



이와 같이 런 특성은 연속해서 나오는 수에 따라 확률값이 반으로 줄어든다는 것을 알 수 있다. $r=5$ 인 경우를 예로 들어 런 특성을 확인해 보면 다음과 같다.

0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1
 ① ②③ ④⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫ ⑬⑭ ⑮ ⑯

연속으로 반복되는 숫자를 그룹으로 하여 구분하면 모두 16개 그룹으로 구분된다.
여기서 '0' 이나 '1' 이 연속해서 나오는 경우를 생각해보자.

(1) 연속해서 1번만 나오는 경우 : ②, ③, ④, ⑤, ⑦, ⑬, ⑭, ⑯번이므로 전체의

$$\frac{8}{16} = \frac{1}{2}$$

(2) 연속해서 2번 나오는 경우 : ⑧, ⑪, ⑫, ⑮번이므로 전체의 $\frac{4}{16} = \frac{1}{4}$

(3) 연속해서 3번 나오는 경우 : ⑥, ⑨번이므로 전체의 $\frac{2}{16} = \frac{1}{8}$

(4) 연속해서 4번 나오는 경우 : ①번이므로 전체의 $\frac{1}{16}$

(5) 마지막으로 연속해서 5번 나오는 경우 : $1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} \right) = \frac{1}{16}$

위의 결과를 종합하면 '0'과 '1'이 연속해서 한번 나오는 경우부터 4번 나오는 경우까지의 확률값이 처음값 $\left(\frac{1}{2} \right)$ 에서 반으로 점차 줄어든다는 것이다. 우리는 이러한 특성을 런 특성이라고 부른다. 마지막 연속 5번 경우는 런 특성에 포함하지는 않는다.

(4) 천이 및 가산 특성(shift and add property)

PN 코드 집합 내에 있는 임의의 PN 코드와 그 PN 코드를 천이시켜서 만들어진 PN 코드를 2진 가산하여 만들어진 PN 코드는 역시 PN 코드 집합 내에 존재한다는 것이 PN 코드의 천이 및 가산 특성이다. 예를 들면, 그림 3-5의 $r=3$ 인 PN 코드 0010111을 통하여 천이 및 가산 특성을 이용해 새로운 PN 코드를 만들어 보자.

원래의 PN코드	0010111
천이된 PN코드(3칩)	1110010
PN코드 + 천이된PN코드 1100101 .. 새로운 PN코드	

이러한 방법으로 다양한 PN 코드를 생성시킬 수 있으나, 본 방법으로 만들어진 일부 PN 코드를 모두 PN 코드 특성을 만족하지 않는 경우도 있다는 것을 염두에 두어야 한다.

(5) 자기 상관 특성(autocorrelation property)

주기 T 인 PN 코드의 자기 상관함수는 다음과 같이 정의된다.

$$R(k) = \frac{1}{T} \int^T c(t) \cdot c(t+k) dt$$

여기에서 k 는 지연된 칩수를 나타낸다. $k = nT$ 인 경우에 $c(t+k)$ 는 $c(t)$ 와 같은 PN 코드가 되므로 실제로는 지연이 없는 경우와 같다. 예를 들어, 주기 $T=7$ 이고, 출력이 0010111인 PN 코드에 대하여 살펴보자. 자기상관 함수식이 사칙연산에 의해 계산되므로 PN 코드의 '0' 값을 '-1'로 대체하여 산술계산한다. 이때 PN 코드는 -1 -1 1 -1 1 1 1이 된다. $k = nT$ 인 경우와 $k \neq nT$ 인 경우로 나누어서 자기 상관 특성을 알아보자.

- ① 지연이 없을 경우 $k = nT$ PN 코드 $c(t+k)$ 는 $c(t)$ 와 동일하므로
 $c(t) \cdot c(t+k) = 1$ 이 된다.

따라서 자기 상관함수 $R(0) = \frac{1}{7}(1+1+1+1+1+1+1) = 1$ 이다.

- ② 지연이 있을 경우($k \neq nT$) 출력 PN 코드 $c(t)$ 와 1칩 지연시킨 PN 코드
 $c(t+1)$ 은 다음과 같이 주어진다.

- 출력 PN 코드 -1 -1 -1 1 -1 1 1
- 지연 PN 코드 1 -1 -1 -1 1 -1 1

따라서 자기 상관값은 다음과 같이 된다.

$$R(1) = \frac{1}{7}(-1+1+1-1-1-1+1) = -\frac{1}{7}$$

물론 2칩, 3칩, ..., 6칩 지연시킨 경우에도 동일한 자기 상관값을 얻을 수 있다.

이 결과를 임의의 주기 T 를 가진 PN 코드에 적용하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

- $R(k) = 1$ ($k = nT$ 인 경우)
- $R(k) = -\frac{1}{7}$ ($k \neq nT$ 인 경우)

따라서 매 7번째마다 자기 상관값은 가장 큰 1값이 될 것이다. 이와 같은 결과는 그림 3-13에서 보는 바와 같다.

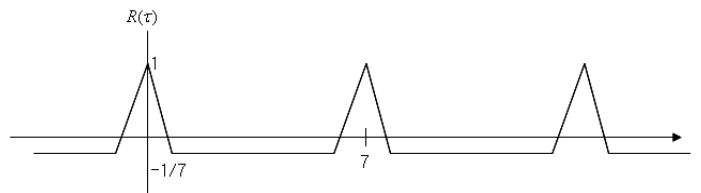


그림 3-13 PN 코드의 자기 상관 함수

2.2 DS-CAMA에서의 PN 코드

2.2.1 PN 코드의 종류와 용도

(1) Short 코드

- ① 셀이나 섹터의 식별자로 사용된다
- ② 코드의 길이는 2^{15} (32.768칩)이며, 주기는 26.67ms이다.
- ③ I (동위상)와 Q (직교 위상) 채널로 구성된다.

(2) Long 코드

- ① 역방향 링크의 확산 코드로 이용되며 모든 이동국은 서로 다른 코드를 부여받는다.
- ② 순방향 링크에서 암호화를 위해 사용된다.
- ③ 코드의 길이는 2^{42} 칩이며 주기는 41.4일이다. 즉, 1.2288Mcps이다.

2.2.2 Short PN 코드의 생성

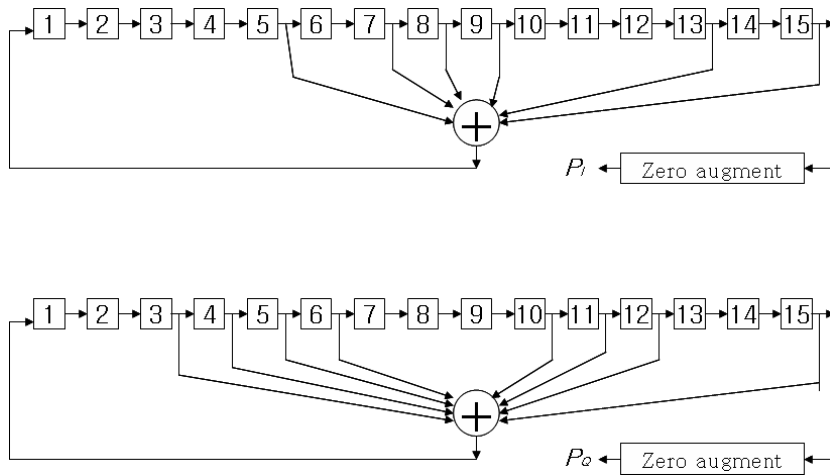


그림 3-14 Short PN 코드 발생기

Short PN 코드 발생기는 다음 그림 3-14와 같이 15개의 천이 레지스터와 2진 가산기 및 zero augment로 구성된다.

여기에서 위상 시퀀스 Q 위상 시퀀스 각각에 대한 Short PN 코드 생성 다항식은 다음과 같이 주어진다.

○ I 위상 시퀀스

$$P_I(x) = x^{15} + x^{13} + x^9 + x^8 + x^7 + x^5 + 1$$

○ Q 위상 시퀀스

$$P_Q(x) = x^{15} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^6 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$$

그림 3-14에서 zero augment는 2^{15} (32,768) 길이의 Short PN 시퀀스를 발생시키기 위해서 매 주기마다 14개의 연속된 '0'이 나온 후에(시퀀스의 한 주기 동안에 1번 발생한다) 하나의 '0'을 삽입하는 역할을 한다. 따라서 시퀀스는 14개가 아닌 15개의

연속된 '0'을 갖게 된다. Short PN 시퀀스의 칩률은 1.2288Mcps이며 주기는 $32,768/1,228,800 \div 26,67[\text{ms}]$ 이다. 이것은 매 2초마다 Short PN 시퀀스가 75번 반복되는 것을 의미한다.

2.2.3 Long PN 코드의 생성

Long PN 코드 발생기는 다음 그림 3-15와 같이 42비트 마스크와 42비트 상태 벡터의 모듈로-2 내적에 의해 생성된다.

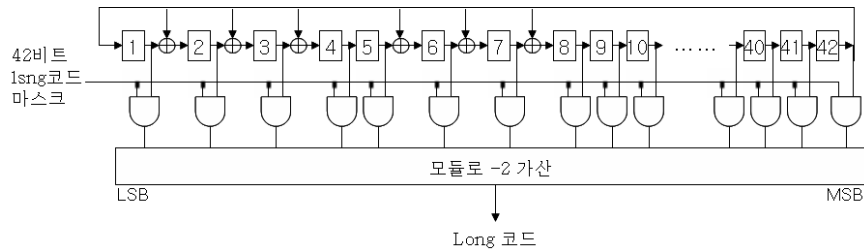


그림 3-15 Long PN 코드 발생기

Long PN 코드는 $2^{42} - 1$ 칩의 주기를 가지고 있으며 다음의 Long PN 코드 생성 다항식에 의해 규정된 선형 순환을 만족한다.

$$P(x) = x^{42} + x^{35} + x^{33} + x^{31} + x^{27} + x^{26} + x^{25} + x^{22} + x^{21} + x^{19} + x^{18} + x^{17} + x^{16} + x^{10} + x^7 + x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + x^1 + 1$$

Long PN 코드 발생기에서 사용된 마스크 정보는 이동국이 통신하는 채널 타입에 따라 변하며 자세한 내용은 CDMA 시스템에서 다룬다.

3. Walsh 코드

3.1 Walsh(Walsh) 코드의 정의

Walsh함수는 1923년 J.L. Walsh에 의해 직교함수로서 소개되었다. Walsh 함수는 완전한 직교(orthogonal)함수 집합을 만들며 Walsh 코드는 Walsh 코드의 주기 $(0, T_w)$ 에서 +1과 -1의 2가지 값만을 취하며 아래와 같은 조건을 만족한다.

$$\frac{1}{T_w} \int_0^{T_w} W(k,t) \cdot W(j,t) dt = \begin{cases} 1 & \text{for } k = j \\ 0 & \text{for } k \neq j \end{cases}$$

상기 식에서 보는 바와 같이 동일한 Walsh 코드의 곱은 항상 1, 실제로는 Walsh 코드 수만큼 결과가 나오나 Walsh 코드주기 T_w 로 나누므로 1이 되며, 서로 다른 Walsh 코드의 곱은 항상 0이 된다. 이것이 직교성을 가진 Walsh 코드의 특성이다.

직교 성질을 가지는 Walsh 코드는 이러한 Walsh 함수에 의해 생성된다. Walsh 코드를 만드는 방법은 Walsh 함수를 균일한 시간 간격으로 샘플링한 Hadamard 행렬로부터 만드는 방법이 있으며, DS-CDMA 시스템에서도 Hadamard 행렬로부터 Walsh 코드를 만드는 방법을 사용한다.

Walsh 코드는 순방향 CDMA 링크에서는 확산 코드로 사용되면서 각 채널을 구분하는 식별자 역할을 한다. Walsh 코드의 직교성을 이용해 사용하는 채널에 서로 다른 Walsh 코드를 곱한 다음 송신하게 되면 수신이 원하는 데이터 복원을 할 수 있다. 예를 들어 $d_0 \sim d_9$ 까지 10개의 데이터를 송신하고자 할 때 서로 다른 Walsh 코드 $w_0 \sim w_9$ 을 이 데이터에 곱한 다음 모두 합해 송신하게 되면 다음과 같다.

$$S(t) = d_0 w_0 + d_1 w_1 + \cdots d_9 w_9$$

송신된 신호 수신시 d_1 이 원하는 신호였다면 d_1 에 있는 Walsh 코드와 같은 w_1 을 다시 곱하게 된다. 한편 Walsh 코드는 역방향 CDMA 링크에서 64개(64×64 행렬)직교 변조 코드로 사용되고 있으며, 기타의 이동 통신 시스템에서도 확산 코드나 직교 변조 코드로 널리 사용되고 있다.

3.2 Walsh 코드의 생성

하다마드 행렬을 이용한 Walsh 코드는 다음과 같은 2×2 하다마드 기본행렬식에 의해 구할 수 있다.

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

이러한 H_2 하다마드 코드를 통해 확장된 Walsh 코드를 생성할 수 있다. H_4 하다마드 코드를 구해보면

$$H_4 = \begin{bmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & -H_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

따라서 $H_8 = \begin{bmatrix} H_4 & H_4 \\ H_4 & -H_4 \end{bmatrix}$ 로 구할 수 있으며, 64개의 채널을 구분하기 위해서 H_{64} 의 하다마드 코드를 현재 이 통신에서 사용하고 있다.

3장 연습문제

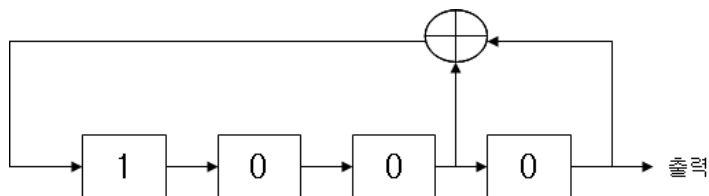
1. CDMA에서 대역확산 기술을 사용하는 목적을 간단하게 말하면?
2. PN 코드의 특성 중 평형 특성을 간단히 설명하면?
3. 아래의 PN 코드를 보고, PN 코드의 특성인 런 특성을 구체적으로 설명하라.

0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 1

4. PN 코드의 특성 중 자기 상관 특성을 설명하고자 한다. 아래는 7개로 되어 있는 PN 코드를 나타낸다. 이 PN 코드가 지연되었을 때의 자기 상관 함수값과, 지연이 되지 않았을 때 어떠한 결과값이 발생하는지를 나타내고, 이러한 결과를 토대로 자기 상관 특성을 간단히 설명하라.

PN 코드 : -1 -1 -1 1 -1 1 1

5. 4단의 레지스터를 사용한 PN 코드 발생기이다. PN 코드 발생기를 통해 PN 코드를 구하라.



6. 다음은 2개의 데이터를 PN 코드로 확산시켜 합한 다음 송신을 하였을 때, 데이터 전송속도에 대한 아래 물음에 답하라. 2개의 데이터는 $d_1(t)=[1, 1]$, $d_2(t)=[-1, 1]$ 이고, 각 데이터를 확산하는 PN 코드는 $C_1(t)=[1, 1, 1, -1, 1, -1, -1]$, $C_2(t)=[-1, -1, -1, 1, -1, 1, 1]$ 를 사용한다고 할 때, 다음 단계별로 송·수신되는 과정을 파형으로 그려보라.

- 1) 두 데이터가 확산된 파형 그림
- 2) 확산된 두 데이터가 합해진 파형 그림
- 3) 2)번이 역확산 되는 파형 그림
- 4) 적분기 출력을 통해 원래의 데이터로 복원되는 파형 그림

4장

이동통신 기술

학습목표

1. 전력제어의 종류와 특성을 이해할 수 있다.
2. 핸드오프의 종류와 방법을 이해할 수 있다.
3. 호 처리 절차에 대해 이해할 수 있다.

1. 전력제어

1.1 전력제어의 개요

1.1.1 전력제어의 정의와 종류

전력제어(power control)란 방사되는 전파의 가능한 가장 낮은 전력 레벨로도 시스템 성능을 유지할 수 있도록 이동국과 기지국의 송신 전력을 알맞은 레벨로 조절하는 기법이다.

전력제어는 크게 인접 셀로부터의 간섭을 감소시킬 목적으로 기지국의 송신 전력을 제어하는 순방향 전력제어와 CDMA 방식의 이동통신 환경에서는 셀 내의 모든 이동국이 동일 주파수대역을 사용하기 때문에 기지국과 이동국간의 거리차로 발생하는 근원 간섭 문제(near-far interference problem)를 해결하기 위해 이동국의 송신전력을 조절하는 역방향 전력제어로 구분할 수 있다.

1.1.2 전력제어의 필요성

근원 간섭 문제란 그림 4-1과 같이 기지국에서 100m 거리에 위치한 이동국 A와 기지국에서 1km 거리에 위치한 이동국 B가 동일한 전력 레벨로 기지국으로 신호를 송신

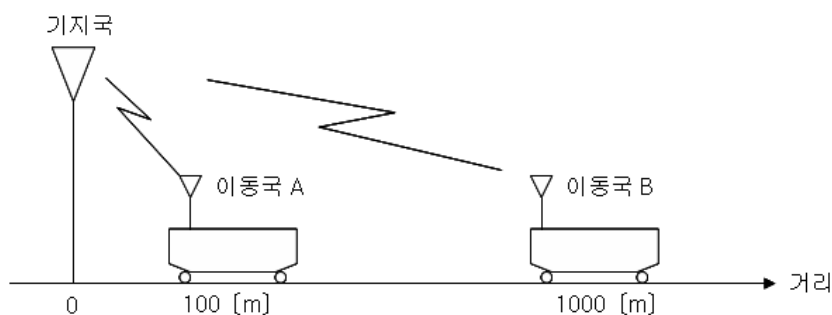


그림 4-1 이동국의 근원에 따른 전력제어

한다면 기지국에서 볼 때 이동국 A와 이동국 B 사이의 거리 차이가 10배이므로 기지국에서 수신된 전력은 거리 차이의 3~5제곱, 즉 $10^3 \sim 10^5$ 배만큼 차이가 나게 된다. 이 경우에 기지국에서는 이동국 A 신호 전력이 이동국 B 신호 전력보다 $10^3 \sim 10^5$ 배 크게 되므로 이동국 B의 신호는 복구 불가능한 상태가 된다. 이와 같이 서로 다른 거리에 위치한 이동국들이 동일한 전력 레벨로 기지국으로 신호를 전송할 때 상대적으로 기지국에서 먼 거리에 있는 이동국의 신호를 기지국이 복구할 수 없는 문제점을 근원 간섭 문제라고 한다.

이러한 근원 간섭 문제 외에도 송신 전력 레벨이 너무 낮으면 비트 오류율이 높아지고, 전력레벨이 너무 높으면 다른 이동국에 큰 간섭을 주므로 시스템 성능이 떨어지게 된다. 따라서 이동국의 송신 출력을 적당히 조절하여 기지국에 도착하는 신호가 최소한의 반송파 대 간섭비(C/I), 즉 허용가능한 최소의 E_b/N_0 를 유지하기 위하여 전력 제어가 필요하다.

1.2 순방향과 역방향 전력제어

1.2.1 순방향 전력제어

통화중에 있는 이동국이 다중경로 전파(multipath propagation)현상, 잡음 또는 간섭이 심한 셀 경계 지역에 위치할 때에는 모든 채널이 정해진 통화 품질을 유지하기 위하여 기지국의 전력 레벨을 증감시킬 수 있는 수단이 필요하다.

이를 순방향 전력제어(forward power control)라고 하는데, 순방향 전력제어는 기지국에서 이동국으로 보내는 송신 전력을 조절하는 것으로서 인접 셀로부터의 간섭을 감소시킬 목적으로 사용한다. 이때 기지국이 소비하는 송신 전력은 파일럿 채널, 동기 채널, 호출 채널, 순방향 통화 채널 등 모든 순방향 채널이 공유하며 기지국이 해당 이동국의 통화 채널 할당 전력을 변화시켜 전력을 조절한다.

즉, 전체 송신 전력량은 같으나 전력 증폭기가 포화되지 않게 전력 조절 여부를 결정하여 모든 채널의 특성이 양호하게 유지되는 범위에서 통화 채널별로 할당 전력이 다시 조절된다. 순방향 전력제어는 기지국의 셀 제어기(cell controller)가 관장하며 3~4dB(약 2~3W 전력값에 해당) 정도의 비교적 작은 범위에서 조절되는데 한 번에

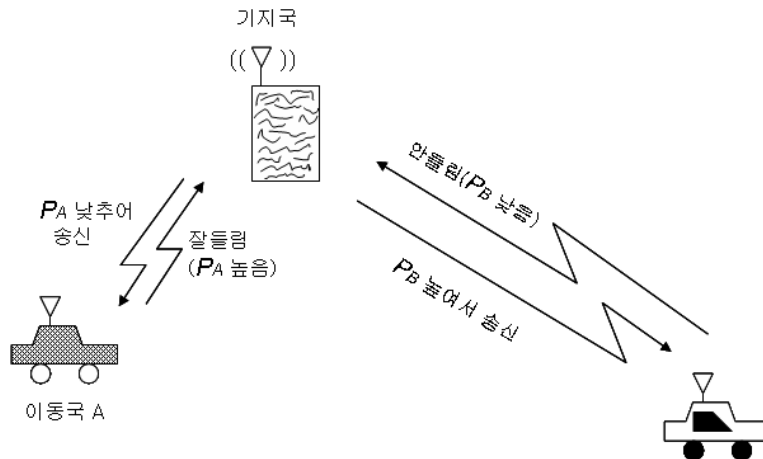


그림 4-2 순방향 전력제어 개념도

약 0.5dB 정도로 조절된다.

순방향 전력제어의 개념도는 그림 4-2와 같다. 그림에서와 같이 순방향 전력제어에 서는 기지국이 이동국으로부터 주기적으로 전력 측정 보고 메시지를 받아서 기준치와 비교한 후 송신 전력의 증감 여부를 결정한다.

1.2.2 역방향 전력제어

역방향 전력제어(reverse power control)는 기지국의 송신전력을 제어하는 순방향 전력제어와 달리 이동국의 송신 전력을 조절하는 것으로써 셀 내의 모든 이동국이 동시에 같은 주파수를 사용하기 때문에 발생하는 근원 간섭 문제를 해결할 목적으로 수행 한다. 즉, 간섭신호를 최소로 함으로써 성능은 물론 시스템 용량을 증대시킬 수 있기 때문이다.

기지국으로부터 가까이 위치해 있는 이동국이 멀리 위치한 이동국에 비해 경로 손실이 적으므로 기지국에서 수신할 때에는 더 큰 전력으로 수신될 것이다. 따라서 모든 이동국이 같은 송신 전력을 사용한다면 기지국에서는 가까이 위치한 이동국에 의해 발생된 신호가 멀리 떨어진 이동국으로부터의 신호를 덮어버리게 될 것이다.

따라서 기지국에 가까이 위치한 이동국 전력은 높게 수신되어 기지국은 이동국의 전력감소를 명령하고, 이동국은 이에 따라 전력을 낮게 송신한다. 역방향 전력제어의 개념도는 그림 4-3과 같다. 역방향 전력제어에서는 개루프(open loop) 전력제어와 폐루

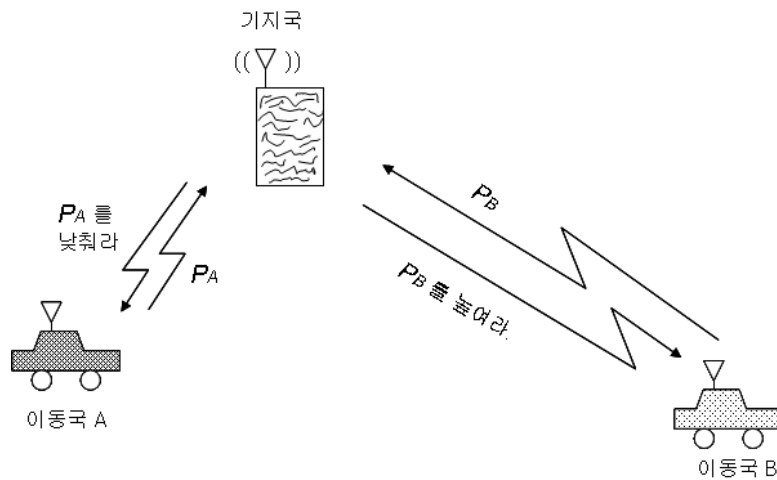


그림 4-3 역방향 전력제어 개념 구성도

폐루프(closed loop) 전력제어가 있으므로, 이에 대해 자세히 알아보자.

(1) 개루프 전력제어

개루프 전력제어는 그림 4-4와 같이 이동국이 독자적으로 기지국으로부터의 신호 전력을 추정하여, 추정된 값으로부터 역으로 송신 전력을 추출하는 방법이다.

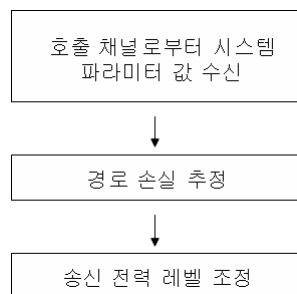


그림 4-4 개루프 전력제어 흐름도

즉, 이동국의 위치가 기지국과 가까우면 기지국신호의 경로 손실이 적으므로 이동국에서 기지국 신호를 수신할 때 수신 전력이 크게 된다. 따라서 이동국의 전력을 작게 송신해야 기지국에 최소 요구 전력으로 도달할 것이다. 이동국의 위치가 기지국에서 멀면 이동국의 송신 전력을 상대적으로 크게 하여야만 기지국에 최소 요구 전력으로

도달할 것이다. 여기서 최소 요구 전력은 정해진 통신 품질을 유지하기 위해 요구되는 최소 전력을 의미한다.

이동국과 기지국 사이의 거리 및 지형적 모양이 의해 결정되는 평균 경로 손실은 일반적으로 링크의 방향과 무관하게 전형적인 log-normal 분포를 갖는다. 따라서 개루프 전력제어의 목적은 먼저 경로 손실 및 지형 변화에 따른 개략적인 전력제어를 수행하는 데 있다.

(2) 페루프 전력제어

개루프 전력제어는 기본적으로 역방향 및 순방향 경로 손실이 같다고 가정했을 때 그 정확성이 보장된다. 그러나 실제로 기지국과 이동국의 통신에는 순방향 링크와 역방향 링크가 서로 다른 경로손실을 겪게 되므로 이동국의 송신한 신호가 기지국에서 어떻게 수신되었는지 추정할 수 없다. 즉, 이동국이 수신한 신호만으로는 기지국에서 보낸 수신 상태를 추정할 수 없게 된다. 이와 같이 송·수신이 서로 다른 특성을 갖는 채널을 사용함으로써 발생하는 문제를 보완하고 해결하기 위하여 페루프 전력제어를 사용한다.

페루프 전력제어에서 기지국은 미리 정해진 프레임 오류율(FER : Frame Error Rate)을 유지하기 위해 셀 내의 모든 이동국에 대한 기지국으로의 송신 SNR (E_b/N_0) 기준치를 설정한다. 이 설정된 E_b/N_0 와 기지국이 매 1.25msec마다 수신하면서 측정 한 SNR을 비교하여 측정치가 설정치보다 크면 이동국에게 전력감소를 명령하고 작으면 전력 증가를 명령한다. 페루프 제어에서는 수신된 단순전력 값으로 전력 레벨의 높 낮이를 결정하도록 되어 있어, 주변 간섭신호가 많을시(예를 들면, 터널, 밀집된 고층 건물 도로 등) 기지국에 가까이 있는 이동국은 적은 전력 신호가 수신 외에 마치 기지국으로부터 멀리 떨어져 있는 것으로 오인하게 된다. 그러나 페루프 제어에서는 SNR 값, 즉 신호전력과 잡음전력의 비율값을 수신하게 되어 있어 주변 신호환경을 정확히 파악할 수 있다. 따라서 페루프 제어방식은 페이딩(fading)이 있는 환경에서도 정확한 전력제어가 가능한 방식이다.

2. 핸드오프

2.1 핸드오프 개요

2.1.1 핸드오프의 정의

셀룰러 이동통신 시스템의 가장 큰 특징 중의 하나가 가입 단말기의 이동성을 보장하는 것이다. 이동성을 보장하기 위해 필요한 기술은 위치 등록 기술과 핸드오프(hand-off) 또는 핸드오버(hand-over) 기술인데, 핸드오프란 이동국이 현재 서비스를 제공받고 있는 기지국 또는 섹터의 서비스 영역을 벗어나도 계속적으로 통화가 유지될 수 있도록 이동국과 기지국간의 통화로를 절체해 주는 기술을 말한다.

핸드오프가 발생하게 되는 조건은 다음과 같다.

- 이동국과 기지국간의 신호 수신 강도
- 비트 오류율(bot error rate)
- 이동국과 기지국간 거리
- 기지국의 서비스 반경

그림 4-5와 같이 이동국이 한 셀로부터 다른 셀을 향하여 계속 이동하여 두 셀의 경계선 부근에 다다른 경우를 생각해 보자.

이 경우에는 현재 서비스를 제공하는 기지국과 서비스를 제공받는 이동국 모두에게 신호 수신 강도가 약해지게 되며, 비트 오류율도 높아지게 된다. 또한 이 경우에 이동국과 기지국간의 거리는 최대가 된다. 이때 기지국과 이동국은 1차적으로 전력제어에 의해 신호 수신 강도를 최소 요구 전력 이상으로 높이는 노력을 하게 된다.

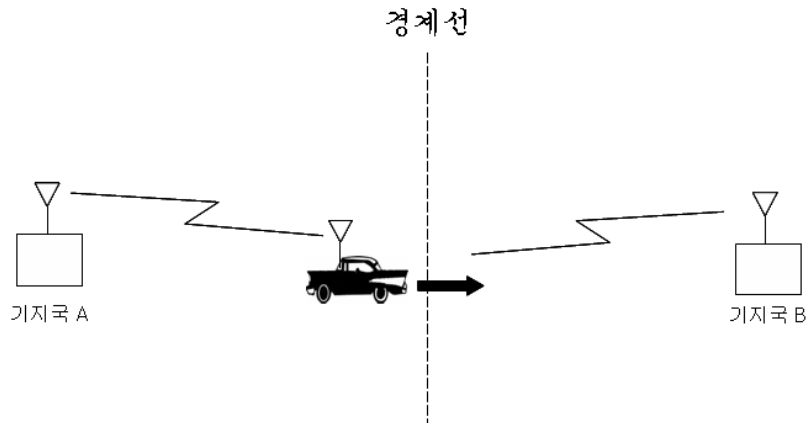


그림 4-5 핸드오프의 개념

현재 서비스를 제공하는 기지국(기지국 A)에서 전력제어로도 신호 수신 강도를 최소 요구 전력 이상으로 높일 수 없을 때에는 인접 기지국(기지국 B)과 상의하여 모든 서비스권을 인접 기지국에 양도하게 되는데, 이것이 핸드오프이다. 이때 기지국 A와 이동국 사이에 형성되어 있던 링크가 기지국 B와 이동국 사이의 링크로 절체되는데 이 핸드오프는 사람들이 감지할 수 없을 만큼 짧은 시간에 수행되어야 한다.

기지국의 서비스 반경이 너무 크게 되면 이동국과 기지국 사이의 최대 거리가 너무 크게 되어 전력제어와 핸드오프로도 해결할 수 없는 통화 불능 지역이 생기게 되고, 기지국의 서비스 반경이 너무 작으면 시스템의 경제성이 없어진다. 이와 같이 기지국의 서비스 반경은 시스템 용량뿐 아니라 핸드오프와도 밀접한 관계가 있다. 또한 핸드오프의 성공 여부는 서비스 품질을 좌우하는 중요한 요소이기도 하다.

2.1.2 핸드오프의 기법

정보통신 기술이 발전함에 따라 핸드오프의 기법도 발전하여 핸드오프를 수행하는 주체가 네트워크 중심에서 단말기로 바뀌어 가는 추세에 있다. 현재 사용되고 있는 핸드오프 기법을 요약하면 다음 표 4-1과 같다.

표 4-1 핸드오프 기법

핸드오프 기 법	전계강도 측정주체	핸드오프 판단주체	적 용 시스템	특 징
통신망 제어 핸 드 오 프	기지국	네트워크	AMPS TACS NMT	- 교환기쪽에 과부하 - CAI상의 신호처리량 최소화 - 이동국 전파 상황 파악 미흡
이동국 보조 핸 드 오 프	기지국 및 이동국	네트워크	DAMPS GSM JDC CDMA	- 이동국 전파상황 파악 신속 - 기지국의 전계강도 측정 빈도 감소 - CAI상의 신호처리량 증대 - 네트워크 운용 효율제고
이동국 제어 핸 드 오 프	기지국 및 이동국	네트워크	DECT CT3	- 이동국 전파 상황 최근접 파악 - 기지국의 전계강도 측정 빈도 감소 - CAI상의 신호처리량 증대

표 4-1에서 보는 바와 같이 초기의 아날로그 셀룰러 시스템에서는 주로 통신망 제어 핸드오프(NCHO : Network Controlled Hand Off) 기법을 사용하였다. 통신망 제어 핸드오프로는 전계 강도를 기지국이 측정하고 통신망이 핸드오프의 시기를 판단하는 기법인데, 공통 무선 인터페이스(CAI : Common Air Interface)상의 신호처리량을 최소화 할 수 있다는 장점이 있는 반면, 통신망이 전계강도 측정과 핸드오프 시기를 판단하는 주체가 되므로 교환기쪽에 부하가 많이 걸리게 되고 이동국의 전파 상황을 파악하는 것이 미흡하다는 단점이 있다.

TDMA나 CDMA 방식을 이용하는 디지털 셀룰러 시스템에서는 통신망 제어 핸드오프 기법의 단점을 보완하기 위하여 이동국 보조 핸드오프(MAHO : Mobile Assisted Hand Off) 기법을 사용한다. 이동국 보조 핸드오프는 기지국과 이동국이 모두 전계 강도를 측정하되 통신망이 핸드오프의 시기를 판단하는 기법이다. 이 기법은 기지국과 이동국이 모두 전계 강도를 측정하므로 공통 무선 인터페이스상의 신호 처리량을 증대하는 단점이 있으나, 이동국의 전파 상황 파악을 신속하게 할 수 있을 뿐만 아니라 기지국의 전계 측정 빈도를 감소시켜 통신망의 운용 효율을 높일 수 있는 장점이 있다.

유럽형 저속 PCS인 DECT(Digital European Cordless Telephone)나 CT3(Cordless Telephone 3)에서는 이동국 제어 핸드오프(MCHO : Mobile Controlled Hand Off) 기법을 사용한다. 이동국 제어 핸드오프는 기지국과 이동국이 모두 전계 강도를 측정

하는 점에서는 이동국 보조 핸드오프 기법과 같으나 핸드오프 시기를 통신망이 아닌 이동국이 판단하는 기법이다. 이 기법도 이동국 보조 핸드오프 기법과 같이 공통 무선 인터페이스상의 신호 처리량을 증대시키는 단점이 있으나, 이동국의 전파 상황을 최근 접하여 파악할 수 있는 장점이 있다.

2.1.3 핸드오프의 종류

앞에서 CDMA 시스템은 기지국과 이동국이 모두 전계 강도를 측정할 수 있으나, 기지국이 핸드오프의 시기를 판단하여 핸드오프를 수행하는 이동국 보조 핸드오프 기법을 사용한다는 것을 알았다. CDMA 시스템에서는 동일한 주파수를 사용하는 기지국 사이와 섹터 사이 그리고 이동전화 교환국 사이와 아날로그 시스템 사이에서 각각 핸드오프를 수행할 수 있어야 하며, 다음과 같이 5가지의 종류로 나눌 수 있다.

(1) 소프트(soft) 핸드오프

동일한 CDMA 주파수를 사용하는 인접 기지국간의 핸드오프이며, 이동국이 현재 서비스를 받고 있는 기지국과 통신의 단절 없이 새로운 인접 기지국과 통신을 개시하는 핸드오프이다.

이때 두 기지국은 이동국에 할당된 모든 순방향 통화 채널이 동일한 할당 주파수를 가질 경우에만 이동국에게 소프트 호 절체를 수행하라고 명령할 수 있으며, 소프트 호 절체는 두 기지국 사이의 경계에서 순방향 통화 채널 경로들과 역방향 통화 채널 경로들에 다이버시티를 제공한다.

(2) 소프트(er) 핸드오프

동일한 CDMA 주파수를 사용하는 동일 기지국 내 섹터간 핸드오프이며, 이동국이 현재 서비스를 받고 있는 섹터와 통신의 단절 없이 새로운 인접 섹터와 통신을 개시하는 핸드오프이다.

(3) CDMA-CDMA 하드(hard) 핸드오프

서로 다른 CDMA 주파수를 사용하는 기지국 상호간 또는 이동 교환국(MSC)간의 핸드오프이다.

(4) CDMA-아날로그 핸드오프

CDMA 시스템에서 아날로그 시스템(AMPS)으로의 핸드오프이다.

(5) 아날로그-CDMA 핸드오프

아날로그 시스템에서 CDMA 시스템에서의 핸드오프이며, DS-SS 셀룰러 시스템 규격인 IS-95에서는 규정되지 않고 있다.

2.2 핸드오프의 처리과정

2.2.1 파일럿 집합

순방향 링크에서 파일럿 채널은 기지국이 서비스 영역 내에 있는 모든 이동국에게 파일럿 신호라고 하는 변조되지 않은 확산 스펙트럼 신호를 항상 송신하여 이동국이 시스템 획득, 타이밍 복원 그리고 위상 기준으로 사용할 수 있도록 한다. 파일럿 신호는 각 기지국과 섹터를 구분하는 신호로서 512개의 파일럿 PN 시퀀스 오프셋을 사용함을 알았다.

순방향 링크의 동기 채널은 이동국이 시스템 포착 단계에서 기지국과 초기 시간 동기를 맞출 수 있는 동기신호를 전송하는데, 이 동기신호 역시 파일럿 PN 시퀀스 오프셋을 이용한다.

이렇게 기지국이 계속적으로 파일럿 채널과 동기 채널을 통하여 전송하는 메시지들을 이용하여 이동국은 이동국 초기화 상태에서 CDMA 시스템을 획득하고 그 시스템과 동기를 맞춘다. 이동국은 시스템 획득과 동기화 후에 수신된 파일럿에 대한 세기 또는 전계 강도를 측정하고 이를 기지국에 보고함으로써 기지국이 핸드오프를 처리하는 것을 돕는다.

CDMA 시스템에서 핸드오프 처리는 기지국에서 이루어지며, 이동국은 기지국이 핸드오프 시기를 판단하고 처리하는 것을 돕기 위하여 기지국으로부터 수신된 파일럿 신호의 전계 강도를 측정한다. 이때 이 전계 강도가 일정한 범위 내에 있어야 하며, 그 상한치를 파일럿 신호 검출 임계치(T-ADD)라고 하며, 그 하한치를 파일럿 신호 제거 임계

치(T-DRP)라고 한다. 파일럿 신호의 전계강도가 어느 범위에 있느냐에 따라 파일럿 집합을 다음과 같이 활성 집합, 후보 집합, 이웃 집합, 기타 집합 등의 4종류로 분류한다. 각 파일럿 집합을 정의하면 다음과 같다.

(1) 활성 집합

이동국에 할당된 순방향 통화 채널들과 연관되는 파일럿들의 집합

(2) 후보 집합

현재 활성 집합에는 속하지 않지만 해당 순방향 통화 채널 신호들이 성공적으로 이동국에 의해 복조될 수 있을 만큼 충분한 세기로 수신된 파일럿들의 집합

(3) 이웃 집합

현재는 활성 집합 및 후보 집합에 속하지는 않지만 호 절체를 위한 후보 집합에 속할 가능성이 있는 파일럿들의 집합

(4) 기타 집합

활성 집합, 후보 집합 및 이웃 집합에 속하는 파일럿들을 제외하고 현 시스템에서 현 CDMA 채널상의 모든 가능한 파일럿들의 집합

2.2.2 핸드오프 메시지와 과정

핸드오프 과정에서는 이동국과 기지국 사이에서 몇 종류의 메시지가 교환된다. 이동국에서 기지국으로 전송되는 메시지에는 파일럿 강도 측정 메시지와 핸드오프 종결 메시지가 있으며, 기지국에서 이동국으로 전송되는 메시지에는 핸드오프 지시 메시지가 있다. 이들 핸드오프 메시지들의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 파일럿 강도 측정 메시지

이동국이 기지국으로 전송하는 메시지로서 파일로 PN 옵셋, 신호 강도, 핸드오프 드롭 타이머 상태 등과 같은 내용으로 구성되어 있다.

(2) 핸드오프 지시 메시지

기지국이 이동국으로 전송하는 메시지로서 활성 집합, 후보 집합에 대한 탐색 윈도우 크기, 파일럿 검출 임계값(T-ADD), 파일럿 제거 임계값(T-DROP), 활성 집합 대 후보 집합 비교 임계값(T-COMP), 드롭 타이머값(T-TDROP), 현재 사용 중인 RF 주파수가 핸드오프할 RF 주파수와 상이한 경우 RF 주파수, 이동국에 배정된 순방향 통화 채널의 채널 등과 같은 내용으로 구성되어 있다.

(3) 핸드오프 종결 메시지

이동국이 기지국으로 전송하는 메시지로서 이 메시지의 동작 시간 이후 0.2초 이내에 기지국이 확인 응답을 해 줄 것을 요구하는 메시지이다.

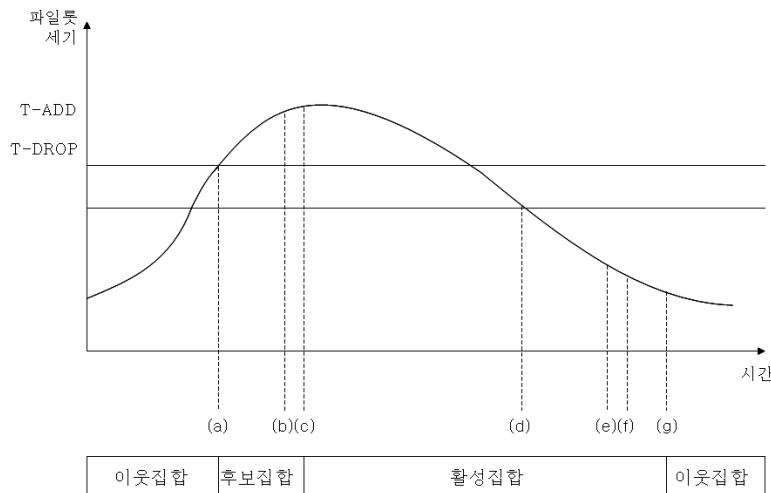


그림 4-6 핸드오프 절차 흐름도

그림 4-6은 파일럿 신호 강도와 파일럿 집합의 관계를 보여준다. 그림에서는 파일럿 신호 강도의 두 임계값, 즉 파일럿 신호 검출 임계치와 파일럿 신호 제거 임계치와 파일럿 집합들의 관계를 나타내었는데, (a)~(g)까지의 전형적인 핸드오프 과정에서 이동국과 기지국 사이에 교환되는 메시지와 역할을 설명하면 다음과 같다.

- 파일럿 세기가 T-ADD를 초과하면 이동국은 파일럿 강도 측정 메시지를 기지국에 전송하고 해당 파일럿을 후보 집합으로 옮긴다.
- 이동국으로부터 파일럿 강도 측정 메시지를 수신하면 기지국은 핸드오프 지시 메시지를 이동국에 전송하여 핸드오프가 처리되도록 한다.
- 기지국으로부터 핸드오프 지시 메시지를 수신하면 이동국은 해당 파일럿을 활성 집합으로 이전하여 핸드오프 처리를 하고 핸드오프 종결 메시지를 기지국에 전송한다.
- 파일럿 세기가 T-DROP 이하로 떨어지면 이동국은 호 절체 드롭 타이머를 동작한다.
- 호 절체 드롭 타이머가 만기 종료되면 이동국은 기지국에 핸드오프 드롭 타이머 상태를 알리는 파일럿 강도 측정 메시지를 전송한다.
- 이동국으로부터 핸드오프 드롭 타이머 상태를 알리는 파일럿 강도 측정 메시지를 수신하면 기지국은 핸드오프 드롭을 지시하는 핸드오프 지시 메시지를 이동국에 전송한다.
- 기지국으로부터 핸드오프 드롭을 지시하는 핸드오프 지시 메시지를 수신하면 이동국은 해당 파일럿을 활성 집합에서 이웃 집합으로 이전하고 핸드오프 종결 메시지를 기지국에 전송한다.

3. 호 처리

3.1 호 처리

3.1.1 이동국의 호 처리

이동국의 호 처리(call processing)는 크게 이동국이 시스템을 선택하여 획득하는 이동국 초기화 상태, 이동국이 호출 채널의 메시지를 감시하는 이동국 유힬 상태, 이동국이 액세스 채널을 통해 기지국으로 메시지를 송신하는 시스템 액세스 상태, 이동국이 순방향과 역방향 통화 채널을 사용하여 기지국과 통신하는 통화 채널상 이동국 제어상태 등의 4가지 상태로 구성된다. 이들 4가지 상태 각각에 대하여 좀더 살펴보자.

이동국 초기화 상태에서 이동국은 먼저 사용할 시스템을 선택한다. 만일 선택된 시스템이 CDMA 시스템이라면 이동국은 획득을 진행할 다음 그 CDMA 시스템에 동기를 맞춘다. 만일 선택된 시스템이 아날로그 시스템이라면 이동국은 아날로그 모드 동작을 시작한다.

이동국 초기화 상태는 다시 이동국이 사용할 시스템을 선택하는 시스템 결정 부상태, 이동국이 선택된 CDMA 시스템의 파일럿 채널을 획득하는 파일럿 채널 획득 부상태, 이동국이 유힬한 동기 채널 메시지를 수신하는 동기 채널 획득 부상태, 이동국이 수신된 동기 채널 메시지로부터 얻은 시스템 타이밍에 이동국의 타이밍을 동기화하는 시간 변경 부상태 등 4개의 부상태로 이루어진다.

이동국 유힬상태에서 이동국은 다음과 같은 9가지 동작들을 수행한다.

- 슬롯 모드 또는 비슬롯 모드로 호출 채널 감시
- 기지국에서 전송된 호출 메시지 확인
- 위치 등록
- 이동국 유힬 상태 동안 발생하는 유힬 핸드오프
- 부가 정보 동작에 대한 응답
- 기지국으로부터의 이동국 호출이 자신과 일치하는지 여부를 판단하는 동작

- 기지국으로부터의 명령 및 메시지 처리 연산
- 이동국이 발호를 시작할 때 이동국 발신 동작
- 이동국이 메시지 전송을 할 때에 이동국 메시지 전송 동작

시스템 액세스 상태에서 이동국은 액세스 채널을 통해 기지국에 메시지를 전송하며 호출 채널을 통해 기지국으로부터 메시지를 수신한다. 시스템 액세스 상태는 다음과 같이 6가지의 부상태로 구성된다.

- 부가정보 갱신 부상태 : 이동국은 현재의 구성 메시지를 받을 때까지 호출 채널을 감시한다.
- 이동국 발호 시도 부상태 : 이동국은 기지국에 발호 메시지를 보낸다.
- 호출 응답 부상태 : 이동국은 기지국에 호출 응답 메시지를 보낸다.
- 이동국 명령/메시지 응답 부상태 : 이동국은 기지국으로부터 받은 메시지에 대해 응답을 보낸다.
- 등록 액세스 부상태 : 이동국은 기지국에 등록 메시지를 보낸다.
- 이동국 메시지 전송 부상태 : 이동국은 기지국에 데이터 버스트 메시지를 보낸다.

통화 채널 이동국 제어상태에서 이동국은 선방향과 역방향 통화 채널을 사용하여 기지국과 통신한다. 통화 채널상태에서의 이동국 제어는 다음과 같이 5가지로 이루어진다.

- 통화 채널 초기화 부상태 : 이동국은 선방향 통화 채널을 수신할 수 있고, 역방향 통화 채널로 송신을 시작할 수 있음을 검증한다.
- 명령 수신대기 부상태 : 이동국은 명령 수신대기 메시지를 기다린다.
- 이동국 응답 수신대기 부상태 : 이동국은 사용자가 호에 대하여 응답하기를 기다린다.
- 대화 부상태 : 이동국의 1차 서비스 선택 응용부는 기지국과 1차 트래픽 패킷을 교환한다.
- 해체 부상태 : 이동국은 호를 절단한다.

3.1.2 기지국의 호 처리

기지국의 호 처리는 크게 파일럿과 동기 채널 처리, 호출 채널 처리, 액세스 채널 처리, 통화 채널 처리 등의 4가지 처리들로 구성된다. 각 처리에서 이루어지는 역할은 다음과 같다.

(1) 파일럿과 동기 채널 · 처리

파일럿과 동기 채널 처리 동안 기지국은 파일럿과 동기 채널을 통하여 계속적으로 메시지를 전송하는데, 이동국은 이를 이용하여 이동국 초기화 상태 중에 CDMA 시스템을 획득하고 그 시스템과 동기를 맞춘다.

(2) 호출 채널 처리

호출 채널 처리 동안 기지국은 호출 채널을 통하여 계속적으로 메시지를 전송하는데, 이때 이동국은 이동국 유휴 상태와 시스템 액세스 상태 중에 메시지 수신을 감시한다.

(3) 액세스 채널 처리

액세스 채널 처리 동안 기지국은 액세스 채널을 감시하여 이동국이 시스템 액세스 상태 중에 보낸 메시지를 수신한다.

(4) 통화 채널 처리

통화 채널 처리 동안 기지국은 순방향과 역방향 통화 채널을 사용하여 통화 채널상 이동국 제어 상태중인 이동국과 통신한다.

4장 연습문제

1. 전력제어에서 전력제어값을 일반적으로 dB로 정의한다. dB의 수식과 dB가 탄생된 기술적 배경을 설명하라.
2. 섹터간 핸드오프를 수행하는 핸드오프 방식 이름은?
3. 이동통신에서 사용하는 신호파워 대 간섭파워비(C/I)는 무선통신에서 사용하는 신호파워 대 잡음파워비 S/N와 어떻게 다른가?
4. 역방향 전력제어가 순방향 전력제어보다 좋은 장점을 나열하면?
5. 이웃한 기지국 A, B에서의 핸드오프가 일어나는 과정을 시간별로 흐름도를 그려보라.
6. IMT-2000 단말기가 통화하기 전에 일어나는 호 처리 절차를 간단히 그려보라.

5장

IS-95 채널

학습목표

1. IS-95 채널 구조에 대해 이해할 수 있다.
2. 순방향 채널구조와 기능에 대해 이해할 수 있다.
3. 역방향 채널구조와 기능에 대해 이해할 수 있다.

1. IS-95 채널 구조

IS-95 채널은 CDMA 이동통신의 최초 방식명으로 미국과 한국에서 시작되었다. 본 장에서는 CDMA 방식의 기본이 되는 IS-95 채널구조를 공부하여 실제 기지국이나 단말기에서 데이터 전송을 할 때 어떤 과정을 겪으면서 데이터가 송신되는지를 알아보기로 한다. 데이터는 송·수신 과정이 있으나 수신 과정은 그 방법이 다양하고 정확한 수신을 하기 위해 확률 및 통계 부분을 이해하여야 하는 어려움이 있다. 따라서 본 장에서는 규격화되어 있는 기지국과 단말기에서의 송신구조만을 다루기로 한다.

본 장에서 말하는 채널구조라고 하는 것은 데이터가 안테나에서 송신되어 다시 안테나로 수신되는 공간상에서의 전파(propagation)과정을 의미하는 것이 아니라 기지국이나 단말기 내에서 기지국 안테나 또는 단말기 안테나로 송신되기 전에 만들어진 데이터의 형태를 배워보고자 한다. 과거 무선통신에서는 데이터 송신을 위해 변조를 하게 되고, CDMA 통신을 하기 위해서는 확산을 하게 되는 것을 배운바 있다. 이제는 이러한 변조 및 확산과정 외에 다른 여러 가지 데이터 변형기술을 배우면서 실제 데이터가 겪게 되는 전반적인 채널의 구조를 알아보기로 한다.

IS-95 채널은 송신과정과 수신과정의 채널 종류 수가 서로 다르기 때문에 비대칭구조라고 부른다. 기지국에서 단말기로 전송되는 채널은 순방향(forward) 채널이라고 하며 파일럿(pilot) 채널, 동기(synch) 채널, 호출(paging) 채널, 통화(traffic) 채널의 4개로 구성되고, 단말기에서 기지국으로 전송되는 채널은 역방향(reverse) 채널이라고 하며 액세스(access) 채널, 통화(traffic) 채널로 구성되어 있다. 단말기는 기지국에 비해 전력사용에 제한이 많으므로 이를 극복하기 위해 최소한의 채널을 이용하고자 순방향 채널보다 종류수가 적다고 할 수 있다. IS-95의 다른 특징들은 다음과 같다.

- 확산율 1.2288MHz
- 대역폭 : 1.25MHz
- 데이터 속도
 - IS-95A : 1.2kbps, 2.4kbps, 4.8kbps, 9.6kbps
 - IS-95B : 1.8kbps, 3.6kbps, 7.2kbps, 14.4kbps

2. IS-95 순방향 채널

순방향 채널은 그림 5-1에서 보는 바와 같이 전체 64개로 구성되어 있다. 채널별로 보면 파일럿 채널 1개, 동기 채널 1개, 호출 채널 7개, 통화 채널 55개로 되어있다. 64개의 채널 중 실제 통화하는 채널은 55개로만 되어 있고, 통화를 도와주는 채널(파일럿, 동기, 호출채널)이 9개로 구성되었다는 것을 의미한다. 순방향 채널의 대역폭은 앞서 할당된 1.25MHz에서 간섭을 막기 위해 사용되는 가드 밴드(guard band) 200MHz(좌 100MHz, 우 100MHz)를 제외한 1.23MHz를 사용하게 된다.

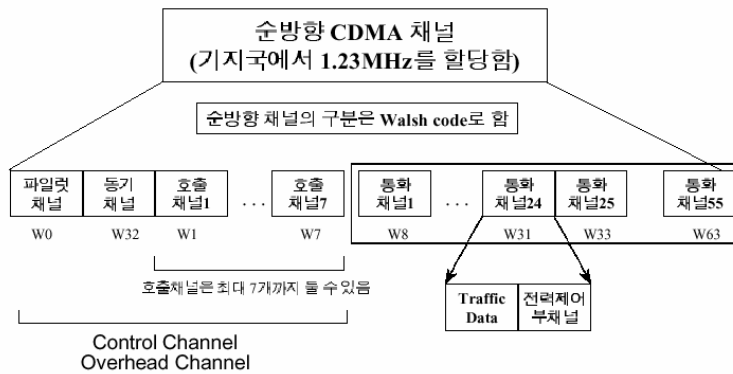


그림 5-1 순방향 채널 구조

2.1 순방향 채널 구조

IS-95의 순방향 채널은 개략적으로 그림 5-2와 같이 구성되어 있다. 즉, 모든 채널은 왈쉬(Walsh) 코드를 곱하고, I 채널(실수부), Q 채널(허수부)을 확산(spreading)하고, 저역대역필터(LPF : Low Pass Filter)를 거친 다음 디지털을 아날로그로 변환(D/A :

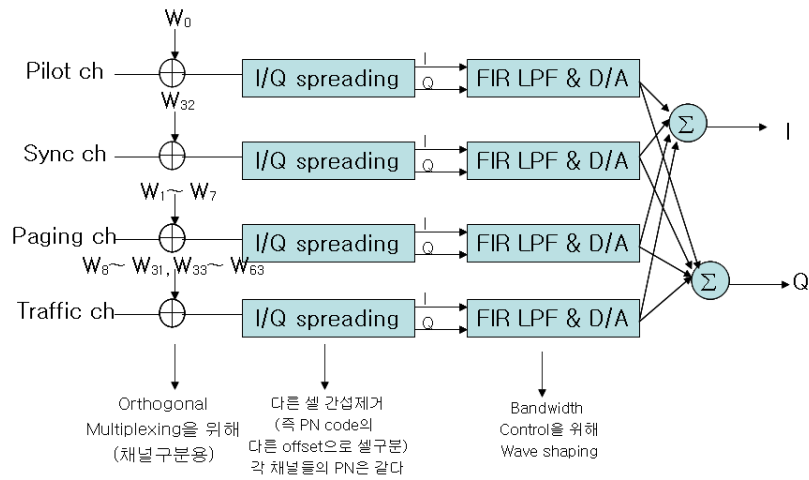


그림 5-2 순방향 채널의 개략적인 구성도

Digital to Analog)하는 과정을 겪게 된다. 마지막으로 모든 채널의 I, Q 부분을 합친 다음 송신하면 된다. 각 과정이 하는 기능은 그림 5-2에 설명되어 있다.

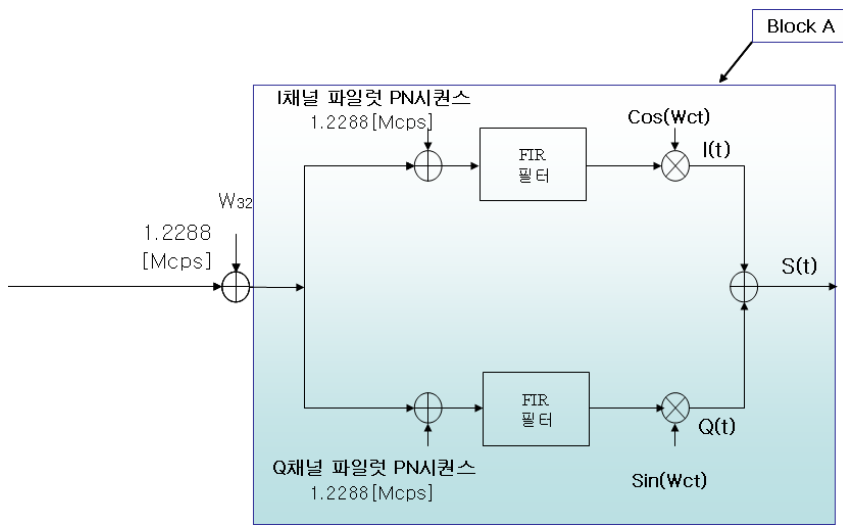


그림 5-3 파일럿 채널의 구성도

2.2 파일럿 채널(pilot channel)

파일럿 채널은 단말기에게 동기 시간과 위상 오프셋(phase offset)값을 단말기에게 전달하여 단말기가 기지국을 구분할 수 있도록 도와주는 역할을 한다. 동기 시간은 인공 간은 인공위성을 통해 기준 시간을 맞추게 되며, 위상 오프셋은 PN 코드의 시작점을 오프셋을 이용해 달리하도록 하여 기지국의 순번을 정하도록 하는 기능에 사용된다. 그림 5-3에서 보는 바와 같이 파일럿 채널은 특별한 과정 없이 모든 채널이 일반적으로 수행하는 Walsh 코드, 확산, 변조 방식만을 거쳐 데이터를 송신하게 된다.

2.2.1. 위상 오프셋값 결정

위상 오프셋값을 정하기 위한 PN 코드의 개수는 레지스터 수가 15개 이므로 앞장에서 배운 것과 같이 $2^{15} - 1$ 개가 된다. 여기서는 계산을 간단히 하기 위해 2^{15} 을 이용하도록 한다. PN 코드의 개수는 32,768개로 이 숫자를 이용해 많은 기지국을 결정할 수 있지만 그러나 구분이 어려워 일정한 간격으로 오프셋을 정해 주어야 한다. 일정한 간격의 오프셋을 결정하기 위해 2^6 에 해당되는 최소값을 나눠주게 된다. 이렇게 되면 512개의 기지국을 결정할 수 있게 된다.

$$2^{15} / 2^6 = 2^9 \text{ (512개의 칩)}$$

↑
PN 코드 개수
↙
오프셋값 결정을 위해 실험적으로 결정한 수치

따라서 $64(2^6)$ 의 주기($64 \times n$, n 은 정수)를 가지면서 오프셋값을 결정하면 된다. 만약 기지국값을 적게 하려면 n 값을 늘리면 된다. 일반적으로 개활지에 있는 기지국은 전파의 전달거리가 길게 되므로 빌딩이 많은 지역보다 기지국 수를 줄일 수 있게 된다. 단 말은 PN 코드 오프셋값으로 기지국을 구분하고, 파일럿 신호의 파워를 측정해 가장 강한 쪽을 서비스 기지국으로 판단한다. 또한 파일럿 채널은 데이터가 실리지 않는 기저 대역(baseband) 신호를 전달한다.

2.2.2. 위상 옵셋값을 $64 \times n$ 칩으로 정하는 이유

앞절에서 배운 바와 같이 파일럿 채널의 위상 옵셋값은 $64 \times n$ 을 나눠서 정하였는데, 그 이유는 다음과 같다.

- 칩 주기(chip duration) = $1/1.2288\text{MHz} = 0.813\mu\text{sec}$
- 빛의 속도 = $3 \times 10^8 \text{m/sec}$
- 1칩 주기 동안의 전파도달 거리 = $0.813\mu\text{sec} \times 3 \times 10^8 \text{m/sec} = 244\text{m}$

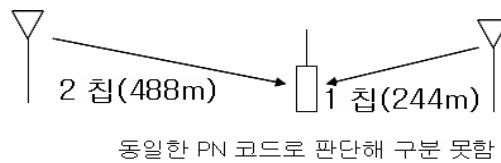


그림 5-4 작은 PN 코드값(칩값)을 사용할 때의 전파지연 거리

위의 그림 5-4 결과와 같이 PN 코드의 1, 2칩이 지나갈 때의 전파거리는 불과 수 백 m 밖에 되지 않으므로 만약 작은 옵셋을 사용하게 되면 전파의 지연으로 인한 값과 혼동되게 된다. 즉, 옵셋값을 작게 잡으면 그것이 옵셋을 정한 값인지, 아니면 전파가 지연되어 도달거리가 지연된 것인지 판단할 수 없게 된다. 따라서 전파의 지연거리와는 상당히 떨어져 있는 최소 64칩을 이용해 옵셋을 정하게 되는 것이다. 예를 들면, 서울지역은 128칩(31.2km) 또는 256칩(62.4km)을 사용하고 있다.

2.3 동기 채널(synch. channel)

동기 채널(synch. channel)은 파일럿 채널과 달리 데이터 전송시 콘볼루션 부호기, 코드 심볼반복기, 블록 인터리버를 거치게 된다. 그림 5-5에서 보는 바와 같이 콘볼루션 부호기와 블록 인터리버는 데이터 에러를 정정하기 위해서 사용하는데, 콘볼루션 부호기는 랜덤하게 발생하는 데이터 에러를 정정해 주고, 블록 인터리버는 여러 개의 데이터가 한꺼번에 에러가 생기는 것을 막아주는 역할을 한다.

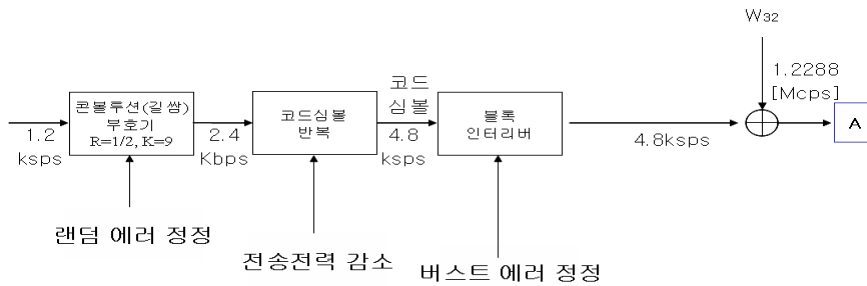


그림 5-5 동기 채널 구성도

동기 채널의 기능은 아래와 같다.

- PN 옵셋값 인식
- Long PN sequence 상태 지정
- 호출채널에 대한 속도 정보 제공

이번 절에서는 동기 채널의 주요 기능인 콘볼루션 부호기, 심볼 반복기, 블록 인터리버, Walsh 코드에 대해 상세히 설명하기로 한다. 이와 같은 주요 기능들은 앞으로 배울 호출 채널, 통화 채널에서도 동일하게 사용되는 것이므로 현재 시점에서 잘 배우게 되면 앞으로 채널 구조를 배우는 데 큰 어려움이 없을 것으로 생각된다.

2.3.1. 콘볼루션 부호기

콘볼루션 부호기는 과거 입력 데이터들이 현재의 데이터에 영향을 미치는 특성을 이용한 장치로 이동통신 채널에서 랜덤하게 발생하는 오류들을 정정해 주는 곳에 사용된다. 콘볼루션 부호기는 입력들이 여러 레지스터의 구성형태에 따라 그 결과가 체계적으로 출력되므로 마치 옷감을 짜는 과정과 유사하다고 해서 길쌈 부호기로도 불리운다. 콘볼루션 부호기는 출력 개수에 따라 그 속도가 결정되며, 레지스터 수(구속장이라고 부름)에 따라 그 계산 과정이 결정되므로 데이터 속도 r 과 구속장과 구속장 값 k 를

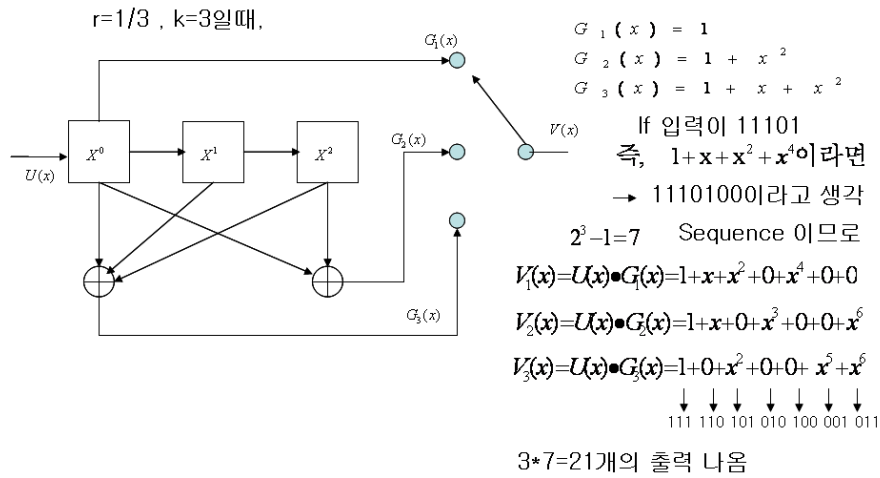


그림 5-6 콘볼루션 부호기의 예

알 수 있다. 그림 5-6에서 보는 바와 같이 출력값이 3개로 되어있으므로 $r=1/3$ (전체를 1로 판단해 출력수로 나눈값)이고, 구속장의 길이 $k=3$ 이라고 할 수 있다.

그림 5-6은 콘볼루션 부호기의 간단한 예를 보여주는 것인데, 그림에서 보는 바와 같이 입력 $U(x)=11101$ 라고 하면 이것을 다항식(polynomial) 형태로 나타낼 때 $1+x+x^2+x^4$ 이 된다. 여기서 레지스터의 최고차항은 2차이고, 데이터는 4차이므로 그 계산결과와 최고차항이 6차가 되므로 입력값을 1110100의 7개로 표현할 수 있다.

또한 레지스터 들의 조합으로 구성된 값들인 $G_1(x)=1$, $G_2(x)=1+x^2$, $G_3(x)=1+x+x^2$ 로 나타낼 수 있다. 따라서 최종 출력값들을 순차적으로 $V_1(x)=U(x) \cdot G_1(x)$, $V_2(x)=U(x) \cdot G_2(x)$, $V_3(x)=U(x) \cdot G_3(x)$ 로 표현할 수 있다. 최종 결과는 그림 5-6에서 보는 바와 같고, 그 결과값은 최초 7개에서 3배가 커진 21개가 나오는 것을 알 수 있다. 결국 출력단값을 의미하는 r 값에 의해 데이터 속도가 몇 배 빨라지는 것을 알게 된다.

2.3.2. 심볼 반복기(symbol repetition)

콘볼루션 부호기를 거쳐서 생성된 데이터는 심볼 반복기를 거쳐서 일정한 심볼율을 가진 변조된 심볼값을 가지게 된다. 즉, 심볼 반복기로 입력되는 콘볼루션 부호기의 값은 비트값이지만 심볼 반복기를 거치게 되면 비트가 여러 개로 갈라지면서 심볼로 바뀌게 된다. 심볼 반복기를 사용하는 이유는 전송전력 감소를 위해 사용한다. 심볼 반복을 몇 번 수행했느냐에 따라 심볼 반복기의 속도가 결정된다. 그림 5-7은 원래의 데이터가 2개로 나뉘어져 있으므로 2배의 속도 증가가 발생하게 된다.

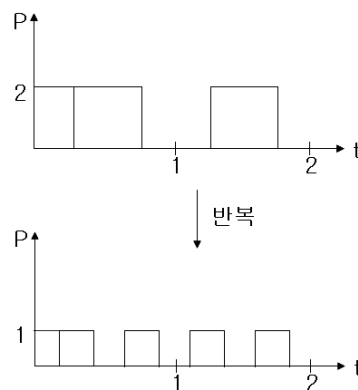


그림 5-7 심볼 반복기의 예

2.3.3. 왈쉬 코드(Walsh code)

왈쉬 코드는 왈쉬 함수로부터 그 개념설명이 가능하다. 왈쉬 함수는 1923년 왈쉬(Walsh)라는 사람에 직교(orthogonal)함수로서 소개되었다. 왈쉬 함수는 단지 정의된 구간 0에서 T_w (왈쉬 주기)까지에서 +1과 -1의 2가지 값을 취하며 같은 왈쉬를 곱하게 되면 1이 되고, 서로 다른 왈쉬를 곱하게 되면 0이 되는 직교성의 의미를 가지고 있다. 이러한 개념을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\frac{1}{T_w} \int_0^{T_w} W(k, t) \cdot W(j, t) dt = \begin{cases} 1, & k = j \\ 0, & k \neq j \end{cases}$$

상기 수식에서 $\frac{1}{T_w}$ 을 적분값 앞에 곱해준 이유는 왁시 곱과 적분에 의해 계산된 값이 왁시 적분값에 따라 달라질 수 있으므로 그 기준값을 제시하기 위해 왁시주기로 나눠준 것이다. 즉, 같은 왁시로 곱하게 되면 1이 나오고, 그렇지 않으면 0이 나오게 하기 위해서이다.

이제 왁시 코드의 생성방법을 알아보기로 하자. 왁시 코드는 최초에 2행 2열의 행렬값으로 정의된다. 이러한 행렬은 왁시 함수를 균일한 시간 간격으로 샘플링한 하다마드(Hadamard) 행렬로 만들어지므로 그 이니셜값인 H 를 사용하도록 한다.

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \leftarrow H_0 \\ \leftarrow H_1 \end{matrix}$$

상기 값에서 보는 값과 같이 4개의 값 중 2행 2열만 -1의 값을 가지고 있고 나머지는 모두 1의 값을 가지고 있다. 다시 말하면 2행 2열값을 제외한 3개의 값은 동일한 값을 가지며, 2행 2열만 3개의 값과 크기는 같으나 부호가 다른 값을 가지는 것으로 생각하면 이해하기 쉽다. 이러한 기본 개념을 이해하면 4행 4열, 8행 8열 등의 행렬들을 모두 만들 수 있다.

아래의 행렬 H_4 는 H_2 에서 확장된 개념으로 H_2 행렬이 4개 존재하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 4개의 행렬은 H_2 행렬이 가지고 있는 값의 형태와 같이 동일한 H_2 값과 마지막 행렬에서 부호가 다른 $-H_2$ 값을 가지게 된다. 따라서 H_2 행렬값을 넣게 되면 최종 4행 4열의 행렬값을 얻게 된다. 이러한 H_4 행렬은 1행부터 4행까지 4개의 채널이 사용할 수 있게 된다. 따라서 H_4 의 4는 4개의 채널을 사용한다고 생각하면 쉽게 이해할 수 있다.

$$H_4 = \begin{bmatrix} H_2 & H_2 \\ H_2 & -H_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \leftarrow H_0 \\ \leftarrow H_1 \\ \leftarrow H_2 \\ \leftarrow H_3 \end{matrix}$$

IS-95 이동통신 방식에서는 하다마드 행렬 H_{64} 를 사용한다. 즉, 64개의 채널 모두 직교성분을 가지도록 사용할 수 있다는 의미이다.

이제부터는 Walsh 코드의 개념을 좀 더 쉽게 파악하기 위해 4개의 데이터(또는 채널)에 Walsh 코드를 적용하여 원하는 데이터를 선택하는 방법에 대해 알아보도록 하자. 0.2, 0.4, 2.0, 1.3 4개의 데이터를 Walsh 코드를 이용해 송신하고 수신한다면 각 데이터는 아래 4개의 Walsh 코드가 곱해진다.

	$t = 0$	$t = T_c$	$t = 2T_c$	$t = 3T_c$
$0.2 \times H_0$	0.2	0.2	0.2	0.2
$0.4 \times H_1$	0.4	-0.4	0.4	-0.4
$2.0 \times H_2$	2.0	2.0	-2.0	-2.0
$1.3 \times H_3$	1.3	-1.3	-1.3	1.3
$S_{tot}(t)$	3.9	0.5	-2.7	-0.9

위와 같은 Walsh 코드가 각 데이터가 곱해지게 되면 이러한 데이터는 모두 합해지면 서 시간순으로 $S_{tot}(t)$ 값을 전송하게 된다. 이 값을 안테나로부터 수신한 후 만약 0.2라는 데이터를 선택하고 싶다면 아래와 같은 과정으로 원하는 데이터를 추출할 수 있다.

$$S_{tot}(t) \times H_0 = 3.9 + 0.5 - 2.7 - 0.9 = 0.2 \times 4$$

위의 식에서 볼 수 있는 바와 같이 최종 정답은 0.8이 되지만 실제로 원하는 데이터 값인 0.2에 Walsh 코드를 적분한 결과값인 4가 곱해져 있게 된다. 4는 특별한 의미가 없는 값이므로 0.2값이 최종 복원된 값으로 판단하면 된다. 이와 같은 방법으로 0.4, 2.0, 1.3값도 선택할 수 있게 된다.

2.3.4. 블록 인터리버(block interleaver)

블록 인터리버는 여러 비트가 동시에 에러가 생기는 것을 막기 위해서 데이터를 일정한 규칙에 따라 순서를 달리하거나 뒤바꾸는 과정을 말한다. 순서를 바꾸는 블록 인

터리버는 다음과 같은 2가지 종류가 있다.

(1) 행(row)을 열(column)로 바꾸는 블록 인터리버

0부터 31까지 8행 4열로 이루어진 블록을 생각해 보자. 아래 왼쪽의 숫자들은 원래의 블록인데, 행과 열을 바꾸는 블록 인터리버를 수행하면 아래 오른쪽 숫자의 블록들과 같다.

0	8	16	24
1	9	17	25
2	10	18	26
3	11	19	27
4	12	20	28
5	13	21	29
6	14	22	30
7	15	23	31

< Row -> column >

0	2	4	6
8	10	12	14
16	18		
24	26		
1	3		
9	11		
17	19		
25	27		

(2) 비트 차순 바꿈(bit reverse order) 방법을 이용한 블록 인터리버

비트 차순 바꿈은 십진수로 되어 있는 숫자를 이진수의 비트값으로 바꾼 다음 그 이진수의 앞뒤 순서를 바꿔서 다시 십진수로 써주는 방식을 의미한다. 8행 4열로 되어 있는 숫자는 0에서 31까지 사용되므로 이를 이진수로 표현하려면 5비트가 필요하다. 예를 들어, 8이라는 숫자를 이진수로 표현하면 01000이 되고 이 이진수의 순서를 바꾸면 00010이 되며 이를 다시 십진수로 바꾸면 2가 된다. 이러한 과정을 비트 차순 바꿈이라 한다. 아래의 그림은 비트 차순 바꿈을 이용한 블록 인터리버를 보여주고 있다.

0	8	16	24
1	9	17	25
2	10	18	26
3	11	19	27
4	12	20	28
5	13	21	29
6	14	22	30
7	15	23	31

<Bit reverse order>

0	2	1	3
16	18	17	19
8			
24			
4			
20			
12			
28			

(3) 블록 인터리버의 다른 예

블록 인터리버의 전형적인 형태의 예를 들어보기로 하자. 즉, 블록 인터리버가 수행하는 버스트(burst) 에러 정정에 대한 예를 들어보기로 한다. 4행 10열의 블록이 있다고 하고, 이러한 블록에 들어가는 문장을 아래와 같이 만들어 본다.

May the present moment be the worst of our lives!

이러한 문장을 4행 10열의 블록에 넣으면 아래와 같게 된다.

M	a	y	t	h	e	p	r	e	s
e	n	t	m	o	m	e	n	t	b
e	t	h	e	w	o	r	s	t	o
f	o	u	r	l	i	v	e	s	!

상기와 같은 문장을 인터리브 시키게 되면 아래와 같이 쓸 수 있다.

Meef anto ythu tmer howl emoi perv rnse etts sbo!

이렇게 인터리브된 문장을 송신하게 되고, 이러한 문장에 다음과 같이 버스트 에러가 발생했다고 가정해 보자.

Meef anto ythu tmer howl emoi perv rnse etts sbo!

이와 같이 발생된 버스트 에러가 전송되었다고 하더라도 다시 수신하여 원래대로 재구성된 문장으로 바꾼 다음 에러가 생긴 것을 확인하면 버스트 에러가 아닌 랜덤 에러가 발생한 것으로 된다.

May the present moment be the worst of our lives!

따라서 블록 인터리버는 버스트 에러를 방지해 주는 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

2.4 호출 채널(paging channel)

호출 채널은 동기 채널 구조보다 조금 더 복잡하게 되어 있다. 동기 채널에서 없던 Long 코드 발생기가 있으며, Long 코드 발생기의 일부분 코드를 통해 7개의 호출 채널을 구분하도록 되어 있다. 또한 호출 채널을 통해 오버헤드 메시지(시스템 파라미터, 액세스 파라미터, 인접셀 리스트 등)를 단말로 전송하게 되며, 단말은 동기 채널을 통해 시간, 위상정보를 얻은 후 기지국의 호출채널을 감시하게 된다. 그림 5-8은 호출 채널의 구성도를 보여주고 있다.

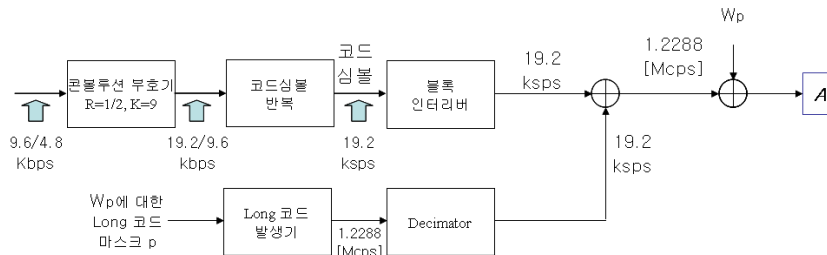


그림 5-8 호출 채널 구성도

2.5 통화 채널(traffic channel)

순방향 통화 채널은 통화자의 음성과 데이터를 송신하게 된다. 즉, 통화중 빈 프레임임을 이용하여 통화를 위한 각종 신호 메시지(signaling message)를 주고받게 된다. 통화 채널은 순방향 채널 중 가장 복잡하게 구성되어 있으며, 호출 채널과 매우 유사하지만 데이터 전송시의 에러정정을 위해 프레임 품질 지시자, 8-비트 부호기와 전력을 제어하기 위한 전력제어 비트(power control bit)가 추가되는 부분이 다르다고 할 수 있다.

3. IS-95 역방향 채널

3.1. 역방향 채널 구조

IS-95 역방향 채널은 단말기에서 기지국으로 신호를 송신하는 과정이므로 기지국에서 단말기로 송신하는 순방향 채널과는 다소 차이가 있다. 특히 단말기에서 전력을 송신해야 하기 때문에 전력소모를 줄이기 위한 여러 가지 기술이 적용된다는 사실을 본 절을 통해서 배우게 된다. 그림 5-10은 IS-95의 역방향 채널 구성도를 보여주고 있다.

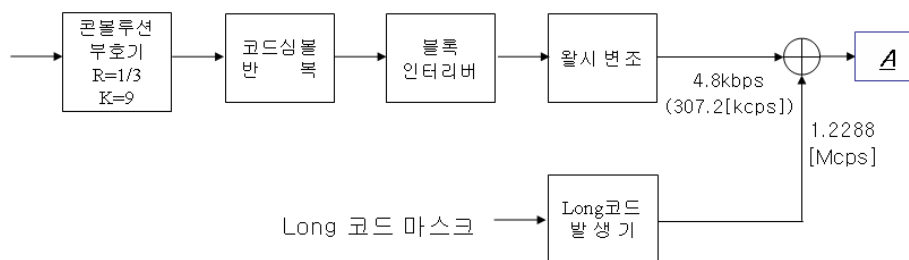


그림 5-10 역방향 채널의 구성도

그림 5-10에서 보는 바와 같이 역방향 채널은 순방향 채널과 다른 점이 크게 3가지가 보이는데 다음과 같다.

역방향 채널	기능	순방향 채널
콘볼루션 부호기 속도 $R=1/3$	랜덤 에러 정정률을 높이기 위함	$R=1/2$
왁시 변조	정확한 데이터 수신 목적	없음
블록 A	전력소모 감소	블록 A

역방향 채널은 순방향 채널에 비해 상대적으로 채널의 종류가 적으므로 데이터 수신 시의 정확성이 떨어진다. 이것을 보완하기 위해 상기와 같은 방법을 적용하며, 특히 단

말기의 전력소모를 줄이기 위해 변조방식을 순방향에서의 QPSK 방식에서 OQPSK 방식을 사용하는 것이 특징이라고 볼 수 있다.

3.1.1. 왈쉬 변조

왈쉬 변조는 6개의 이진 데이터 비트를 하나의 심볼로 묶어 십진수로 바꾼다음 64-ary 직교 왈쉬 변조기를 통해 십진수에 해당되는 왈쉬 코드를 보고 이에 대응되는 왈쉬 코드 64개로 변환시키는 과정을 말한다. 64-ary 직교 변조기는 하다마드 코드를 이용해 만든 64개의 행과 열이 있는 왈쉬 코드를 의미한다. 그림 5-11에서 보는 바와 같이 101100이라는 데이터가 왈쉬 변조기로 입력되면 101100에 해당되는 십진수 44에 의한 왈쉬 코드표를 보고 이에 해당되는 왈쉬 코드 64개를 출력하여 보내게 된다. 이러한 신호는 64/6만큼 확산되므로 데이터 속도가 28.8kpsps에서 307.2kcps로 변하게 된다.

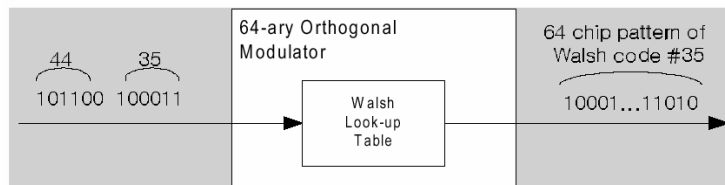


그림 5-11 왈쉬 변조기 기능도

3.1.2. OQPSK(Offset QPSK) 변조

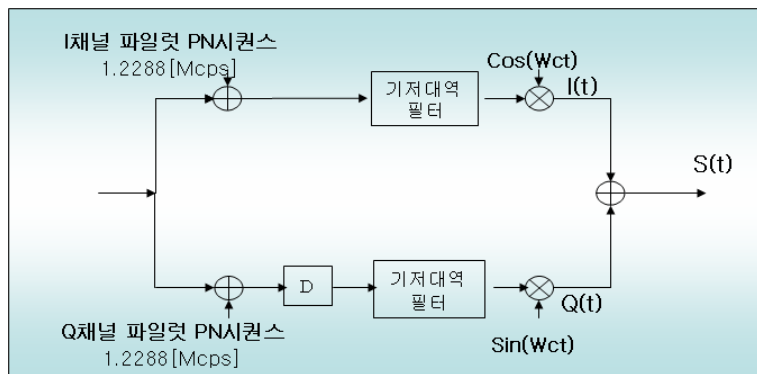


그림 5-12 OQPSK 변조기 구성도

블록 B의 구조는 그림 5-12에서 보여주고 있다. 그림 5-12를 보게 되면 순방향 채널에서의 블록 A 구조와 다른 점이 Q채널에서 지연(delay)값 D를 사용한다는 점이다. D값은 지연된 오프셋값을 나타내는 용어로 이러한 D값 때문에 QPSK 변조가 OQPSK 변조로 바뀌게 되는 것이다. OQPSK 변조를 사용하는 방식에 대한 이해를 돕기 위해 다음과 같은 예를 들어보자.

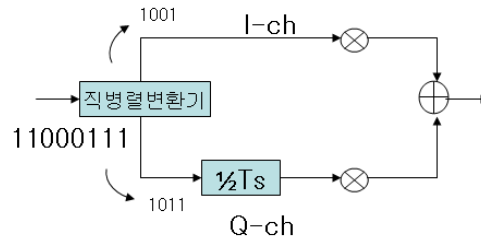


그림 5-13 OQPSK에서의 데이터 입력

그림 5-13은 데이터 입력시 직병렬 변환기를 통해 홀수 번째에 해당되는 데이터는 I 채널로 짝수 번째에 해당되는 데이터는 채널로 구분되어 입력된다.

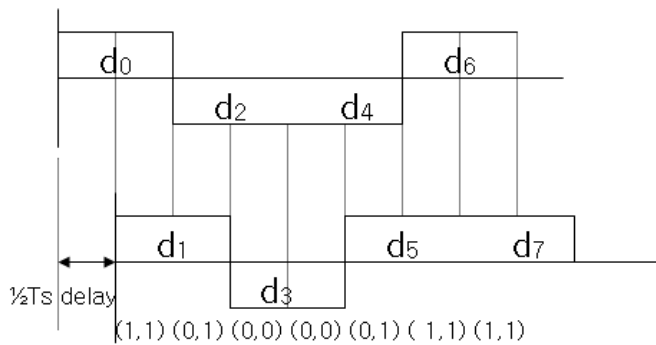


그림 5-14 I, Q 채널로 구분된 데이터

그림 5-14는 I, Q로 구분된 데이터의 Q 채널에 한 비트 주기만큼 지연된 상태에서 I, Q 채널의 데이터를 읽었을 때의 해당값들을 보여주고 있다. 이러한 값들을 수직선 상에서 나타내보면 OQPSK의 특성을 파악할 수 있게 된다.

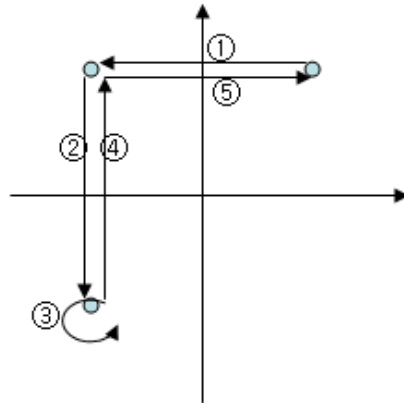


그림 5-15 OQPSK의 위상 천이도

그림 5-15에서 보는 바와 같이 OQPSK의 위상 변화는 0° 또는 $\pm 90^\circ$ 가 된다. 반면 QPSK의 위상 변화는 $\pm 180^\circ$ 이하가 되므로 OQPSK의 위상 변화는 $\pm 90^\circ$ 이하로 볼 수 있다. 이러한 OQPSK의 적은 위상 변화는 사용하는 증폭기의 형태로 적용할 수 있는데 그 내용은 그림 5-16에서 보여주고 있다.

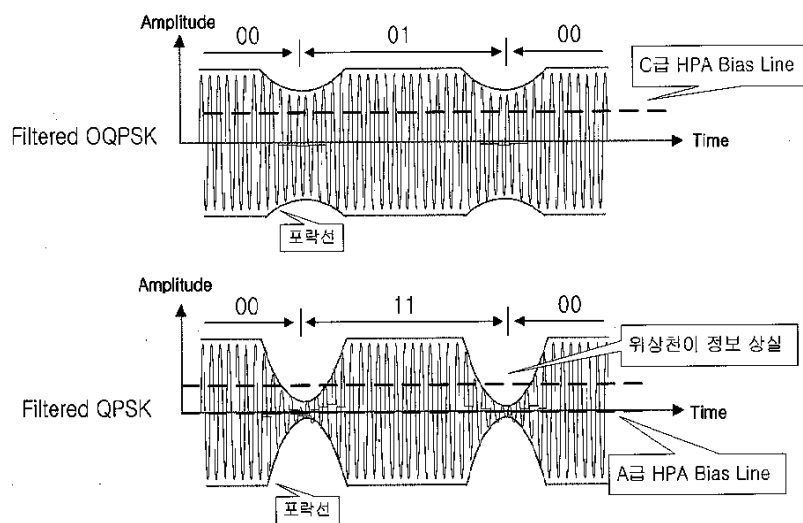


그림 5-16 OQPSK와 QPSK의 포락선 비교

그림 5-16에서 보는 바와 같이 OQPSK는 포락선의 변화가 심하지 않은 반면 QPSK는 포락선의 변화가 심하다. 이러한 변화폭은 사용하는 증폭기의 전력소모량과 비례하게 되어 변화폭이 적은 OQPSK는 전력 소모량이 적은 C급 증폭기를 사용하게 되며, 포락선 변화폭이 심한 QPSK는 전력 소모량이 많은 A급 증폭기를 사용하게 된다. 따라서 단말기에서 전력을 송신하는 역방향 채널에서는 전력을 극도로 절약하기 위해 고육지책으로 OQPSK 변조방식을 사용하는 것이다.

3.2 액세스 채널(access channel)

액세스 채널은 다음과 같은 목적으로 사용하게 된다.

- 이동국에서 전화를 걸 때
- 기지국으로부터의 호출에 대해 응답할 때
- 기지국으로부터의 특정한 지시에 대해 응답할 때
- 기지국에 특정한 요청을 할 때
- 위치 등록을 실시할 때
- 단문의 데이터 전송시

이와 같은 여러 가지 기능으로 사용되는 액세스 채널의 구성도는 그림 5-17에서 보여주고 있다.

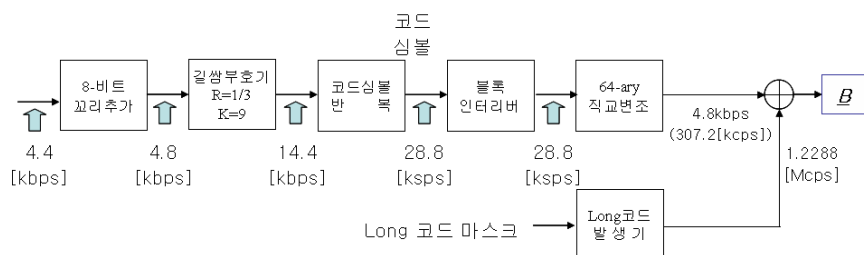


그림 5-17 액세스 채널의 구성도

3.3 통화 채널(traffic channel)

통화 채널은 음성 및 데이터뿐만 아니라 통화중 기지국과의 제어 신호도 동시에 송·수신하며, 통화중 다음과 같은 여러 가지 메시지를 송신하게 된다.

- 순방향 전력제어 설정을 위한 메시지
- 핸드오프 시점을 결정하기 위한 메시지
- 핸드오프 수행을 보고하는 메시지
- 3자 통화를 위한 메시지
- 단문전송을 위한 메시지

통화 채널에 대한 구성도는 그림 5-18에서 보여주고 있다. 그림 5-18에서 보는 바와 같이 통화 채널은 순방향에서의 통화 채널과 거의 동일한 구성을 가지고 있지만 순방향 채널에서 없는 데이터 버스트 랜덤화기를 가지고 있는 것이 특징이라고 할 수 있다.

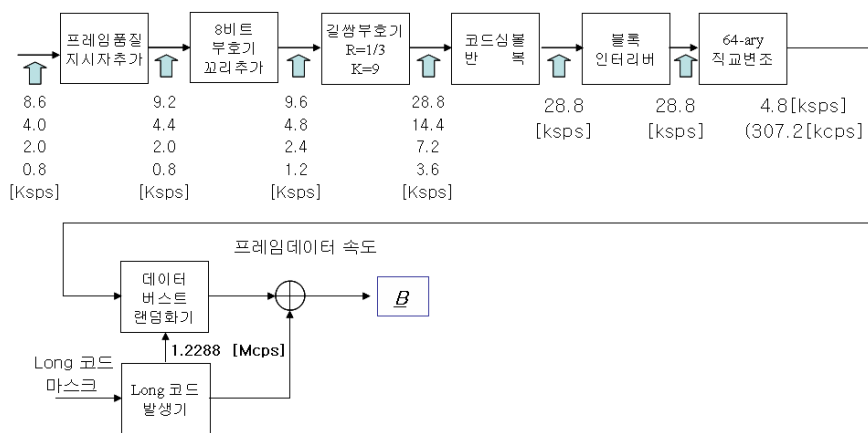


그림 5-18 통화 채널 구성도

그림 5-19에서 보는 바와 같이 데이터 버스트 랜덤화기는 송신전력을 줄이기 위해 사용했던 심볼 반복기에 의해 발생된 반복되는 심볼을 랜덤하게 버리는 역할을 하는 것이다. 반복되는 심볼을 아무렇게나 제거하는 것이 아니라 데이터 속도에 따라 제거하는 비율이 달라지는데 일반적으로 9.6kbps 속도를 가진 데이터는 제거되는 데이터가 없으며, 2.4kbps 데이터 속도의 경우 15개의 데이터 중 12~14개 정도를 랜덤하게 제거하게 된다. 따라서 데이터 속도가 느린 경우는 제거되는 데이터량이 많아지게 된다.

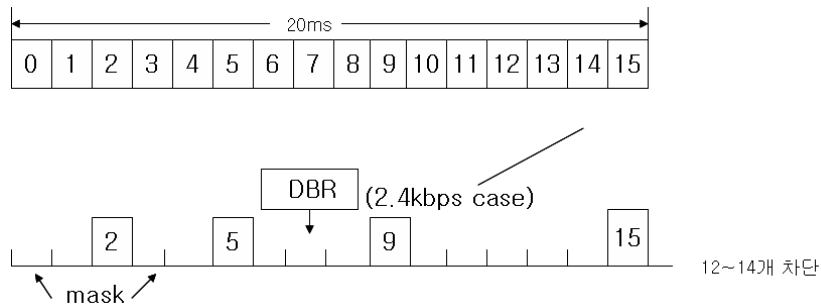


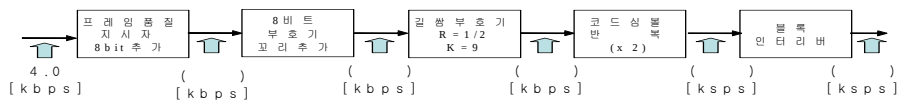
그림 5-19 데이터 버스트 랜덤화기의 구성 예(통화중 거의 말 없을 때)

5장 연습문제

1. Reverse(역방향) link에서 OQPSK 변조를 사용하는 이유는?
2. Reverse(역방향) link에는 파일럿 채널이 없어 데이터를 수신하는 데 어려움이 따른다. 정확한 데이터 복조를 위해 수행하는 방법을 열거해 보라.
3. 데이터 송신시 FIR(Finite Impulse Response) Filter를 사용하는 이유는?
4. Forward(순방향) link와 Reverse(역방향) link에는 Traffic channel이 동일하게 있다. Reverse link에서 Traffic channel이 Forward link의 Traffic channel과 다른 점 3가지를 간단하게 써라.
5. 다음은 Block Interleaver에 대한 기능을 알아보려고 한다. 아래의 영어문장을 4×13 Block Interleaver로 만들고, (.도 하나의 단어임) Interleaving된 문장 (1행부터가 아닌 1열부터 쓰는 방식)에서 첫 번째, 네 번째, 여섯 번째 단어가 모두 Burst error가 발생하였다고 하였을 때, 원래의 문장으로 바꾼 상태에서 에러가 발생된 곳을 표시하라.
(Block Interleaving된 문장을 먼저 쓰고 에러를 표시한 다음, 원래 문장으로 고쳐서 표시할 것)

dept. of information and communication of mobile university

6. 아래 채널에 대해 각 괄호 안에 들어가는 데이터 속도값을 써 넣어라.



7. 4개의 왈쉬 코드를 하다마드 코드(H4)로 만든 다음, 그 중 2개를 임의로 선택하여 0.2, 1.4 데이터에 실어 송신하고자 한다. 수신된 2개의 데이터 중 1.4 데이터가 복원되는 과정을 단계적으로 설명하라.

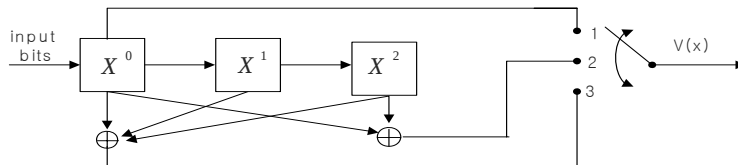
8. 다음은 PN 코드를 보여주고 있다. 이 PN 코드에 대한 PN 코드 파형을 그려보라. 또한 자기 상관함수 중 $R(2)$ 에 대한 값(2번 지연된 값)을 구해보라.

$$1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ -1 \ -1$$

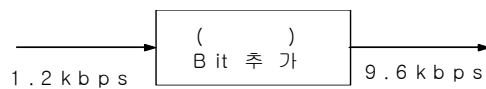
9. 다음은 Block Interleaver에 대한 기능을 알아보고자 한다. 0부터 15까지의 숫자를 순서대로 4×4 블록으로 만들어라(순서는 1열→2열→3열→4열 순으로 채운다). 아래 물음에 답하라.

- 1) 문제의 블록을 Bit reverse order로 바꿔보라.
- 2) 문제의 블록을 Row→Column으로 위치 변경 시켜보라.
- 3) 만약 데이터가 연속으로 4개 에러가 생겼다면 1), 2) 방법 중 어느 것의 성능이 우수한지를 이유를 들어 설명하라.

10. 다음과 같이 Convolutional encoder가 설계되어 있다. 입력 데이터가 {1 0 1 0}이라면 Convolution 코드를 거친 출력 $V(x)$ 를 구하라.



11. 통화 채널의 부분적인 데이터 전송 블록을 보여주고 있다. 괄호 안에 들어갈 비트수는?



6장

IMT-2000 채널

학습목표

1. IMT-2000이 탄생된 배경을 이해할 수 있다.
2. 동기방식의 변천과정을 이해할 수 있다.
3. 비동기방식의 변천과정을 이해할 수 있다.

1. IMT-2000 동기방식

1.1. IMT-2000 동기방식 진화

동기방식은 CDMA를 기반으로 한 연속적인 진화과정으로 이어지는 과정을 그림 6-1과 같이 보여주고 있다. IMT-2000 CDMA 방식인 2000 1x(3G 1x)에서의 진화는 크게 3가지로 검토되고 있다.

- 3G 1x Release A
- 3G 1x Ev-DO(HDR, 퀄컴)
- 3G 1x Ev-DV(Link Air, 삼성 등)

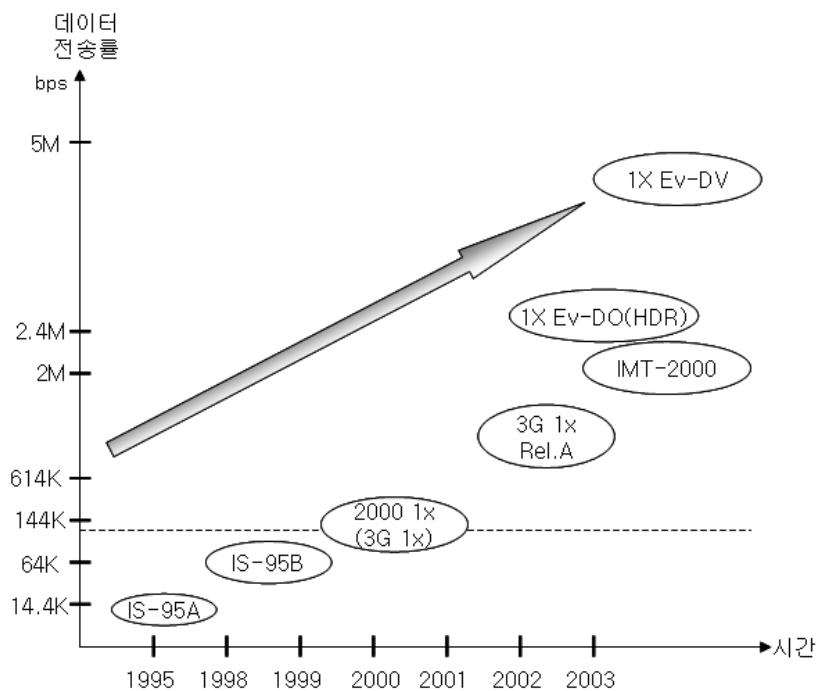


그림 6-1 동기방식의 망 진화

우리나라의 경우에는 비동기식을 선택한 SDT와 DT는 비동기식이 상용되기 이전에 무선 인터넷을 통한 데이터 통신의 가입자 확보를 위하여 동기식의 3가지 방식중 어떤 방식이 도입될지 검토단계에 있으며, HDR의 도입은 확실히 되고 있다.

동기식에서 완벽한 동영상을 실현하기 위해서는 망의 손실 Margin을 감안할 경우 100kbps 이상 필요할 것으로 예측되며, 향후 다양한 Killer Application은 초고속 데이터 전송이 필요할 것으로 예상되므로 기존망을 활용한 데이터 전송속도의 up-grade는 필연적으로 도입되어야 한다. IMT-2000의 비동기방식(W-CDMA)을 상용화하기 전에 동기식 방식에서 음성과 데이터를 동시에 고속으로 전송하는 방식과 데이터만 고속으로 전송하는 방식은 충분히 검토하여 2G망과 3G망이 상호 보완하여 서비스할 수 있도록 추진되어야 한다. 동기방식의 진화에 따른 방식별 기술적 특성비교는 표 6-1과 같으며, 각 방식별 도입에 따른 내용을 검토해 보기로 한다.

표 6-1 동기방식의 기술적 특성 비교

구분	3G 1x	3G 1x Release A	1x Ev-DO (HDR)	1x Ev-DV (1x treble, LAS CDMA)	IMT2000 (CDMA2000 3x)
최대 데이터 전송 용량	153.6 kbps	614.4 kbps	2.4Mbps	5.2Mbps	2.1Mbps
평균 데이터 전송 용량	144 kbps	415 kbps	621kbps	1.2Mbps	1.1Mbps
제공 트래픽	음성 + 데이터	음성+데이터	데이터 only	음성 + 데이터	음성 + 데이터
Backward Compatibility	지원	지원	RF만 호환	지원	지원
시스템 구성	New	Upgrade	New	Upgrade	New or Upgrade
핸드오프지원	IS-95 A/B	IS 95 A/B	불가	IS-95 A/B, 3G1x	IS-95 A/B, 3G1x

○ 3G 1x Release A

3G 1x에서 S/W up-grade 및 일부 H/W 보완을 통한 데이터 전송속도를 최대 614.4kbps까지 전송이 가능하며, 2000년 2월에 규격이 완료되었으며 단말기는 퀄컴이 개발한 MSM-5000 Chip을 사용한다.

○ 3G 1x Ev-DO(HDR)

퀵컴에서 제안한 방식이며, 데이터만 2.4Mbps의 속도로 제공되는 것으로써 기존 (IS-95A,B) 장비와 RF 부분이 호환성을 가지고 있다. 또한 규격은 2000년 10월에 완료되었다.

○ 3G 1x Ev-DV

음성과 데이터가 동시에 제공되며 최대 5.2Mbps(평균 102Mbps)의 전송속도로써 3G 1x 장비의 up-grade를 통하여 구현할 수 있으며, 비동기(W-CDMA)방식의 성능 보다 훨씬 뛰어난 기능을 가지고 있다.

1.2. cdma2000 1x 채널

1.2.1. cdma2000 1x의 개요

우리나라에서는 IS-95B에서 진보된 방식을 IS-95C로 불리고 있으며, 북미지역에서는 IS-95B에서 cdma 1x로 진보하여 cdma3x 시스템이 도입되었을 때 진정한 IMT-2000 서비스가 실현되는 것으로 보고 있다. IS-95(cdma 1x)는 IS-95A의 CAI(Common Air Interface) 규격을 상당부분 변경하여 데이터 서비스를 위한 용량 문제 등을 근본적으로 해결하여 고속데이터 통신을 하는 방식으로써 데이터 전송속도가 6초일 경우 A4용지 100장 정도를 전송할 수 있는 144kbps까지 지원되므로 보통 IMT-2000하면 흔히 사람들이 떠올리는 동영상 서비스까지 비교적 자연스럽게 구현할 수 있을 뿐만 아니라 속도면에서 IMT-2000 관련해서 ITU가 권고하는 2Mbps까지는 아니지만 IMT-2000에서 논의되고 있는 대부분의 서비스를 유사하게 제공할 수 있는 기술이다.

국내 기술만으로도 데이터 전송속도와 핸드오프 기능을 향상시키면서도 IS-95B가 가진 기술을 그대로 활용이 가능하며, 2G대비 FEC 개선, Power control 개선, Soft

hand-off 개선, User별 Pilot 채움 등으로 시스템 용량이 증대되어 가입자 용량이 2배로 확대되고, data 서비스의 경우 2G 대비 약 1~100배 효율이 증대되며, 과금도 circuit 형태가 아닌 air상에서만 적용하는 packet 과금 방식을 적용하여 데이터의 사용효율을 증대시킬 수가 있다.

이것은 무선데이터 통신의 수요를 불러일으키는 데 이동성 및 contents 질과 더불어 결정적인 기여를 할 요소로 작용할 것으로 보이며, 단말기 대기시간도 기존 제품에 비해 4배까지 향상되어 가입자는 현재의 많은 불편을 해소할 수 있게 될 것으로 예측되고 있다.

cdma2000 1x는 기본적으로 IS-95B와 Backward compatibility의 지원을 통한 단말기의 채널 Access는 그림 6-2와 같이 기존 및 신설되는 Network의 변화에 관계없이 사용이 가능하다. 망 진화에 따른 단말기는 기존의 단말기(IS-95B)는 2G 서비스만 가능하고, 신규단말기(2000 1x)는 2G와 3G서비스를 동시에 Access할 수 있다. Backward Compatibility란 다음과 같이 정의할 수 있다.

여기서 Backward Compatibility의 정의는 2세대의 단말기는 2, 3세대의 통신망을 사용할 수 있으며, 3세대의 단말기는 3세대의 통신망만 사용하는 단말기와 2, 3세대의

Backward Compatibility 와 가입자

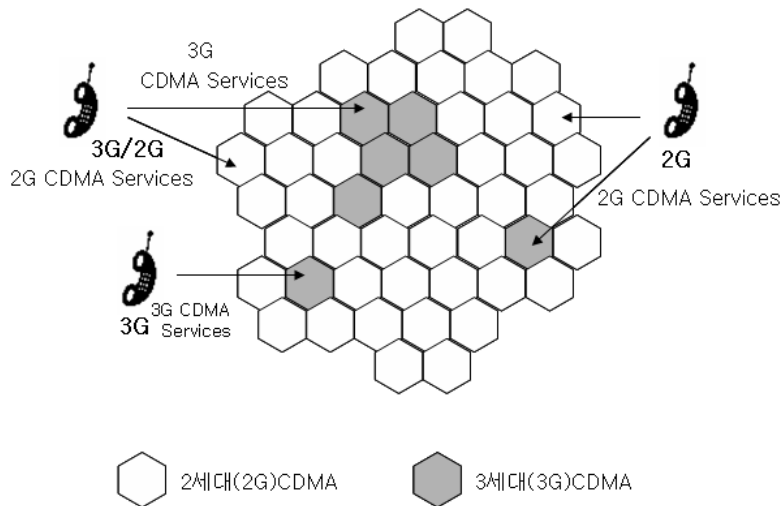


그림 6-2 망 진화에 따른 단말기 서비스 방법

통신망을 동시에 사용가능 단말기를 지원하는 것을 말한다.

기존망에서 기지국에서만 가능하던 diversity 기능을 단말에서도 가능한 형태의 transmit diversity를 수행하여 에러율을 줄임으로써 통화품질이 한층 향상되고 2G 규격에는 있으나 서비스 되고 있지 않는 PACA, Location Service, Access Hand-off 기능도 제공될 수 있다.

결정적으로, 기존망을 이용해 제공했던 Simple IP는 해당 zone을 벗어나면 데이터 송·수신이 단절됐던 반면에 IS-95C에서는 음성통화의 핸드오프와 유사한 Mobile IP 기능을 추가함으로써 데이터 서비스시 단말에서 이동성을 제공할 수 있다. 또한 단말기는 사업자간 로밍과 보다 효과적이고 안정된 인터넷 बैं킹을 위하여 무선신호의 전송과 Application을 담당하는 이동장비와 사용자 인증을 위해 탈착이 가능한 R-UIM(Removable User Identity Module) 카드를 삽입하여 타인의 단말기를 이용하거나 타 사업자망을 이용하여 서비스할 수 있으며, 또는 GSM망에서도 서비스가 가능할 수 있도록 USIM(UMTS Subscriber Identity Module) 카드를 삽입하여, 사업자간에 로밍계약에 의한 서비스를 구현할 수 있다. Cdma 1x 서비스 초기에는 기존 단말기와 유사한 형태가 대부분일 것이며, 전자상거래나 무선인터넷 बैं킹 수요가 증가하면서 월러액정과 화면의 크기가 대폭 개선된 단말기가 출시될 것이다. 현재 유럽의 70~80% 이상의 가입자가 USIM 카드를 장착 가능한 단말기를 소유하고 있으며, 지금까지 보안이 유출된 일은 전혀 없었으며, 국제 로밍은 USIM 인증 알고리즘 표준화가 완료되는 단계에서 가능할 것이다.

1.2.2. IS95와 cdma2000 1x의 비교

기존 망(IS-95A/B)에서 cdma2000 1x로 up grade를 실시할 경우 MSC, HLR, WIN 등의 망 요소는 IS-95C 시스템에 적합하도록 software upgrade를 통하여 구현 가능하며, BSC, BTS, DCN과 관련되는 망 요소는 144kbps의 packet data 서비스를 지원하기 위하여 재설계되어 구현된다.

IS-95A/B 단말이 cdma2000 1x 커버리지 내로 진입했을 때 Forward compatibility가 가능하여 IS-95A/B 수준의 서비스를 제공하며 반대로 cdma2000 1x 단말이 IS-95A/B 수준의 서비스를 제공한다. 즉, cdma2000 1x 시스템의 망 구성은 Overlay network 또는 기존 PCS 시스템의 교체에 의해 이루어진다.

IS-95B와 cdma2000 1x의 성능 비교는 표 6-2와 같으며, 대표적인 차이점은 다음과 같다.

- Data 서비스 속도 및 시스템 용량 향상
- Packet Data Service 처리를 위한 별도의 Data Core Network의 추가
 - PDSN(Packet Data Serving Node)
 - PDGN(Packet Data Gateway Node)
 - AAA(Authentication, Authorization, and Accounting)
 - DCN NMS(Network Management System)
- Mobile IP 지원
- R-UIM(Removable User Identity Module)카드를 이용한 로밍 서비스 가능
- 기지국 Backbone 망이 ATM으로 구축
- 순방향 diversity 제공으로 통화품질 향상

데이터 전송을 위하여 전송속도를 증가할 경우 기존의 서비스 커버리지에 영향을 줄

표 6-2 IS-95B와 cdma2000 1x의 성능비교

구분		IS-95B	cdma2000 1x
Network		Circuit-based	Circuit & Packet based
Data rate	Forward	57.6k(Max. 110.4k)	144k(Max. 307.2k)
	Reverse	14.4k	64k
Capacity/sector		13Users(14.4kbps)	25 Users
Hand-off capacity		40%	40%
Standby time		200hrs	300hrs
Fast Power Control(Forward)		No	Yes
Transmit diversity (Forward)		No	Yes
Coherent demodulation (Reverse)		No	Yes
Channel card change		Should change if MDR is required	Should change
Chip Rate		1.2288Mcps	1.2288Mcps
MSM Version		MSM3000	MSM5000

수 있으므로 도심지의 망구축 재설계를 통하여 서비스 불감지역이 발생하지 않도록 하여야 한다. 가입자의 수용용량이 13가입자에서 25가입자로 증가하여 트래픽 활용도를 고려한 트래픽의 수용용량을 검토할 필요가 있다. 데이터 전용 채널인 FA를 할당하여 음성통화에 미치는 영향을 최소화하는 방향으로 망 설계가 이루어져야 한다.

기존 cdma2000 1x 는 IS-95A에 비하여 채널용량이 1.7배 늘어나는 것으로 기존의 주파수 대역폭(PCS각 사업자당 10MHz)으로 가입자 수용용량을 증대시키는 방법이 될 것이다.

1.2.3. cdma2000 1x의 서비스 형태

이동통신 전화의 급성장과 인터넷의 사용증대로 통신 서비스 시장의 패러다임이 유선의 음성통신에서 무선의 데이터 통신으로 급속히 확산되고 있다. 이러한 통신 시장의 변화에 따라 서비스 형태는 그림 6-3과 같이 소비자의 고속무선 인터넷 시장의 형성이 전개될 것이다.

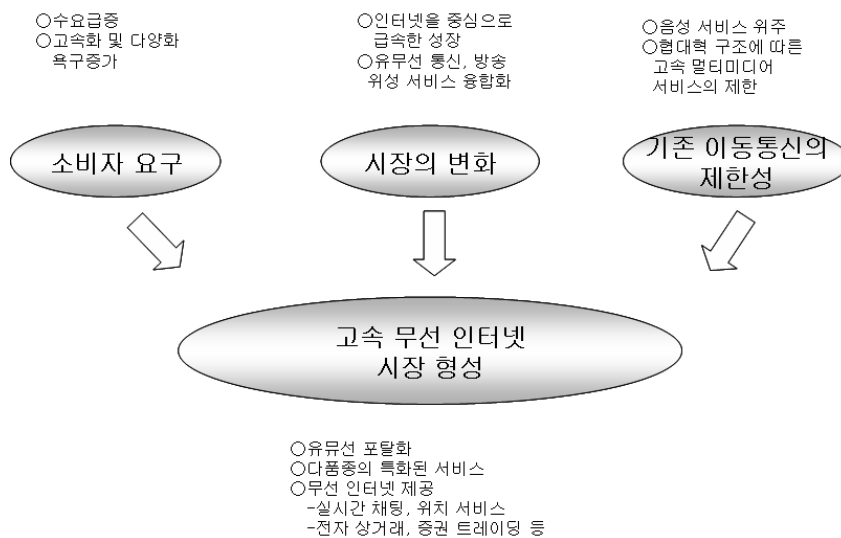


그림 6-3 cdma2000 1x 서비스 형태

이와 같이 고속통신을 수용하기 위한 망의 구축이 필수적이며 cdma2000 1x의 기술로 빠른 데이터 및 영상전송이 기술적으로 가능하며, 사업자들은 이 기술을 잘 활용하여 IMT-2000과 중복투자를 피하면서 가입자에게 편익을 제공하고 사업자들이 적절한 이익을 창출하는 현명한 방법을 선택하여야 할 것이다.

1.2.4. cdma2000 1x의 망 구성도

cdma2000 1x 네트워크의 망 구성도는 그림 6-4와 같이 IS-95A, B망과 같이 연동되는 구조로서 가입자정보를 가지고 있는 HLR과 음성을 저장하는 VMS 및 FAX 메일을 저장하는 FMS 등은 2G망과 같이 사용한다. 시스템 내부의 구조는 이동교환 시스템, DCN, 무선지능망(WIN)으로 구성되어 있으며, 기지국에서 고속 및 저속 데이터를 전용으로 처리하기 위하여 BSC에서 교환기를 통하지 않고 ATM Router를 통하여 PDSN(Packet Data Serving Node)를 거쳐 데이터를 처리한다. ATM Router는 BSC의 데이터 전용 back bone망으로서 Cell 단위로 동작된다.

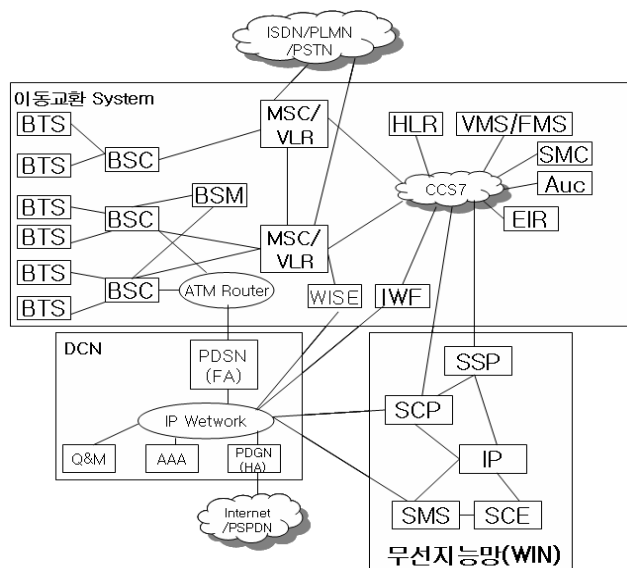


그림 6-4 cdma2000 1x Network 구조

- BTS : Base Transceiver Station
- BSC : Base Station Controller
- BSM : Base Station Manager
- MSC : Mobile Switching Center
- VLR : Visitor Location Register
- HLR : Home Location Register
- AuC : Authentication Center
- EIR : Equipment Identity Register
- O&M : Operation & Management
- AAA : Authentication, Authorization, Accounting
- WIN : Wireles Intelligent Network
- SCP : Service Control Point
- SMS : Service Management System
- SCE : Service Creation Environment
- IP : Intelligent Peripheral
- SMC : Short Message Center
- FMS : Fax mail System
- VMS : Voice Mail System
- IWF : Inter Working Function
- CCS7 : Common Channel
Signaling No.7
- DCN : Data Core Network
- PDSN : Packet Data Serving
Node
- PDGN : Packet Data Gateway
Node

DCN(Data Core Network)의 내부에는 인터넷 연결을 위한 PDGN(Packet Data Gateway Node)과 PDSN(Pack Data Serving Node)이 신설되어 IP Network를 통한 인터페이스 기능을 수행한다.

DSN은 무선 인터넷 사용을 위한 이동단말기의 이동성을 지원하기 위하여 PDSN과 PDGN간에 터널링 기능을 수행한다. 즉 고정 단말기의 이동성을 보장해 준다. 또한 PDSN을 통한 Mobile Packet Data Service 처리를 위해 별도의 IP Network가 추가되었다. 무선 지능망은 IS-95A에서 사용되고 있는 기존망을 이용하여 각종 정보 제공과 부가정보 서비스를 처리한다.

표 6-3 cdma2000 1x 시스템의 각 장비별 주요 기능

구분	장비명	주요 기능
이동교환 시스템	IWF	MSC(IS-95A/B)으로부터 데이터 전송요청을 받으면 circuit data를 packet data로 상호 변환하여 연결시키는기능
	EIR	사용자 단말기 인증 처리
	AuC	가입자 인증 처리
	WISE	가입자의 과금 내용을 On-Line으로 처리
DCN	PDGN (HA)	- Simple IP/Mobile IP 인터넷 패킷 라우팅 - R-P를 통해 BSC와 접속→패킷 데이터 수용→DCN으로 패킷 라우팅 - MN(Mobile Node)에 COA(Care Of Address) 할당/관리 - HA(Home Agent)로부터 패킷을 MN으로 Relay
	PDSN (FA)	- DCN과 외부 인터넷 망과 Interface - MN(Mobile Node)으로 향하는 패킷을 FA로 라우팅/터널링 - MN의 위치정보 데이터 관리
	O&M	- DHCP 기능 : 고정 IP address를 갖지 않은 IP terminal에 동적 IP address 할당 - DNS 기능 : domain name을 IP address로 변환
	AAA	단말에 대한 과금 수행, 인증/위임을 위한 보안 체계로 PDSN과 상호연동
무선 지능망	SCP	- 지능망 서비스 수행을 위한 제어로직 - 서비스 가입자 정보의 저장을 위한 데이터베이스 포함 - SSP에서 요청하는 정보제공 및 서비스 제어 수행
	SSP	- 지능망 서비스 호 인식→이용자 가입자(로컬) 정보 수집→SCP에 제공 - SCP의 통보에 따라 루팅 수행
	SMS	SCP운용, 데이터베이스 관리 및 외부 인터페이스 전반에 관련된 O&M 수행
	SCE	- 지능망 서비스 개발을 위한 도구 - 개발자 및 운용자에게 서비스 로직 구현을 위해 사용됨
	IP	지능망 서비스 이용자/가입자에게 음성/문자 이용→서비스 부가적 지원 (예) 주문화된 안내방송, 음성인식, 음성합성, 음성녹음, 프로토콜 변환기, 디지털 수집기 등

cdma2000 1x Network 이동교환 시스템에서 데이터 처리를 위한 주요 장비와 신설되는 DCN의 각 장비 및 무선 지능망 장비의 주요 기능은 표 6-3과 같다.

이동통신 교환기(MSC/VLR)는 IS-95에서 사용되는 교환기의 성능을 보완한 교환기로서 시분할 및 공간분할 circuit switching 처리방식으로 cdma2000 3x에 도입예정인 ATM Switching을 도입하지 않은 상태이다. 교환기의 내부구조는 그림 6-5와 같이 INS(Inter connection Network Subsystem), ASS(Access Switching Subsystem),

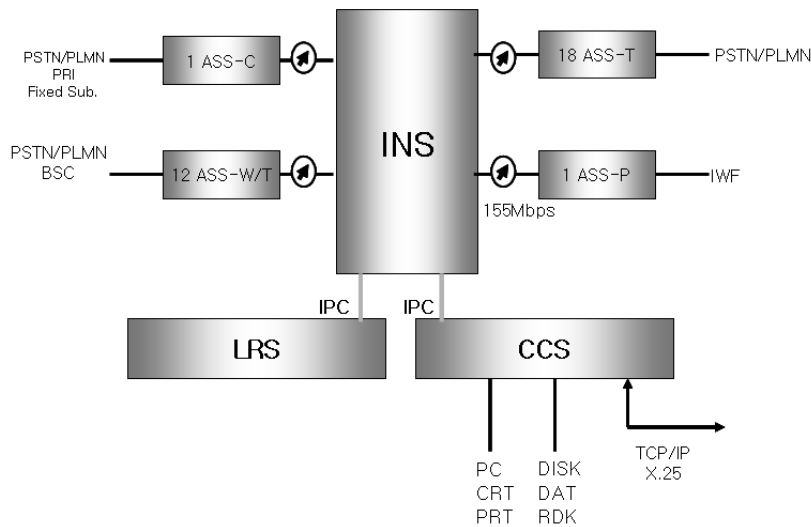


그림 6-5 cdma2000 1x 교환기 기본 계통도

CCS(Central Control Subsystem), LRS(Location Registering Subsystem)의 4개의 서브 시스템으로 구성되어 있다.

ASS는 가입자의 호 처리를 수행하기 위하여 1개의 ASS-C와 12개의 ASS-W/T 그리고 18개의 ASS-T, 1개의 ASS-P로 구성되어 있으며, ASS-W/T와 ASS-T는 가입자의 수용용량에 따라 가변으로 조정되어 시설된다. INS는 호 처리를 집중적으로 처리하는 스위칭으로 구성되어 있다. CCS와 LRS는 호 처리 연결상태의 모든 부가기능을 수행한다.

1.2.5. cdma2000 1x의 교환기 용량 및 성능

이동통신 교환기(MSC)의 통화 회선수 최번시 호 처리 용량 및 통화 처리 용량 등의 기준은 표 6-4와 같이 IS-95A보다 시스템 성능이 향상되었으며, 특히 이동 가입자의 수용용량은 350,000명에서 500,000명으로 15만명이 늘어났다.

또한 최번시 호 처리 용량은 500,000BHCA에서 750,000BHCA로서 150% 정도의 트래픽 처리 속도가 가능해져 데이터의 호 처리를 원활히 할 수 있다.

표 6-4 이동통신 교환기(MSC)의 용량기준

구 분		IS-95A	cdma2000 1x
통화 회선수	중계 회선수	30,000 이상	60,000회선 이상
	이동가입자 수용수	350,000 이상	500,000명 이상
	유선 고정가입자 회선수	512회선	1024회선 이상
호처리 용량		500,000BHCA 이상	750,000BHCA (Busy Hour Call Attempt) 이상
통화처리 용량		27,000Erlang 이상	55,000 Erlang 이상
VLR Message 처리 용량			1,200TPS 이상(CPU 부하 90% 기준)

기지국 제어기(BSC) 1대당 기지국 수용용량, 최대 트래픽 채널 수 및 최대 호 처리 용량 등의 기준은 표 6-5와 같으며, cdma 1x에서의 트래픽 채널 수는 3,000회선으로서 IS-95A의 1,920회선보다 처리속도가 1.5배 정도 빨라졌다. 또한 트랜스코더 보드당 수용 채널 수를 보면 IS-95A에서는 12채널 이상이며, cdma2000 1x에서는 24채널 이상 수용함으로써 장비의 면적을 늘리지 않으면서도 수용용량을 늘리는 방법으로 H/W가 설계되었다.

표 6-5 기지국 제어기(BSC) 용량기준

구 분	IS-95A	cdma2000 1x
최대 기지국 수용용량	48기지국 이상	48기지국 이상(1FA 3Sector)
최대 트래픽 채널수	1,920채널 이상	3,000채널 이상
최대 호 처리 용량	—	125,000BHCA 이상
최대 가입자 수용수	—	65,000명 이상
트랜스코더 보드당 수용 채널수	12채널 이상	24채널 이상

cdma2000 1x 시스템에서 시스템의 성능 목표치는 표 6-5와 같으며, 여기서 위치 등록 성공률을 Access Probe, Access Entry를 포함하여 98% 이상이 되도록 요구하고 있다. 핸드오프에서의 성공률은 최소 95% 이상 되도록 규정하고 있으나 타 기종간의 또는 타 사업체간의 성공률은 S/W 적용이 상이한 관계로 성능 목표치에 제외되었다. 시스템 내부의 단방향 호 지연 시간은 125msec 이내로 Process의 성능을 강화하여 테이터를 지연없이 Call 처리를 할 수 있다.

표 6-6 cdma2000 1x의 시스템 성능 목표치

구 분	성능 목표치
통화품질 MOS	4.0이상
FER	서비스 영역 85% 이상에서 1% 이하
호 완료율[ML(mobile to land), LM, MM]	서비스 영역 내 95% 이상 (평균 호 보유시간 : 75sec)
위치등록 성공률(Access Probe, Access Entry 포함)	각각 98% 이상
소프트 핸드오프	98% 이상
BTS/BSC/MSC/PDSN 소프트 핸드오프	98% 이상
하드 핸드오프(FA간, Frame Offset간, 동종 MSC간, 동일업체 2G-3G 시스템간)	각각 95% 이상
호 지연시간	125msec(단방향)
교환기내 음성 통화 호 설정시간	5초 이내
데이터 호 Session 접속시간	6초 이내
Dormant 상태에서 데이터 호 Session 접속시간	5초 이내
장시간 통화	평가대수의 80% 이상 (통화시간 2시간 이상)
시스템 로딩시간	-BSS(BSC/BTS, 교환기 내 최대형상 기준) : 2시간 이내 -MSC(최대형상기준) : 1시간 이내 -PDSN,PDGN(최대형상기준) : 1시간 이내

데이터 전송속도의 유연성을 감안하여 휴지(dormant) 상태에서 데이터로 Session 접속시간을 5초 이내에 가능하도록 규정하고 있다. 즉 채널 전송 속도를 빠르게 하기 위한 접속시간을 일정시간 이내에 접속이 가능토록 Process의 동작이 신속하게 되도록 하기 위한 것이다. 교환기 내의 BSC/BTS간의 로딩시간은 2시간 이내에 수행이 가능하여야 하며, MSC 내부 및 PDSN, PDGN간의 로딩시간은 1시간 이내에 수행 가능하도록 하였다.

cdma2000 1x는 IMT-2000 3x으로 진화하기 위한 중간 단계의 과정으로서 음성 서비스가 주로 이루어지는 현실을 감안할 때 상당기간 동안 이러한 서비스가 지속될 것으로 보인다. 즉, 간단한 정지화상이나 고속의 데이터 처리를 위해서는 cdma2000

1x가 기본적인 인프라를 구축하고 있으므로 IMT-2000을 위한 ATM 교환기의 도입이 진행될 때까지는 기존 서비스와 고속 데이터를 수용하면서 자연스럽게 IMT-2000으로 진화될 것이다.

1.2.6. cdma2000 1x의 음성 및 데이터 호 처리

기존의 IS-95 시스템에서는 음성 및 데이터 처리를 모두 교환기에서 호 처리가 수행되었으며, cdma2000 1x에서는 음성과 데이터를 분리하여 호 처리를 수행함으로써 교환기의 부하를 감소시키면서 데이터 속도를 증가시키는 방식으로 구성되었다.

(1) 음성 처리 호 과정

cdma2000 1x의 음성 처리과정은 그림 6-6과 같으며, 기존의 교환기(IS-95)와 같은 방법으로 호 처리가 이루어진다.

이동통신교환기(MSC)의 기지국제어기(BSC)와 기지국(BTS)는 기존에 사용중인 2G 가입자의 단말기를 수용 가능함으로 2G 가입자의 단말기가 3G 교환기에 연결되었을 경우에 그림 6-6에서와 같이 2G 1x와 2G 가입자(②)가 통화가능한 구조를 가진다.

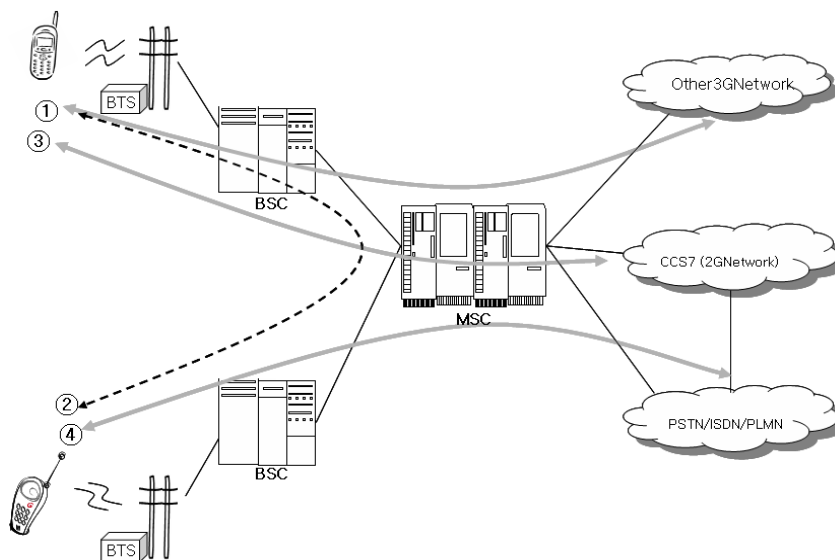


그림 6-6 cdma2000 1x 음성 처리과정

(2) 데이터 호 처리과정

데이터의 호 처리과정은 호 설정 요구시 단말기의 인증 및 무선 호 set up을 위하여 단말기에서부터 교환기까지 접속이 이루어진다. 교환기로부터 가입자의 인증과 set up이 확인되어 단말기로 통보하면 단말기에서 BTS, BSC와 Switching을 통하여 DCN의 PDSN과 LER(Label Edge Router), LSR(Label Switching Router)에서 AAA 서버로 연결하여 데이터 호의 자체인증 과정을 거쳐서 PDGN으로 연결되어 인터넷으로 접속된다. 여기에서 PDGN은 인터넷 서버의 위치를 추적하여 연결하여 주는 기능을 수행한다. 데이터 호가 설정되고 packet 단위의 데이터가 전송되었을 때 AAA 서버에서는 데이터 용량에 따라 과금을 수행한다.

LER(Label Edge Router)의 기능은 IP Network에서 ATM Switching과의 연동하는 기능을 수행한다. LSR(Label Switching Router)의 기능은 MPLS(Multi Protocol Label Switching) 프로토콜이 탑재되었으며, Backbone ATM Switch기능을 수행한다.

1.3. HDR(1xEv-DO)

1.3.1. HDR의 개요

HDR(High Data Rate 고속 데이터 전송)은 CDMA 기술을 이용하여 퀄컴이 개발한 패킷 무선 데이터 전송 신기술로서 IS-95A, B를 모두 수용하는 메가급 고속 데이터 전송이 가능한 순방향으로 최대 2.4Mbps이며, 역방향은 307.2kbps의 전송속도로서 유선에서 사용하는 ADSL방식과 똑같이 무선에서도 구현되고 있다.

HDR은 기존 IS-95망에서 DCN(Data Core Network)을 통한 Data 전용 인터넷을 연결하는 것으로서 3G망에서도 Data 전송 속도를 기존 속도와 똑같이 지원할 수 있다. 데이터 전송을 위한 방식별 순방향 전송속도는 그림 6-7과 같이 MSM5000칩을 사용하였을 경우 153~307kbps의 전송이 가능하며 iMSM5500을 사용할 경우에는 2.4Mbps까지 전송이 가능하다.

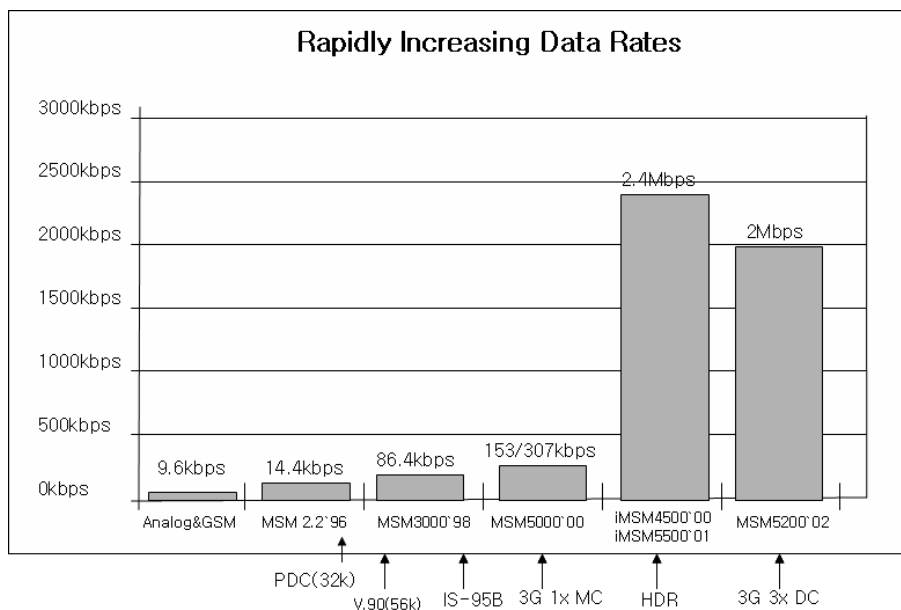


그림 6-7 방식별 순방향 데이터 전송속도

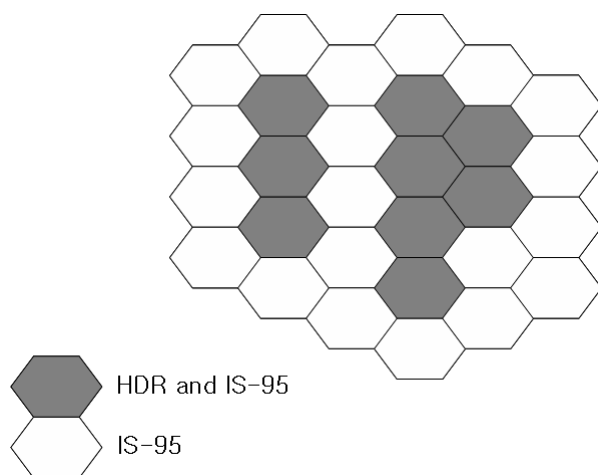


그림 6-8 IS-95 시스템에 HDR 도입 예

HDR은 기존에 사용 중인 IS-95A, B 시스템의 여유 RF 주파수를 할당받아 확장하는 개념으로서 안테나도 기존 시스템의 안테나를 사용할 수 있다. 적은 투자비로 고효율의 데이터 서비스를 제공해 줄 수 있는 장점이 있는 반면, 기지국과 기지국간의 헨

드오프가 제공되지 않는다.

즉, 데이터 전용망으로서 데이터의 품질을 개선하기 위한 차원에서 개발되었다. 기존에 서비스 중인 네트워크에서 데이터를 가장 많이 사용하는 지역만 그림 6-9와 같이 HDR을 시설하여 HDR과 IS-95을 동시에 서비스가 가능토록 해 주고 있다.

현재 표준화되고 있는 IMT-2000 MC(멀티캐리어 방식, 동기방식)의 1x RTT 시스템은 음성과 데이터 모두를 지원하기 위한 시스템으로 1.25Mhz 대역의 고속 데이터를 전송하는 데는 한계가 있고 IS-95 네트워크도 144kbps 이상을 지원하지 않으므로 고속 데이터 전송 구현이 힘들다. 따라서 이에 대한 보완 솔루션의 필요성이 대두되어 개발된 것이 HDR이다.

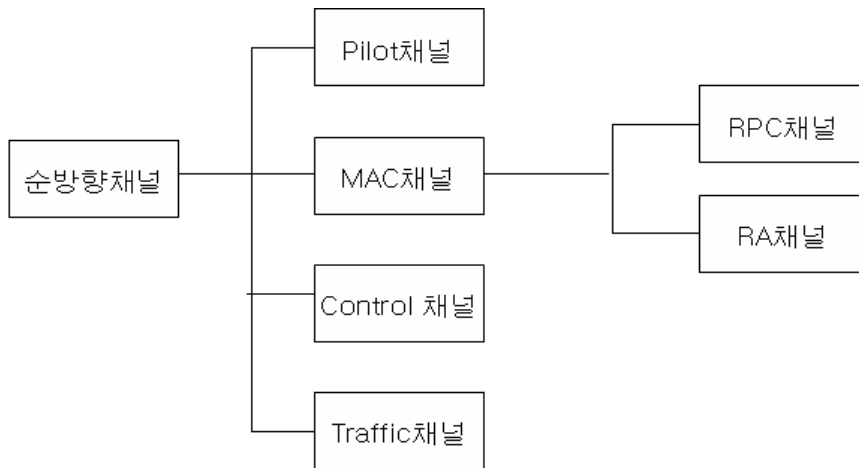


그림 6-9 순방향 채널(forward channel)구조

1.3.2. HDR 데이터 채널링크

(1) 순방향 데이터 채널링크

HDR의 순방향 데이터 채널링크는 그림 6-9와 같이 Pilot 채널, MAC 채널, Control 채널, Traffic 채널로 구성되어 있다. HDR에서는 전송방식이 패킷 회선 방식으로서 Pilot 신호를 감지하고 있다가 전송이 필요할 때만 회선을 포착하여 전송하고 송·수신이 없을 때에는 회선을 포착하지 않는다. 채널별 주요 기능은 다음과 같다.

- Pilot 채널 : 액세스 터미널에서 동기획득에 사용한다.
- MAC(Medium Access Control) 채널
 - RPC(Reverse Power Control) 채널 : 액세스 터미널의 역방향 송신전력을 제어하기 위한 채널
 - RA(Reyers Activity) 채널 : 역방향 활동 비트를 제어하는 것으로서 역방향의 채널들이 포화되었을 때 액세스 터미널들에게 전송률을 낮추도록 요구
- Control 채널 : 방송 메시지 또는 특정 액세스 터미널을 향한 메시지를 송신한다 (전송률은 38.4kbps 또는 76.8kbps 사용).
- Traffic 채널 : 액세스 터미널이 순수한 데이터를 전송하는데 사용한다.

순방향 트래픽 채널은 38.4~2,457kbps 사이의 가변 데이터 전송률을 제공하며, IFA당 한 순간에는 하나의 사용자 데이터만 전송이 가능하다. 여러 사용자에게 데이터를 시간상으로 스케줄링하여 전송한다.

그러므로 그림 6-10과 같이 IS-95에서 트래픽을 전송할 때와 HDR에서 전송할 때의 신호의 세기는 HDR에서는 Pilot, Control 채널 밖에 없으므로 최대전력으로 송신이 되기 때문에 효율적인 스케줄링만으로 처리량을 최대화할 수 있다.

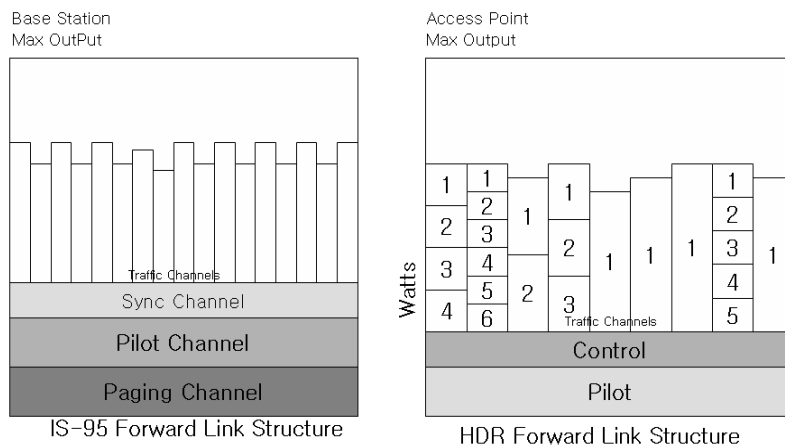


그림 6-10 순방향 트래픽 채널 전송 처리 용량 비교

이동단말기에서의 Access Point(기지국) 선택은 액티브 세트(Active Set) 내에 있는 여러 섹터의 신호들 중에 가장 양호한 신호를 포착하여 데이터를 송·수신하며, 여러 섹터의 신호를 복합적으로 선택하는 소프트 핸드오프는 일어나지 않으나, 각 섹터와의 채널상태에 따라 빠르게 다른 섹터를 선택하여 바꿀 수 있으므로 최적의 링크상태를 유지할 수 있다. 액세스 터미널(이동단말기) 입장에서는 여러 액세스 채널 중 채널 상태가 좋은 터미널을 선택하여 데이터를 전송함으로써 다중 사용자 다이버시티(Multi-user diversity) 효과를 얻을 수 있다.

2. IMT-2000 비동기방식

2.1. 비동기방식의 진화

비동기방식은 GSM을 기반으로 그림 6-11과 같이 발전되어 왔다. GSM의 무선 구간 전송 기술은 TDMA로서 회선 음성 서비스에서 57kbps의 데이터 전송속도를 보장하는 HSCSD(High-Speed Circuit Switched Data)로 발전되었으며, HSCSD에서 116kbps를 지원하는 패킷 전송모드인 GPRS(General Packet Radio Service)로 발전되었다. 2000년도에는 데이터 전송속도가 384kbps까지 가능한 EDGE(Enhanced Data rates for the GSM Evolution)가 발표되었다.

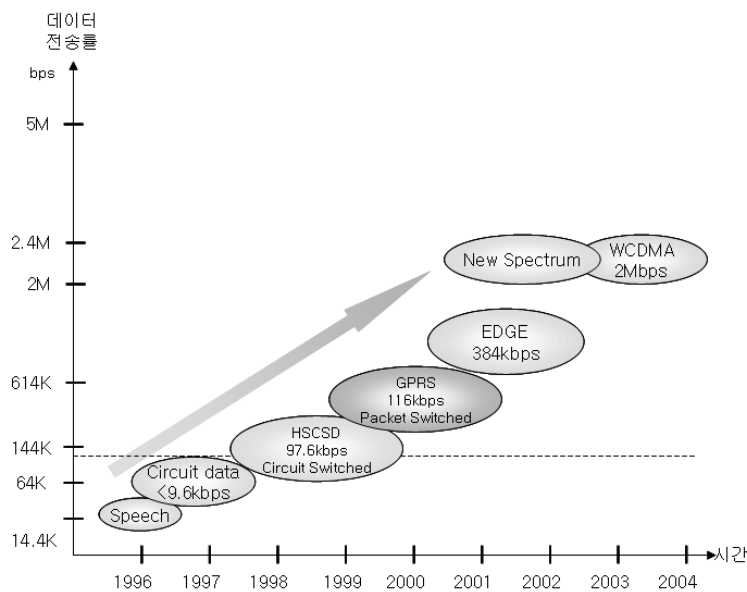


그림 6-11 비동기방식의 진화 변천도

2.2. W-CDMA(Wideband-CDMA) 시스템

2.2.1. W-CDMA 시스템 개요

동기방식에서는 기지국과 기지국간 및 핸드오프를 위한 동기를 GPS 위성을 이용하고 있으며, 비동기방식에서는 기지국 공유의 코드를 이용해 기지국 동기를 맞추고 있다. 동기방식은 하나의 PN 코드에 시간차(위상 오프셋)를 두어서 사용하므로 매우 긴 PN 코드라 할지라도 빠른 시간 내에 동기를 할 수 있으므로 동기 및 다중화에 효율적이다. 그러나 GPS 자체가 미국의 국방분야에 사용되는 것을 목적으로 탄생되었고 GPS 정보를 얻기 힘든 환경에서는 정확한 기능을 수행하기 어려우므로 이러한 단점을 극복하기 위해 W-CDMA가 고안되었다.

2.2.2. 기존 시스템과 W-CDMA 시스템의 비교

표 6-7는 CDMA의 최초 방식인 IS-95와 IS-95에서 발전된 cdma2000 1x, CDMA2000 등과 W-CDMA의 전신이라고 할 수 있는 GSM 방식과 CDMA 방식의 대표적인 비동기방식인 W-CDMA를 비교하였다.

표 6-7 W-CDMA 방식과 다른 방식과의 비교

항목	IS-95A	IS-95B	cdma2000 1x	CDMA2000	W-CDMA
확산속도	1,2288MHz	1,2288MHz	1,2288MHz	1,2288MHz x 3	3.84MHz
기지국간 동기	동기	동기	동기	동기	비동기
서비스 형태	서킷	서킷	서킷/패킷	서킷/패킷	서킷/패킷
데이터 속도	9.6kbps/ 14.4kbps	64kbps	144kbps	2Mbps	2Mbps

표 6-7에서 보는 바와 같이 W-CDMA는 확산속도와 데이터 속도가 다른 방식보다 빠르며, 비동기방식을 사용한다는 점이 다른 방식과 다르다고 볼 수 있다. IS-95, cdma2000 1x, CDMA2000은 모두 동기 방식으로 변천되었으며 CDMA2000은 비동기 방식의 W-CDMA와 같은 IMT-2000 시스템에 포함되는 방식이다.

2.2.3. W-CDMA 망구조 및 기능

그림 6-12는 W-CDMA 망구조를 보여주고 있으며 BSC(Base Station Controller)를 중심으로 Circuit Traffic은 무선 교환기인 MSC(Mobile Switching Center)를 경유하여 처리되고 데이터 Traffic은 패킷 단위로 운영체계를 지원하는 SGSN(Serving GPRS Support Node)를 통하여 처리된다. 음성회선의 통화방식은 IS95와 같은 방법으로 수행되고 있다. RAN(Radio Access Network)은 기지국인 RTS(Radio Transceiver Subsystem)와 무선 제어국인 RNC(Radio Network Controller)로 구성되어 있다.

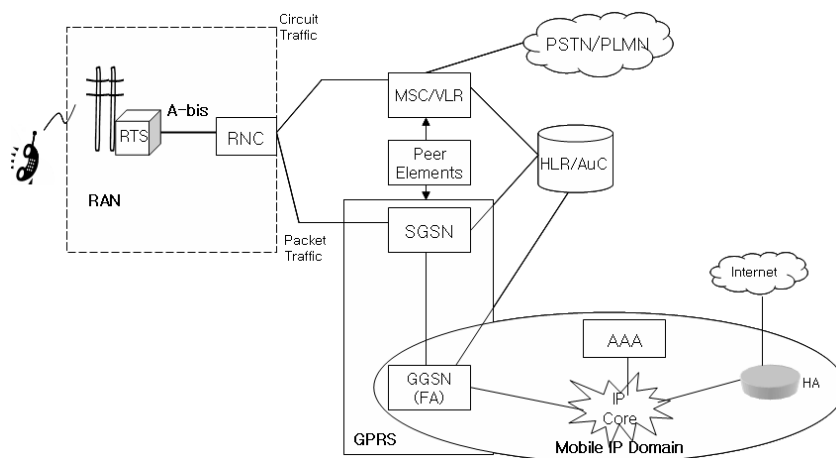


그림 6-12 W-CDMA 망구조

6장 연습문제

1. IMT-2000이 가지는 상징적인 의미 3가지를 말하면?
2. 1x EV-DO와 EV-DV의 차이점을 설명하면?
3. 동기방식의 표준화가 진행된 과정을 설명하라.
4. 비동기방식의 표준화가 진행된 과정을 설명하라.
5. CDMA2000 1x와 CDMA2000 3x의 기술적 차이점을 설명하라.
6. IS-95B와 cdma2000 1x와의 두드러진 차이점을 비교 설명하라.
7. IS-95B와 cdma2000 1x과의 용량을 비교하여 어느 방식이 얼마만큼 용량이 큰지를 말하여라.
8. W-CDMA 방식이 CDMA2000 방식과 어떻게 다른지 설명하라.
9. W-CDMA 망구조와 cdma2000 1x의 망구조를 비교하여 그 특징을 설명하라.
10. GPRS 방식의 기술적 기능을 설명하라.

7장

차세대 통신 기술

학습목표

1. 스마트 안테나 시스템의 개념을 이해할 수 있다.
2. SDR의 탄생배경과 특징을 이해할 수 있다.
3. MIMO 시스템을 이해할 수 있다.
4. OFDM 시스템의 개념을 이해할 수 있다.
5. UWB 기술의 개념과 특징을 이해할 수 있다.

1. 스마트 안테나

1.1 스마트 안테나의 등장 배경 및 정의

이동통신의 서비스는 음성, 데이터, 영상 등의 서비스 지원 상태에 따라서 세대별 명칭이 구분되어 있다. 제1세대 이동통신 서비스는 단순히 음성 서비스만 지원하였으나, 1990년대 초부터 사용되어온 제2세대 이동통신 서비스는 음성 및 저속 데이터가 제공되는 디지털 셀룰러, PCS 등이고, 음성·고속 데이터·동영상이 지원되는 제3세대 이동통신 IMT-2000이 2004년도부터 단계적으로 상용화되었다. 또한 2010년부터는 이동통신 서비스뿐 아니라 인터넷·컴퓨터를 총융합하는 제4세대 이동통신 기술이 추진될 예정이다. 이 차세대 이동통신 시스템에서는 현재 서비스 중인 음성신호뿐 아니라, 영상 및 기타 데이터를 높은 신뢰도로 송·수신하게 된다.

이와 같이 차세대의 통신 서비스가 다양해짐에 따라 송·수신 데이터의 대역폭은 현재보다 훨씬 넓은 밴드를 차지하게 된다. 60MHz의 대역폭이 필요한 IMT-2000의 경우, 3개 통신 사업체가 20MHz의 점유율로 서비스 한다고 하면, 가입자당 할당 주파수가 한정되어 있어 광대역 통신에 따른 간섭이 증대되어 통신용량이 감소된다. 따라서 차세대 이동통신 시스템의 가장 중요한 기술적 과제는 한정된 전파자원을 효율적으로 이용함으로써 가능한 좁은 대역폭을 사용하여 보다 많은 데이터를 신뢰성 있게 전송하는 기술을 제시하는 것이다. 그러나 사용 대역폭의 축소와 신뢰도의 증대는 동시에 달성할 수 없으므로 지금까지 제시된 기술로는 차세대 이동통신에서 대두될 용량 및 신뢰도 문제를 해결할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 스마트 안테나 기술이 급격히 대두되고 있다.

스마트 안테나 기술은 배열 안테나의 지향성 빔을 이용해 간섭신호 및 잡음을 제거함으로써 네트워크 및 신호 포맷 등을 포함한 시스템의 전체적인 구조 변경 없이 신호 상호간 최적의 무선 인터페이스(air interface)를 통하여 통화용량 증대와 통화 신뢰도 향상을 동시에 달성하는 기술이다.

더욱이 스마트 안테나 기술은 제3세대 이동통신의 표준으로 제시되어 있고, 제4세대 이동 통신 시스템에서도 가장 핵심적인 기술로 인식되어 있다. 스마트 안테나는 기존의 단일 안테나를 사용하지 않고 여러 개의 안테나 소자를 이용하여 통신을 원하는 가입자에게 각각 최적의 빔을 제공해 줄 뿐만 아니라 이동체로도 빔 추적이 가능하여 ‘스마트 안테나’ 라는 용어가 명명되었으며, 이러한 용어적 의미로 인해 ‘지능형 안테나’ 로도 불리고 있다. 또한 스마트 안테나는 선형, 원형, 평면형 등의 다양한 형태로 안테나 소자를 위상 배열하여 적응적으로 빔을 조절하기 때문에 배열 안테나, 적응 안테나, 위상 배열 안테나, 적응 배열 안테나 등의 이름으로도 불리고 있다.

1.2 스마트 안테나의 기술적 특징

그림 7-1에서 보는 바와 같이 단일 안테나는 모든 방향으로 전파가 방사되기 때문에 통신을 원하는 사용자에게 불필요한 다른 통신 대상자들의 전파가 유입되어 극심한 간섭이 발생하게 되어 통신 품질이 저하된다. 이와 반면에 스마트 안테나는 그림 7-2에서 보는 바와 같이 통신을 원하는 대상, 즉 고정된 목표(사무실), 저속 이동 중인 목표(개인, 인공위성), 고속 이동 중인 목표(차량, 열차) 등으로 각각의 스피드에 적응적

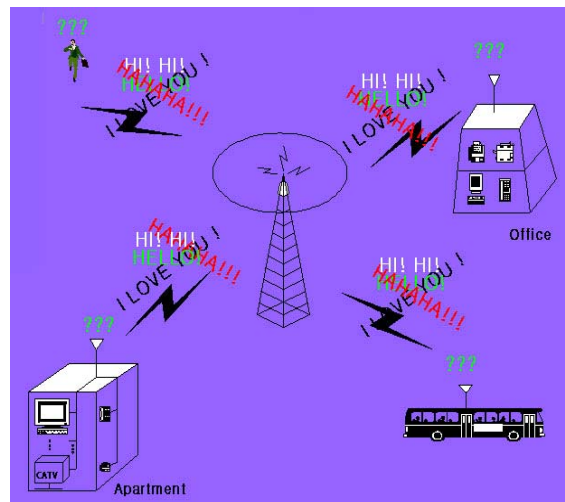


그림 7-1 단일 안테나 통신

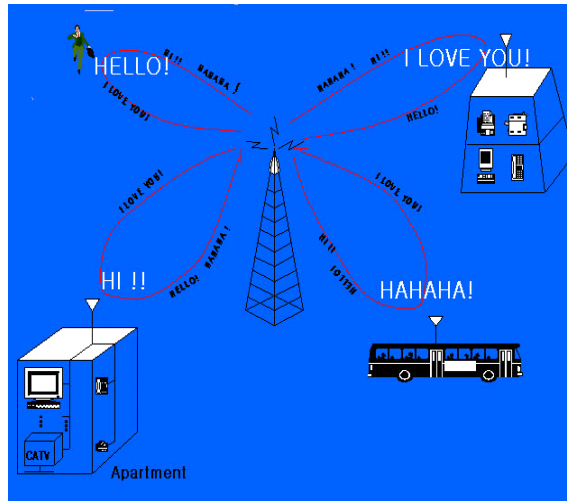


그림 7-2 스마트 안테나 통신

으로 대처하여 목표물을 추적하는 최적의 빔 패턴을 계속적으로 제공함으로써 목표물의 방향으로는 최대의 이득을 제공하고 여타의 방향으로는 상대적으로 훨씬 작은 이득을 줌으로써 간섭을 그만큼 억제하는 효과를 내게 된다. 따라서 스마트 안테나를 사용하면 간섭이 줄어들어 고품질의 데이터를 전송할 수 있으며, 원하는 사용자에게만 전파를 방사하기 때문에 전파낭비가 적다. 따라서 한정된 전파자원으로도 더 많은 데이터를 전송할 수 있으므로 대용량의 데이터를 전송할 수 있게 하는 장점이 있다.

표 7-1은 단일 안테나와 스마트 안테나의 특징을 보여주고 있다.

표 7-1 단일 안테나와 스마트 안테나의 비교

비교항목	단일 안테나	스마트 안테나
구성요소	1개의 안테나 소자, RF 송·수신기, 모뎀으로 구성	복수개의 안테나 소자, RF 송·수신기, 모뎀, 빔 형성 모듈
특징	1. 위치 설정이 제한적임 2. RF 신호환경의 변화의 능동적 대처 부족으로 송·수신 성능 저하 및 채널용량 감소 3. 전 방향으로 방사 빔 형성. 4. 신호간섭 영향이 큼	1. 위치 설정이 자유로움. 기지국 또는 단말기에 설치 가능 2. RF 신호환경의 변화에 따른 적응적 안테나 빔 패턴 제어에 의해 송·수신 성능 및 채널 용량 극대화 3. 해당 가입자에게만 지향성 빔 방사. 4. 신호간섭 영향 최소화
효과	간섭신호로 인한 통신품질 저하	용량증대 및 통신품질 향상

1.3 스마트 안테나의 구성

스마트 안테나는 안테나 소자 뿐 아니라 RF 소자, 모뎀, 빔 형성 모듈 등의 여러 구성 요소들로 되어 있어 흔히 스마트 안테나 시스템으로 불리기도 한다. 그림 7-3은 스마트 안테나 시스템을 보여주고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 지향성 빔이 여러 목표물로 빔을 제공하고, 이러한 지향성 빔은 믹서(mixer), 저잡음 증폭기(LNA), 필터 등의 RF 소자를 거쳐 모뎀(MODEM)으로 입력되어 변복조를 수행하고 최종적으로 빔 형성 모듈을 통해 원하는 사용자에게 최적의 빔을 제공한다.

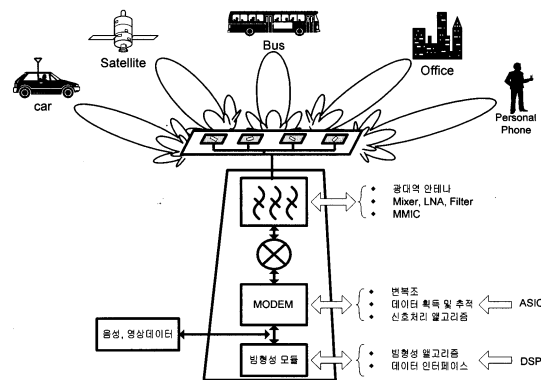


그림 7-3 스마트 안테나 시스템 개요

그림 7-4는 스마트 안테나 시스템의 전체적인 세부 구성 블록도를 보여주고 있다. 그림 7-4의 왼쪽은 단말기로부터 기지국으로 데이터가 수신되는 역방향 링크(reverse link) 구성도를 보여주고 있으며, 오른쪽은 기지국에서 단말로 데이터를 송신하는 순방향(forward link) 구성도를 보여주고 있다. 즉, 그림 7-4는 단말기에서 송신된 신호가 스마트 안테나 기지국으로 수신되어 정확한 신호 복원을 거쳐 기지국이 다시 해당 단말기로 신호를 전송하는 과정을 보여주고 있다. 그림에서 가장 중요한 블록이 디지털 빔 형성기로 이 블록을 통해 통신을 원하는 사용자에게 최적의 빔을 제공하게 한다. 통신을 원하는 신호가 배열 안테나로 수신되면 안테나와 수직으로 신호가 수신되지 않는 한 각 안테나로 도착하는 시간이 달라진다. 도착시간차를 위상차(phase diff-

erence)라고 하며, 각 안테나에서 발생하는 위상차를 없애주는 위상보정(phase compensation) 과정을 정확히 해 주어야만 사용자에게 최대 이득이 전달된다. 이러한 위상 보정은 보정값 가중치를 계산하여 사용하게 되며, 디지털 빔 형성기에서 가중치를 구하게 된다. 위상 보정에 대한 세부 내용은 다음 절의 스마트 안테나 원리에서 자세하게 언급되어 있다. 스마트 안테나에서 또 다른 중요내용을 보면, 기지국에서 수신한 신호는 기지국의 신호처리과정을 거치면서 다시 송신하게 되면 신호처리과정에 따른 시간지연(또는 위상차)이 발생하여 정확한 송신이 불가능하게 된다. 이러한 송·수신과정에 의한 위상차를 제거해 주는 것이 캘리브레이션 시스템(calibration system)으로 이 또한 스마트 안테나의 중요 구성요소라 할 수 있다.

1.4 스마트 안테나의 원리

그림 7-5는 여러 개의 안테나가 일정한 간격으로 떨어져 배열되어 있는 선형 안테나로, 각각의 안테나 소자는 전 방향에 대해서 동일한 이득을 주는 등방성(omnidirectional) 안테나라고 가정한다. 그리고 신호원은 원거리 신호인 평면파라고 역시 가정한다. 그림 7-5에서 보는 바와 같이 원하는 신호가 θ 각도 방향으로 모든 안테나에 입사하게 되면 동시에 같은 시간으로 도착하지 않는다. 이러한 현상을 시간 지연에 따른 위상차라고 말한다. 스마트 안테나처럼 2개 이상의 안테나를 통해 원하는

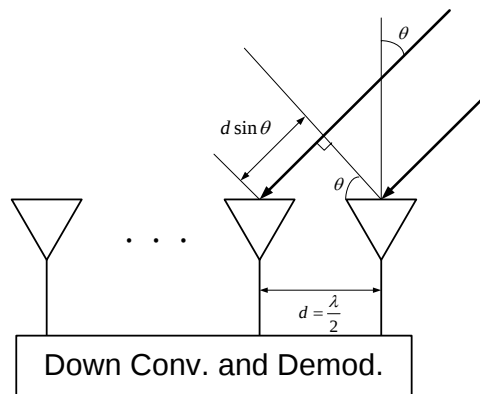


그림 7-5 스마트 안테나로의 수신신호에 따른 위상차 발생 개념도

신호가 입사되면 필연적으로 위상차가 발생할 수밖에 없다. 위상차는 안테나 간격이 커질수록 커지게 되며, 이러한 위상차를 그대로 유지한 상태에서 원하는 신호를 받게 되면 정확한 수신에 될 수가 없다. 따라서 스마트 안테나에서는 필연적으로 발생하는 위상차를 제거하기 위해 웨이트값을 반드시 제공해 주어야만 한다. 웨이트값이 위상차와 크기가 같으며 부호가 다르다면 정확히 위상차가 없어지게 된다.

그림 7-6은 스마트 안테나로 수신한 신호 x 에 대해 웨이트값 w 를 곱해주는 과정을 보여주고 있다. 각 안테나 소자로 입사된 신호는 서로 다른 위상값을 갖게 되며, 이러한 위상값 제거를 위해 위상값 상쇄값에 가까운 웨이트값을 수신신호에 곱하게 된다.

수식을 통해 수신신호에 가중치를 곱하는 과정에 대한 일례를 들어보면 다음과 같다. 두 번째 안테나를 통해 수신되는 신호를 x^2 라 하면, 이 신호의 위상값은 지수함수 식인 $e^{-j\phi}$ 를 가지게 된다. 이러한 위상값 제거를 위해 웨이트값 w 를 위상값의 부호가 다른 $e^{j\phi}$ 가 되게 구할 수 있으면 두 식의 곱을 통해 돌아간 위상을 제거할 수 있어 최대의 이득이 제공되게 한다. 이러한 가중치는 스마트 안테나의 빔 형성기에서 구하게 되며 빔 형성 알고리즘을 통해 가중치의 정확도가 결정된다. 따라서 스마트 안테나에서는 어떠한 빔 형성 알고리즘을 사용하느냐에 따라서 스마트 안테나의 성능이 크게 좌우된다고 할 수 있다.

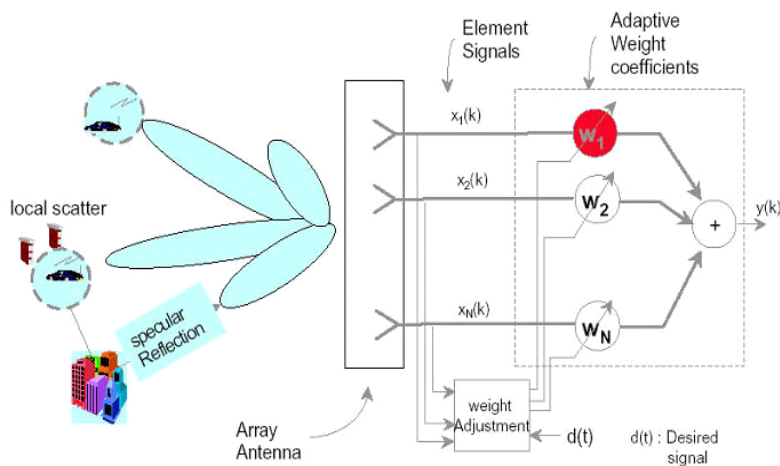


그림 7-6 스마트 안테나로 수신된 신호의 가중치 적용 구성도

1.5 스마트 안테나의 빔 형성 종류

스마트 안테나의 빔은 크게 고정된 빔을 사용하는 고정 빔 제공 스마트 안테나와 통신을 원하는 사용자에게 적응 빔을 제공하는 적응 빔 제공 스마트 안테나가 있다. 그림 7-7은 고정 빔 제공 스마트 안테나를 보여주고 있으며, 여러 개의 고정 빔(이 예에서는 4개의 빔) 가운데에서 하나(다른 색 빔)를 원하는 신호로 선택해서 신

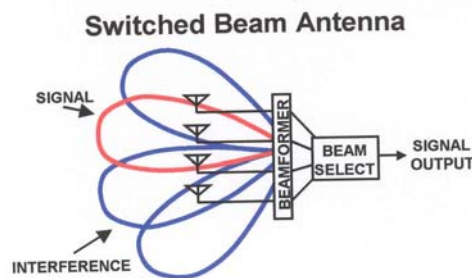


그림 7-7 고정 빔 제공 스마트 안테나 개념도

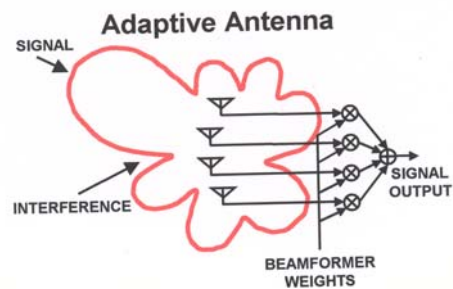


그림 7-8 적응 빔 제공 스마트 안테나 개념도

호 수신을 향상시키고자 하는 경우에 사용된다. 이때 수신기는 신호 수신을 가장 많이 향상시키고 간섭을 가장 많이 감소시키는 빔을 선택한다.

그림 7-8은 적응 빔 제공 스마트 안테나로 안테나 패턴을 동적으로 변화시켜서 잡음, 간섭 및 다중경로를 조절해 준다. 또한 적응 빔 제공 스마트 안테나는 패턴을 조절해서 이동중인 사용자를 추적할 수 있다. 따라서 적응 빔 제공 스마트 안테나는 수신 신호가 향상된 최적의 전송 빔을 제공할 수 있다.

1.6 스마트 안테나의 발전추세

스마트 안테나는 1950년대 중반에 적응 안테나 개념으로 시작되었고, 1960년대 및 1970년대에는 레이더, 소나 및 항공기에 탑재한 적응 안테나 시스템 위주로 개발되었으며, 1980년대에 스마트 안테나의 이론과 실체가 정리되었고, 1990년도 초부터 이동통신 기지국 및 단말기에 적용하기 시작하였다. 스마트 안테나라는 이름이 쓰이기 시작한 것은 1995년 전후라고 알려져 있다.

스마트 안테나에 대한 연구는 처음에는 미국에서 대학을 위주로 시작되었으나 상용화를 위한 업체들의 연구개발이 1990년도 중반부터 본격적으로 이루어졌다. 국내 업체들도 이 시점부터 본격적으로 스마트 안테나에 대한 연구 개발을 추진하고 있다. 특허출원 현황을 보면 유럽과 일본에서도 거의 비슷한 시기에 스마트 안테나에 대한 연구가 본격적으로 이루어진 것을 확인할 수 있다.

한편, 전 방향으로 방사 빔을 형성하는 대신 특정 가입자에게만 지향성의 빔을 방사함으로써 섹터에서 활동하고 있는 전 가입자에게 미치는 신호간섭 효과를 최소화함으로써 통신품질과 시스템 채널용량을 높이기 위한 스마트 안테나 기술의 기본 개념은 Bell Lab에서 처음 시도된 것으로 알려져 있다.

오늘날 스마트 안테나에 대한 이론적인 개념 정립은 이미 완성되어 실용화 단계에 접어들고 있으며 실용화를 위해 최근 저가의 고속 신호처리기, 범용 프로세서 및 강력한 빔 형성 알고리즘의 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 전세계적으로 스마트 안테나 기술을 적용한 이동통신 기지국인 스마트 기지국 개발이 이루어지고 있다. 스마트 기지국은 배열 안테나 각 소자에 입사하는 신호의 도래방향에 기초하여 신호를 증대시키거나 제거시킬 수 있는 공간 필터(spatial filter) 기능을 제공하도록 설계되고 있다.

또한 오늘날 전세계적으로 스마트 안테나의 연구 분야로는 신호 환경에 따라 빔 형성 이득 또는 다이버시티 이득을 적절히 이용해 성능향상을 증진시킬 수 있도록 연구하고 있으며, 고속 대용량의 데이터 전송을 위해 다중입·출력이나 직교주파수분할다중 기술을 적용한 연구개발이 집중적으로 이루어지고 있다. 이러한 연구 배경에는 이

들 분야에 대한 기술이 확보되어야 차세대 이동통신 시스템 시장을 장악할 수 있다는 사실이 숨어 있다.

특히 향후 4세대 셀룰러 시스템(fourth generation cellular system : 일반적으로 간단히 4G로 나타낸다)의 개발에 이동통신업계의 역량이 모아질 것으로 보이며, 그 이유는 4G 네트워크는 네트워크에 의해서(over the network) 음성을 전송하는 것이 아니라 데이터를 전송하고, 음성은 단순히 네트워크에서(on the network) 실시간 데이터 애플리케이션으로 전송하고, 4G 네트워크에서 스마트 안테나를 채용하면 보다 신뢰성 있고 견고한 링크를 얻을 수 있을 것으로 기대되기 때문이다. 따라서 앞으로 당분간 스마트 안테나에 대한 연구 개발은 지속적으로 이루어질 것이며, 새로운 통신 시스템의 등장에 따라 이에 부합할 수 있는 새로운 안테나로 계속해서 진화해 나갈 것으로 전망된다.

그림 7-9는 이동 기지국 안테나 빔 형성 기술의 발달과정을 보여주고 있다. 맨 왼쪽은 2-다이버시티 섹터 안테나로서 전방향성 고정빔을 방사하는 모습을 보여준다. 가운데는 멀티빔 스위치 안테나로서 지향성의 고정 빔을 방사하고 있다. 맨 오른쪽은 스마트 안테나로서 지향성의 적응 빔을 방사하고 있다. 즉, 안테나 빔 형성 기술은 전방향성 고정빔에서 지향성의 적응 빔으로 발전하였다.

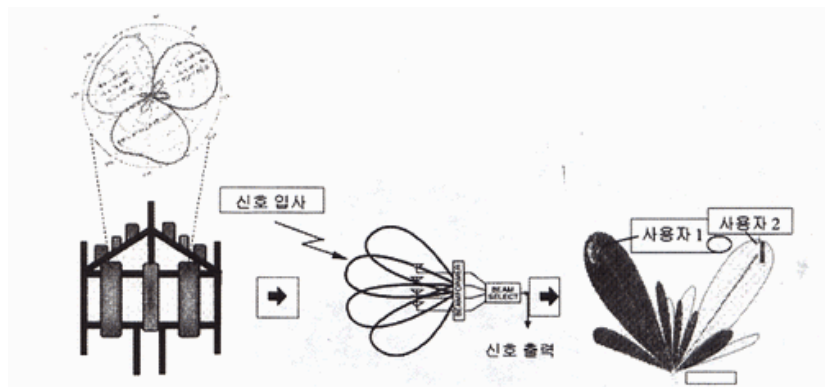


그림 7-9 이동 기지국 안테나 빔 형성 기술의 발달과정

2. SDR

2.1. SDR 기술의 역사

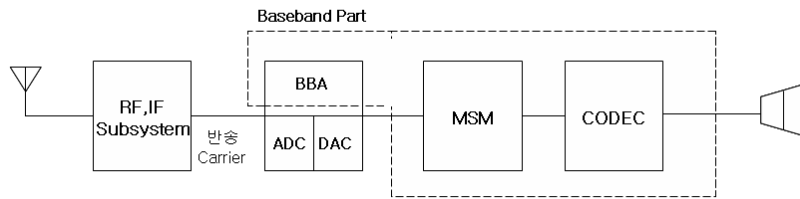
통신기술이 급속하게 발전함에 따라 서비스 이용자는 고품질의 서비스를 제공 받을 수 있는 소형, 저가 단말기를 요구하고, 이동통신 사업자는 IMT-2000에서 여러 표준이 출현한 것에 발맞춰 유연하고 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 이동통신 서비스의 실현을 고려하고 있다. 이러한 서비스의 실현은 기존의 고정된 하드웨어 모드로는 불가능하기 때문에 훨씬 유연하고, 경제성이 있는 다중모드, 다중대역, 그리고 다중기능(multifunction)의 특성을 갖는 Software Defined Radio[SDR, 또는 Software Radio(SWR)] 기술에 의하여 달성될 수 있을 것으로 보인다.

2.2. SDR 기술

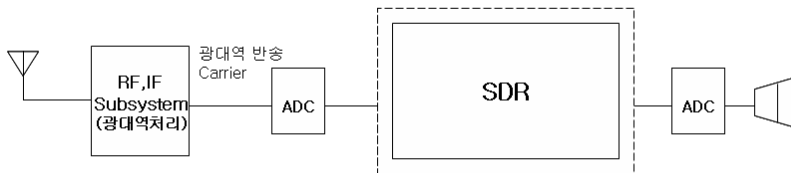
SDR은 다양한 방식의 무선통신 서비스를 하나의 하드웨어에서 소프트웨어 변경만으로 통합, 수용하는 기술로서 시스템의 RF 부분을 제외한 기저대역(baseband part) 전체를 하나의 소프트웨어로 구현하는 것을 의미한다.

그림 7-10은 SDR을 개념적으로 쉽게 이해하기 위하여 그린 것으로 기존 단말기의 기저대역이 SDR로 대체되는 것을 보여준다. 즉, SDR 기술은 기존의 통신 시스템에서 고려하지 못한 다중모드 변복조 처리, 광범위한 무선 신호 처리를 범용 컴퓨터를 기반으로 실현될 수 있도록 하는 것이다. 이는 IMT-2000 시스템과 4세대 이동통신, 디지털 방송, 그리고 rrs 등의 미래 출현 가능 시스템과 기존의 2세대 이동통신 시스템의 확장으로서의 의미를 지니는 21세기 무선통신의 새로운 기술로 부각되어지고 있다.

■ 기존 단말기(예)



■ SDR 단말기(예)



BBA:BaseBand Assembly, ADC: Analog to Digital Converter, MSM: Mobile Station Modem

그림 7-10 SDR 구성도

2.3. SDR 기술의 특성 및 장점

SDR은 기저대역 신호를 RF/IF단으로 전환하여 기존 시스템을 새로운 시스템 규격에 따른 시스템으로 재구성 가능하게 하므로, 시스템간 상호 호환성을 향상시키고 제품 수명을 늘어나게 하며, 제품 개발기간을 최소화시킨다. 하드웨어에 의존하였던 기존 시스템들은 응용 소프트웨어 다운로드로 제공할 수 있어서 빠르게 통신시장에 적응하고 가격 경쟁력을 키울 수 있다.

망 운용자 측면에서는 여러 무선 규격이 단일 기지국 플랫폼에 의하여 지원되므로 망 전개(network deployment)가 간단해지고 응용 소프트웨어 변경에 의한 시스템 업그레이드가 용이하여 시스템 역호환성을 지원할 수 있다. 사용자는 시스템의 고정 서비스 이용시 사용자 요구에 따른 서비스 선택으로 각자 개성에 맞는 서비스를 공급받게 되며 시스템을 실시간으로 수정하거나 업그레이드할 수 있게 될 것이다. 제조업자의 전망은 새로운 크기의 경제가 기대되며, 발전순환이 변화될 것이고 복잡성이 감소할 것이며 재사용 요소가 더욱 커져 새로운 특색의 더 쉬운 통합이 이루어질 것으로

기대된다.

그러나 이러한 장점이 있는 반면 다음과 같은 단점도 갖고 있다. 우선 아직 증명되지 않는 기술이라는 점과 아날로그 기능은 디지털 기능만큼 쉽게 맞춤화될 수 없으므로 RF 필터 등에 한계가 있다는 점이다. 멀티밴드 안테나 시스템과 전력증폭기도 개발되어야 하는 과제도 있다.

2.3. SDR 기술의 전망

고성능 소자를 이용한 SDR 시스템 구축은 가격, 크기, 복잡도, 전력소비면의 장점을 고려하면 단말기보다는 기지국에의 SDR 기술 응용이 우선할 것으로 예상된다. 현재 SDR 기술을 이용한 기지국 테스트베드 시스템이 개발되고 있고 상용화 제품 출시는 기지국 경우는 2005년 이후, 단말기는 2010년으로 전망되고 있다.

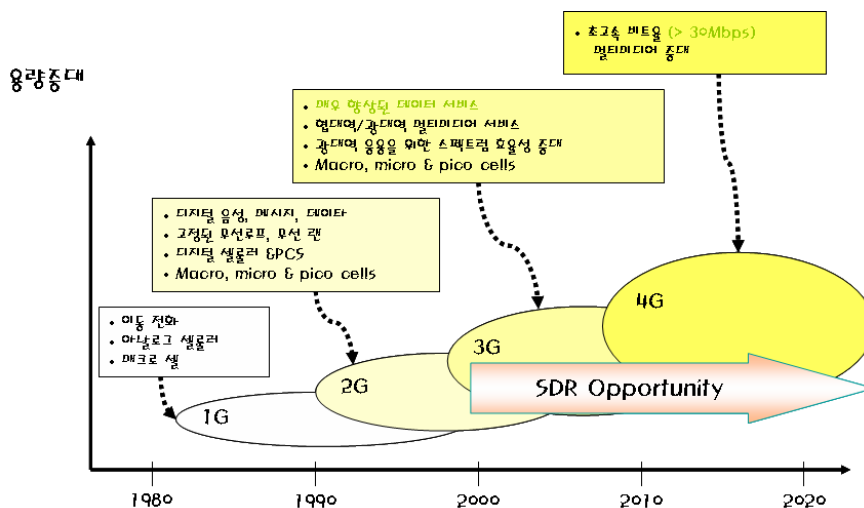


그림 7-11 SDR 기술의 전망

3. MIMO

3.1. 개 요

4세대 이동통신의 무선통신 시스템은 기존의 음성 위주 서비스에서 영상과 패킷의 초고속 데이터 서비스를 요구로 하고 있다. 이러한 초고속 멀티미디어 서비스는 현재 이용 중인 주파수의 단위 주파수당 데이터 전송속도(bit per Hz)를 극대화해야만 한다. 90년대 말부터 주파수 자원의 효율적인 사용을 위해 새로운 영역인 공간 영역을 활용한 연구가 진행되고 있다. 공간을 이용한 주파수 효율을 높이는 방식의 하나인 수신 다이버서티는 오래 전부터 나온 것이고 90년도 초반부터는 이것을 송신 안테나에도 적용하였다.

90년대 후반에 루슨트 벨연구소의 포시니에 의해 제안된 MIMO(Multi Input Multi Output) 방식은 산란체가 많은 채널 환경에서 각 전송 안테나마다 서로 독립적인 정보를 보내면 각 정보의 공간 특성이 서로 달라 같은 시간과 같은 주파수, 같은 코드상에 있어도 신호를 분리할 수 있다는 것이다. 즉, 여러 개의 송신 안테나를 통해 신호를 전송하면 각각의 안테나로부터 송신된 전파신호는 수신측에 각각 시간과 공간 위치가 달라 분리된 신호로 입력되고 따라서 분리된 신호를 별도로 처리하여 원래의 신호를 복원할 수 있으면 데이터 전송속도를 안테나 수에 비례하게 할 수 있다는 것이 MIMO 방식의 원리이다.

이 경우에도 수신 안테나는 다이버시티 획득을 위해 사용하며 공유 채널 잡음제거, 신호 대 잡음비(SNR) 이득 등의 효과를 볼 수 있다. 이렇게 다중 송·수신 안테나를 사용함으로써 단일 사용자에서 안테나 수에 비례하여 채널 용량을 늘릴 수 있다. 그 이후에 무선통신의 새롭게 확대된 공간 영역에 대한 적용으로 나온 것이 있다. 그 이후에 무선통신의 새롭게 확대된 공간 영역에 대한 적용으로 나온 것이 TA&T 연구소의 타록 등에 의한 시공간 코딩이다. 포시니의 연구에도 코딩이 들어가 있지만 이것은

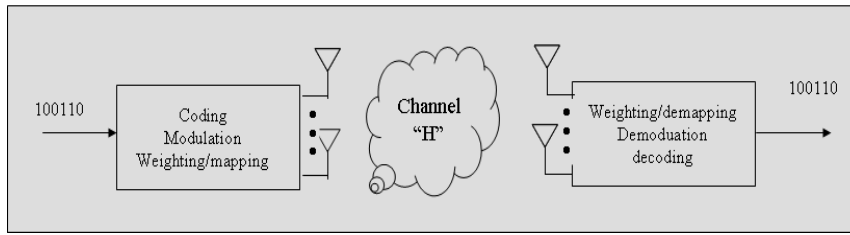


그림 7-12 MIMO 개념

간단한 공간 반복 코드였고, 알라무티의 2개의 안테나에서의 새로운 공간 영역에 많은 정보를 보내는 데에 초점을 맞추었다면 타록 등은 시공간 코드를 통해 많은 정보가 갈 수 있는 채널에 정보의 양은 고정시키는 대신 중복된 정보를 보내 다이버시티와 부호화 이득을 볼 수 있도록 기존의 시간 코드를 하나의 영역인 공간까지 포함하는 시공간 코드를 개척한 것이라 볼 수 있다.

3.2. MIMO 시스템의 구성

그림 7-12은 MIMO(Multiple Input multiple Output) 시스템의 전체적인 구성을 보여준다. 송·수신단이 각각 M, N개의 안테나를 포함한다. M개의 송신 안테나들로부터 각각 동일 시간에 동일 주파수를 사용하여 독립적인 심벌들을 전송하게 된다. 이렇게 송신된 신호들은 무선 채널상의 산란체들에 따라 공간적으로 다른 페이딩을 겪게 되며, 이는 동일 채널의 신호들을 비상관성(uncorrelation)을 갖게 한다.

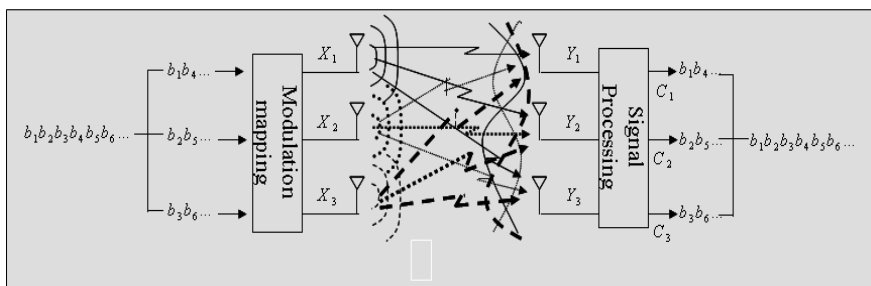


그림 7-13 MIMO 시스템 구성도

스마트 안테나 시스템이 안테나로 수신된 신호간의 상관성이 존재하는 특성을 이용하는 반면에, MIMO 시스템은 안테나로 수신된 신호간의 비상관성을 이용하는 것이다. 이러한 MIMO 특성은 데이터 전송속도를 비약적으로 높일 수 있게 된다.

이것을 안테나를 하나만 사용하는 경우, 스마트 안테나, MIMO 안테나를 사용하는 경우를 각각 Shannon의 채널 용량 방정식으로 나타내면 다음과 같다.

$$C = B \log_2(1 + S/N_{omni})$$

$$C_{beam} = B \log_2(1 + M^2 S/N_{omni}) \approx B 2 \log_2(MS/N_{omni})$$

$$C_{MIMO} = M B \log_2(1 + S/N_{omni}) \approx M B \log_2(S/N_{omni})$$

즉, 옴니 안테나를 사용하는 시스템과 비교하여 스마트 안테나는 $\log M$ 에 비례하고 MIMO는 M 에 비례한다. MIMO는 다중 채널 환경에서 다중경로 전파를 활용하는 것이므로 다중 채널이 많이 발생하는 도심과 같은 환경에서 유효하다. 그래서 실험적으로 도시의 환경에서는 안테나 수에 비례하여 데이터 전송속도가 증가하지만 들판 같이 다중경로 전파가 없는 경우에는 스마트 안테나와 차이가 없어지게 된다.

MIMO는 크게 전송 정보의 양을 늘리는 VBLAST(Vertical Bell Labs Layered Space-Time Architecture)와 같은 시공간 신호처리 기술과 전송 정보의 양보다는 전송 정보의 신뢰도를 높이기 위해 전송 다이버시티와 부호화 이득을 가지는 시공간 부호, 그리고 시공간 신호처리와 코딩을 결합하는 기술로 나눌 수 있다.

V-BLAST는 루슨트의 포시니가 제안한 방식으로서 독립적인 입력 정보를 각 안테나마다 전송하고 수신기는 OSIC(Ordered Successive Interference Canceller) 알고리즘을 이용하여 다중의 정보를 판별한다. 송신단에서 특별한 신호처리 과정없이 송신 정보가 병렬로 전송이 되며 수신단에서 ZF(Zero Forcing) 또는 MMSE(Minimum Mean Square Error) 방식을 반복적으로 사용하며 각 안테나의 송신 신호가 검출된다. V-BLAST의 장점은 간단한 송신 구조로 공간 영역의 특성을 이용하여 송신 안테나의 배수만큼 데이터 전송 정보의 양을 늘릴 수 있다는데 있다.

포시니가 새로운 공간 영역에 많은 정보를 보내는 것을 목표로 한 반면 타록은 새로운 공간 영역을 이용하여 다이버시티와 코딩 이득을 얻는 시공간 부호를 개발하였다. 시공간 부호는 크게 전송 다이버시티와 부호화 이득을 얻는 STTC(Space-Time Trellis Code)가 있다. STBC는 코딩 이득은 없지만 최적의 다이버시티 이득을 얻으며 STTC에 비해 간단한 복호화 구조를 가진다. STBC는 송신단에서 입력 정보를 공간 직교성을 갖는 부호를 사용하여 부호화시켜 안테나 별로 매핑을 시켜 전송한다. 수신단에서는 각 안테나에서 받은 신호를 선형 컴바이닝을 하고 간단한 ML(Maximum Likelihood) 방식을 사용하여 복호한다. 시공간 부호는 주파수 공간부호(SFC : Space Frequency Code)에 대한 적용을 하고 있으며 채널의 coherence time의 작은 환경에서는 SFC가 STC보다 좋은 성능을 보이고 있다.

3.3. 4세대 이동통신에서 MIMO 기술의 활용

세대 이동통신 시스템에서 MIMO를 적용하는 데 가장 큰 문제점은 기지국에서는 송·수신 안테나의 증가에 따른 RF 장비, 케이블 등의 증가이며 단말기에서는 크기, 전력, 비용이 주요 고려 요소로서 제한된 공간에서 낮은 correlation을 갖는 안테나 설계, 실제로 존재하는 다양한 전파 환경에서의 좋은 성능, 단말기 내의 장비간 전파간섭을 극복하는 것이 매우 중요하다. 또한 안테나 설계에서 MIMO 전파 채널 모델링을 최적화하는 것이 중요하다. 이를 위해 COST 259, COST 273 프로젝트가 진행 중이다.

4세대 이동통신에 MIMO 기술을 적용하기 위해서는 계속해서 연구해야 될 과제가 남아 있다. 첫째는 시스템의 성능이 다양한 MIMO 채널환경(매크로, 마이크로, 피코 환경)에 따라 달라지기 때문에 이에 따른 각각의 환경에 적합한 모델링이 필요하다. 즉, 실제 MIMO 채널의 측정과 적절한 모델링을 통해 MIMO 시스템이 실제로 이론적인 정보의 증가를 주는지에 대한 연구가 필요한 것이다. 둘째, MIMO 시스템이 실제로 잘 적용되기 위해서는 채널 상황에 따른 적절한 변조 방식, 전력등과 같은 무선 자원의 이용, 부호화에 대한 연구가 필요하다. 또한 시간적인 변화에 따라 채널

환경이 변할 수 있기 때문에 MIMO 시스템은 시변적인 채널 상황에 따라 보내는 정보의 양을 적응적으로 조절하는 것이 성능을 향상시킬 것이다. MIMO가 적응적으로 변하기 위해서는 FDD(Frequency Division Duplexing) 시스템의 경우에 피드백 정보가 있어야 하는데, 피드백 정보가 크면 반대 채널의 용량의 감소를 일으키고 복잡도를 증가시키므로 적절한 피드백 정보가 무엇이며 그에 따라 어떻게 운용하는가에 대한 연구가 필요하다. 셋째, 각 셀마다 안테나 구조가 다르다면 각 셀은 안테나 구조에 따라 보낼 수 있는 전송 소도 등이 다르기 때문에 핸드오프나 기타 상황에 맞는 연구가 필요하고 단말기 측면에서는 다양한 단말기에 적합한 안테나 설계가 필요하다. 넷째, MIMO에 의한 구현된 데이터 전송 속도와 동일한 데이터를 1개의 안테나로 보내면서 높은 변조율로 구현할 때의 성능을 비교할 필요가 있다.

4. OFDM

4.1. 개 요

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 원리는 1966년에 이미 제시되었으나 최근에 통신 분야에서 활용도가 높아지고 있다. 과거 이동통신 분야는 CDMA 기술을 이용하여 데이터 전송속도를 아날로그에 비해 수백 배 이상 높이면서 멀티미디어 이동통신을 즐길 수 있게 하였다. 하지만 자유로운 영상 서비스를 즐기기 위해서는 3세대 이동통신 분야보다 다시 수십 배 빠른 100Mbps까지 데이터 속도를 높일 필요성이 생겼다.

기존의 CDMA는 1초에 수백만 번 이상의 비트를 하나의 주파수에 전송하기 때문에 더 이상 속도를 높이는 데 한계를 보이고 있다. 왜냐하면 비트수가 높아지면 비트의 시간이 짧아지고 외부 잡음 등에 의해 정보를 잃을 가능성이 높아지기 때문이다. 그래서 데이터를 여러 주파수로 나누어 데이터를 보내는 OFDM 방식이 4세대 핵심기술의 하나로 부각되었다. CDMA와 같이 1개의 반송파로 넓은 대역폭을 갖는 신호 대신에 각각 직교성(orthogonality)을 갖는 여러 주파수에 데이터를 나누어 전송함으로써 더욱 짧은 시간의 비트를 만들어야 하는 어려움도 해결하고 잡음에 대한 저항력도 커질 것으로 보였다. 잡음에 의해 일부 주파수가 영향을 받아도 나머지의 주파수로 다른 주파수로 보내진 데이터는 안전하기 때문이다.

OFDM 기술은 이미 1990년대 초부터 ADSL, 무선 LAN, DTV 등 고속의 데이터 전송이 필요한 분야에 활용되고 있다.

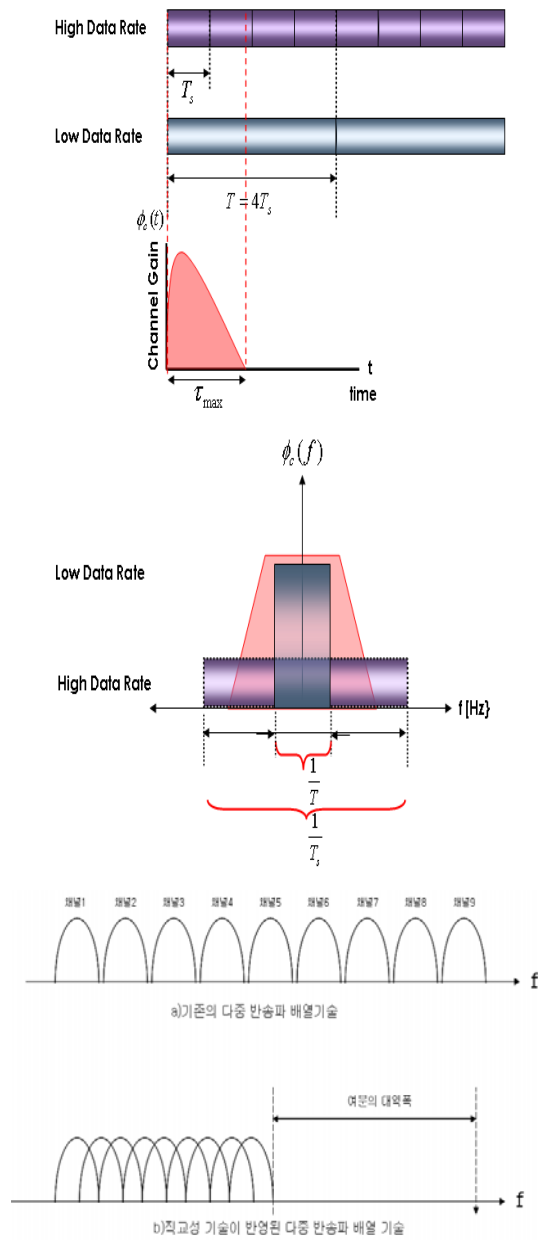


그림 7-14 OFDM 개념

일반적으로 여러 개의 주파수를 사용하여 데이터를 전송하면 각 주파수간에 가드밴드가 필요하다. 하지만 OFDM은 주파수간 직교성을 주어 가드밴드가 필요하지 않게 함으로써 주파수의 효율성을 높인 통신방식이다. 그림 7-14에서 OFDM의 기본 개념을 이해할 수 있다. 예를 들어, 보내고자 하는 데이터가 1000비트일 때 10개의 블록으로 나누면 100개의 비트가 된다. 즉, 1000비트를 100개 비트씩 10블록으로 나누어 각각 다른 주파수로 송신하면 주파수폭은 동일하지만 비트의 폭이 넓어지게 되는데 더 많은 주파수를 이용하면 데이터 전송속도를 더욱 높일 수 있는 여지를 갖게 되는 것을 알 수 있다. 여러 주파수로 나누어져 보내진 데이터는 합쳐져서 송신되고 수신시에 각 주파수별로 데이터를 찾아 다시 합침으로써 원래의 데이터를 알 수 있다.

추가적으로 일반적인 주파수 멀티플렉싱(FDM)과 다른 점은 주파수간 직교성을 갖도록 겹쳐 사용함으로써 주파수 효율을 극대화하였다는 것이다. 그림에서 OFDM 적용시의 전송 스펙트럼을 보면 하나의 주파수 정점에서 다른 주파수의 성분이 0이 됨을 알 수 있다. 이 방식에서는 완전한 천이특성을 갖는 필터를 사용하여 대역 제한시키며 대역폭 효율 감소와 채널 왜곡을 방지하기 위해 인접 대역을 직교적으로 중첩시켰다. 이 그림에서 병렬화된 N개의 M-ary 데이터 심벌들은 해당 반송파에 의해 변조되고 그 결과가 더해져 하나의 OFDM 심벌을 구성하게 되며 최종적으로 RF단에 입력되어 채널로 전송된다. 다중경로 채널을 통해 수신된 신호는 기저대역으로 변환된 후 복조 과정이 수행되는데, 이때 송신 데이터를 정확히 복조하기 위해서는 모든 부반송파가 상호 직교해야 한다. 각 서브 채널로 전송되는 신호는 시간영역에서 심벌주기 길이의 구형과 윈도우를 곱한 형태이므로 각 서브채널에서의 스펙트럼은 sinc 함수로 표현된다. 따라서 인접 부반송파의 간격을 심벌주기 역수의 정수배로 설정하면 모든 부반송파 사이의 직교조건이 만족되어 수신단에서 왜곡 없이 복조할 수 있다.

이러한 OFDM의 개념은 기본적으로 1개의 반송주파수를 이용하는 CDMA 이동통신 시스템의 전송 속도의 한계를 극복하기 위해 나타난 기술로 주파수 대역폭만 넓으면 지금의 IMT-2000 시스템 보다 훨씬 높은 전송속도를 만들어 낼 수 있는 기술로 주목받고 있다. 따라서 고속의 데이터를 구현하여야 하는 4세대 이동통신의 핵심기술로 검토되고 있다.

4.2. OFDM 시스템의 구성

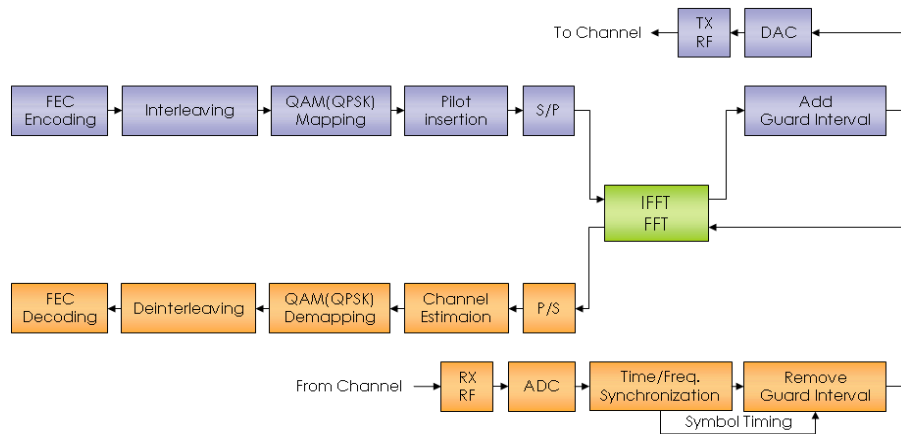


그림 7-15 OFDM 시스템 구성도

디지털 기술의 발달로 OFDM 신호를 고속의 디지털 신호로 처리할 수 있게 되면서 OFDM 시스템의 성능 및 이용이 비약적으로 발전하였다. 그림 7-15는 아날로그 방식의 OFDM 시스템을 디지털 방식으로 구현한 것이다. 즉, IFFT(Inverse Fourier Transform)와 FFT(Fast Fourier Transform) 등의 디지털 신호처리로 신호처리 속도에 따라 데이터 전송속도도 크게 증가할 수 있게 되었음을 의미한다.

그림에서 입력 데이터의 비트스트림은 디지털 형태로 변조되고 여러 개의 블록으로 나누어진다. 그리고 IFFT로 신호가 처리되어 디지털 신호이지만 주파수 영역에서 시간 영역으로 바뀐 디지털 신호가 된다. 이 디지털 신호들은 각각 다른 주파수 신호 성분을 갖고 있는데 이 신호들이 합쳐져서 무선채널로 송신된다. 무선채널에서 수신된 OFDM 신호는 각 주파수 성분으로 나뉘고 FFT에 의해 다시 주파수영역의 변조된 디지털 신호로 바뀐다. 이 신호는 DEMUX 과정을 거쳐 복조되면서 원래의 신호로 돌아오게 된다.

4.3. OFDM 기술의 특징

4.3.1. 다중 채널 환경과 심벌 간섭

대부분의 이동통신 시스템은 다중경로 채널 전파 환경을 갖는다. 따라서 OFDM 신호도 여러 장애물에 의해 다중경로 채널을 갖게 되는데 이에 따른 전파전달시간이 지연된다. OFDM은 데이터를 심벌 단위로 전송하는데 OFDM 심벌은 공간을 전파하면서 이전에 전송된 심벌로부터 영향을 받게 된다. 이것을 심벌간 간섭(ISI : Inter Symbol Interference)이라고 하며, 이러한 ISI를 방지하기 위해 연속된 OFDM 심벌 사이에 채널의 최대전달지연 시간보다 긴 보호구간(guard interval)을 두어 신호를 전송하지 않는다. OFDM 심벌주기는 실제 데이터가 전송되는 심벌주기와 보호구간의 합이 되며, 수신단에서는 보호구간을 제거한 후 유효 심벌주기 동안의 데이터를 취하여 복조를 수행한다. 하지만 상기 방법은 심벌간 간섭을 제거할 수 있을 뿐이고 약간의 시간 지연을 갖고 들어오는 자신의 신호끼리 간섭이 발생하는 내부 심벌간 간섭을 제거하는 것은 어렵다. 그래서 내부 심벌간 간섭에 의한 직교성의 파괴를 방지하기 위해 유효 심벌 구간에서 마지막 구간의 신호를 복사하여 삽입하게 되는데, 이것을 Cyclic Prefix(CP)라 한다. 이것은 심벌에 주기성을 주어 수신단에서 직교성을 갖고 신호를 복원할 수 있도록 도와준다. CP의 삽입으로 대역폭 효율은 감소하게 되며, 유효 심벌구간의 신호 대 잡음비 손실이 발생한다.

OFDM 방식의 주파수 스펙트럼은 각 부반송파가 갖는 sinc 함수의 합으로 나타나기 때문에 인접 부반송파의 간격이 $1/T$ 의 정수배가 되면 직교성이 유지되지만 sinc 파형은 roll-off 특성이 좋지 못하여 인접 채널에 영향을 주는 인접채널간 간섭(adjacent channel interference)을 발생시킨다. 따라서 전송 대역 밖에 스펙트럼이 상당 부분 존재하여 인접 채널간 간섭을 발생시킬 수 있음을 알 수 있다. 인접채널간 간섭을 감소시키기 위해서는 대역 제한 필터를 사용하여 대역 밖의 스펙트럼을 제거시키거나 시간 영역에서 올림형 코사인 윈도우(raised cosine window)와 같은 윈도우를 사용하여 대역 밖 스펙트럼의 크기를 감소시킬 수 있다. 이외에도 전송대역의 양쪽 끝부분의 서브채널을 사용하지 않는 가상 반송파(virtual carrier) 방식을 사용할 수 있다.

4.3.2. 채널 등화와 추정기법

Coherent 방식의 OFDM에서는 채널의 왜곡을 보상하기 위하여 등화(equalization)를 수행하여야 한다. OFDM 방식에서는 각 서브채널이 전체적으로 페이딩에 영향을 받아 채널특성을 단순화할 수 있으므로 각 서브채널에서 등화기는 단일탭 형태로 가능하다. 이때 채널 추정은 LS(Least Square) 또는 MMSE(Minimum Mean Square Error)방법을 사용한다. OFDM 방식에서의 채널추정은 채널추정에 사용하는 데이터의 종류에 따라 크게 파일럿 심벌 기반(PSA : Pilot-Symbol-Aided) 채널추정기법과 결정지향(DD : Decision-directed) 채널추정기법으로 구분할 수 있다.

PSA 기법은 고속 페이딩 채널에 적합하며, 이때 파일럿은 채널의 coherence 대역폭, coherence 시간, 파일럿 톤의 사용에 따른 대역폭 효율 감소 등을 고려하여 배치한다. DD 기법은 검출 데이터를 이용하여 다음 심벌주기의 채널을 추정하므로 고정 또는 시간 상관성이 큰 저속 페이딩 채널에 적합하다.

4.3.3. Code OFDM(COFDM)

OFDM 방식은 어느 한 서브채널에 집중적인 에러를 방지하고 수신할 때 정확한 데이터를 결정할 수 있는 능력을 높이기 위해 인터리빙(interleaving)과 채널 부호화를 IFFT 이전에 수행한다. 이것은 특정 서브채널의 감쇠가 심한 경우에 수신 SNR이 낮아 그 서브채널로 전송된 데이터의 오류확률이 집중적으로 증가하는 것을 막기 위한 것이다. OFDM 방식에서 적용하는 채널 부호화 방식으로는 블록 부호(block code)와 콘볼루셔널 부호(convolutional code)가 주로 사용되며, 대역폭 효율을 향상시킨 트렐리스 부호(trellis code), 2개의 서로 다른 부호를 결합하여 사용하는 convatenated 부호, 터보부호와 마찬가지로 반복 복호를 사용하는 LDPC(Low Density Parity Check) 부호를 사용하기도 하는데, 특히 LDPC는 Shannon limit의 0.1dB 이내의 성능을 달성할 수 있다. 또한 병렬처리로 연립오류(burst error)발생에 의한 오류정정 성능의 저하를 방지하기 위해 인터리빙을 함께 사용하는데, 인터리빙의 종류와 크기는 사용하는 오류정정 부호와 채널의 주파수와 시간의 페이딩 정도, 그리고 인터리빙에 따른 지연을 모두 고려해서 결정한다.

4.3.4. 다중접속(multiple access)

방송용이 아닌 셀룰러 이동통신, 무선 ATM, 무선 LAN 등에 OFDM 전송방식을 사용하는 경우에는 단일 반송파 전송방식과 마찬가지로 다수의 사용자를 위한 다중 액세스 방식이 필요하다. 대표적 방식으로는 TDMA, FDMA, CDMA가 있으며 OFDM과 다중 액세스 방식을 결합하여 사용한다. OFDM-TDMA의 경우에는 N개의 서브채널로 구성된 전체 대역을 각 사용자가 할당된 시간동안 N개의 서브채널을 모두 사용한다. OFDM-FDMA(OFDMA)는 시간에 제한받지 않고 전체 서브채널을 사용자가 요구하는 트래픽에 따라 동적으로 할당한다. OFDM-CDMA는 각 사용자가 고유의 확산부호를 사용하여 모든 시간과 서브채널을 이용하는데, 확산방식에 따라 MC-CDMA, MC-DS-CDMA, MT-CDMA로 구분할 수 있다. DS-CDMA는 송신 데이터를 확산 부호를 사용하여 시간영역에서 확산시키는 방식이나, MC-CDMA는 송신 데이터를 모든 서브채널에 복사한 후, 확산부호를 사용하여 주파수영역에서 확산시키는 방식으로 볼 수 있다. 따라서 DS-CDMA 방식은 시간영역에서 다중경로에 의하여 수신되는 신호의 일부만을 Rake 수신기를 사용, 결합하여 사용하는 반면, MC-CDMA 방식은 주파수영역에 분포되어 있는 모든 수신 에너지를 결합하여 사용할 수 있는 장점이 있다.

그러나 MC-CDMA 신호 스펙트럼의 대역폭은 DS-CDMA 신호 스펙트럼의 대역폭과 거의 동일하기 때문에 대역폭 효율면에서는 이득이 없다. MT-CDMA 방식은 직/병렬 변환된 데이터를 확산부호를 사용하여 시간영역에서 확산시키는 방식이며, 이 방식에서는 각 서브채널마다 시간영역으로의 확산이 이루어지므로 확산 전 각 서브채널의 스펙트럼은 직교성이 유지되나, 확산 후 서브채널의 스펙트럼은 직교성을 만족시키지 못한다. 이와 같이 MT-CDMA 방식은 서브채널간 조밀한 스펙트럼 overlap을 갖기 때문에 대역폭 효율은 MC-CDMA에 비해 높으나, 서브채널간 간섭 등의 영향으로 성능이 크게 열화되는 단점이 있다.

4.3.5. OFDM의 여러 가지 파라미터 선정

OFDM을 통신 시스템에 적용하기 위해서는 파라미터의 바람직한 선정이 매우 중요하다. 우선 가장 중요한 것은 보호구간을 얼마로 하는가이다. 일반적으로 멀티환경에

의한 전파 지연시간의 평균시간(ms)보다 4배 정도로 설정한다. 또한 보호구간에 CP를 삽입할 경우 신호 대 잡음비 손실이 1% 이하가 되도록 결정한다. 둘째, 심벌의 길이로 얼마로 하는가이다. 이것은 첫 번째 정의한 보호구간의 다섯 배로 선정하는 것이 일반적이다. 보호구간에 의하여 발생하는 SNR의 손실을 최소화하기 위해서는 심벌구간을 매우 크게 하는 것이 바람직하나 이 경우 좁은 간격을 갖는 많은 수의 반송파가 사용되므로 구현이 복잡해지고 위상잡음과 주파수 오프셋에 민감해지며 PAR가 증가하므로 임의로 길게 할 수 없다. 셋째, 심벌구간 내의 부주파수간 간격은 얼마로 할 것인가가 남는다. 이것은 부반송파간 직교조건을 만족시키기 위하여 유효 심벌주기의 역수가 되도록 선정한다. 이 경우 부반송파수는 대역폭을 부반송파 간격으로 나눈 값으로 주어지며, 요구되는 전송률, 부호율, 인법 채널간 간섭을 고려하여 가상 반송파의 수를 결정한다. 부반송파의 간격은 추가적으로 발진기, 이동성에 따른 도플러 효과의 영향을 고려하여 설정하되 트래킹이 완료된 후 반송파 주파수 오프셋의 영향을 받지 않기 위해서는 최대 허용 주파수 오프셋이 부반송파 간격이 1% 미만이 되어야 한다. 넷째, 유효 심벌주기(IFFT FFT)와 심벌주기 내의 샘플 수가 정수가 되도록 위의 파라미터를 조정하여야 한다.

4.4. OFDM 기술의 문제점

OFDM 방식은 데이터 전송속도를 높이는 데 매우 우수한 기술적 특징을 가지고 있지만 앞으로 4세대 이동통신에서 해결하여야 할 다음과 같은 2가지 문제점이 있다.

첫째는 이동 환경에서 발생 환경이 더욱 높아지는 동기 문제이다. OFDM은 다수의 직교 반송파를 사용하는 것을 원칙으로 한다. 그렇다면 실제적인 시스템에서 여러 가지 이유 때문에 부반송파 사이의 직교성이 파괴되는 경우에는 정확한 신호전송에 문제가 있음을 예상할 수 있다. 즉, 간섭이 증가하고 에러율이 높아지는 현상이 나타난다. OFDM 방식에서 직교성이 파괴되는 원인은 주파수 동기가 이루어지지 않는 경우, 위상 동기가 이루어지지 않는 경우, 심벌의 동기가 이루어지지 않는 경우(FFT point 위치변경), 샘플링의 속도가 맞지 않는 경우 등에 의해 일어난다. 주파수 및 위상 동기의 불일치는 결국 자기신호의 성분만을 복원하지 못하고 인접한 주파수의 성분도 복원하거나 자기 신호를 충분히 복원하지 못해 간섭이 높아지고 에러율이 증가된다. 심벌의

동기가 이루어지지 않는 경우는 심벌 자신의 신호 가운데 일부 샘플이 다른 심벌로 넘어가 심각한 에러를 발생시킬 수 있다. 이러한 OFDM 신호의 동기화를 위하여 응용분야에 따라 주파수영역에서 파일럿 톤 또는 반복 심벌을 이용하는 방식이나, 시간영역에서 CP를 이용하는 방식 등이 사용되고 있다. 그리고 추가적으로 샘플링의 속도가 맞지 않으면 주파수간 간섭이 커지거나 자기신호간 간섭이 커지는 현상이 발생하므로 샘플링 속도를 맞추는 것도 매우 중요하다. 그런데 Mobile Access에서 고속의 이동시 송·수신기의 상대적 이동으로 인해 발생하는 OFDM 심벌주기 변화로 수신단에서 각 부반송파의 직교성이 파괴되어 채널간 간섭이 발생하게 되어 채널간 간섭이 증가하면, 이 경우에는 단일탐 등화기로 보상이 어렵기 때문에 시스템의 성능 저하가 발생된다. 이의 보상을 위해서는 이동성에 따른 채널간 간섭의 양을 추정하여 주파수 영역에서 이를 보상하는 기법 등이 사용될 수 있다.

둘째, 많은 부주파수를 IFFT에 의해 시간 영역으로 신호를 합성하였을 때 시간에 따른 전력 분포는 레일레이 분포로 가짐으로써 OFDM 심벌의 시간영역 신호는 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)이 단일반송파 방식보다 크게 나타난다. 그래서 고출력 증폭기를 단일반송파 방식과 동일한 효율로 사용할 경우 비선형 왜곡에 의한 채널간 간섭 및 인접채널간 간섭이 OFDM 방식에서 보다 크게 발생하게 된다. 이러한 PAPR에 의한 비선형 왜곡 감쇄를 위하여 부호화 기법, 사전왜곡기법 등 PAPR을 낮추거나 증폭기의 전력을 낮추어 선형성을 유지하는 방법을 사용한다. 4세대 이동통신에서 증폭기의 전력을 낮추는 방법은 제한된 전력을 가지고 있는 단말기의 사용시간을 제약하므로 앞으로 해결하여야 할 과제이다.

4.5. 4세대 이동통신에서 OFDM의 활용

4.5.1. 개 요

4세대 이동통신 시스템 개발에 가장 중요한 것은 높은 전송속도를 갖는 통신 기술을 개발하는 것이다. IMT-2000에서 핵심 기술로 이용되고 있는 CDMA는 현재 5~8Mbps 정도의 속도를 제공하고 있으나 더욱 속도를 올리는 데에는 기술의 한계가 있다. 그래서 새로운 대안으로 OFDM이 나타나고 있는데 이유는 다음과 같다.

첫째, 높은 주파수 효율과 전송용량

둘째, CDMA 시스템과 비교하여 간섭 요인 억제

셋째, QAM 방식의 변조 방식을 사용해도 성능 저하가 없음

넷째, 심벌간 보호구간으로 다중경로 페이딩에 강함

다섯째, 채널 등화를 주파수 영역에서 1-tap으로 간단히 구현 가능

여섯째, 주파수 선택적 페이딩 환경으로 서브채널별로 적응 변조 방식을 사용하는 데 유리

일곱째, 기존의 방송, WLAN, BWA 등에서 이미 사용하므로 4세대 이동통신 시스템과 융합에서 단말기 개발에 유리

4.5.2. 다중 액세스 방식

4세대 이동통신에서는 초고속 데이터를 전송해야 하는 기술의 적용이 무엇보다도 중요한데 광대역의 OFDM을 이용할 경우 동적채널 할당 기법과 결합함으로써 매우 높은 주파수 효율을 얻을 수 있다. IMT-2000까지 사용하였던 CDMA는 모든 채널을 동시에 사용하는 고정채널 할당 방식으로 간섭을 평균화함으로써 기지국에 가까이 있는 단말기가 다른 단말기에 영향을 받지 않는 방식이었다면 OFDM은 동적채널 할당 방식으로 간섭을 완전히 피함으로써 신호 대 간섭비를 더욱 높여 2~3배의 용량을 높이는 방식이다. 이러한 동적 채널 할당의 장점을 극대화하기 위해서는 광범위한 신호 측정과 빠른 채널 재할당이 이루어져야 하는데 OFDM은 이러한 요구사항을 시간과 주파수축에서 직교하는 서브채널을 잘 정의하여 간섭신호와 경로손실을 빠르게 측정함으로써 구현할 수 있게 되었다.

다중접속 방식의 특징을 비교하면 다음과 같다. 기지국에서 단말기로 송신할 경우 OFDM-TDMA 방식은 각 사용자마다 전체의 대역폭이 주어지므로 사용자가 요구하는 전송속도에 따라 각 프레임 내에서 할당되는 OFDM 심벌의 수를 변화시키면서 할당한다. 이 방식에서는 각 사용자마다 데이터를 수신하기 전에 프리앰블을 사용하여 초기화를 하여야 하므로 전송효율이 감소하게 된다. OFDMA는 각 사용자에게 요구하는 전송속도에 따라 부반송파의 개수를 다르게 할당함으로써 자원 분배를 효율적으로 할 수 있다. 이 방식은 서브주파수의 개수가 많을 경우 주파수마다 채널상황이 다르기 때문에 서브채널의 SNR에 따라 다른 변조 방식을 사용하여 채널 용량을 최적화할 수 있

다. 따라서 큰 크기의 FFT를 사용할 경우 OFDMA 방식이 유리하다. 하지만 단말기에 서 기지국으로 송신할 경우 각 단말기마다 전송지연, 도플러 주파수 등이 달라 별도의 기술이 추가되어야 하므로 데이터 속도가 높지 않은 단말기 송신에서는 OFDM-TDMA가 상대적으로 적용이 용이하다.

4.5.3. 고속이동 환경에서 동기화

OFDM은 단일 반송파에 비해 주파수 및 시간 오차에 영향을 많이 받는다. 특히 4세대 이동통신에서는 고속 이동에 따른 주파수 및 시간 동기 오차가 커질 가능성이 높으므로 이에 대한 대응이 필요하다. 이동시 초기 동기화된 상태가 유지되기 힘들므로 동기를 유지하기 위한 추적이 지속적으로 필요한데 CP와 파일럿 톤을 사용하여 심벌오프셋, 주파수 오프셋, 채널 추정 등을 계속 추적한다. 특히 OFDMA 또는 MC-CDMA 기법을 이동통신의 상향링크에 적용하려면 각 단말기의 위치, 속도, 발진 주파수가 모두 달라 기지국에서 이 신호를 받아 함께 복조하기 위해서 이 값에 대한 정확한 추정이 사전에 필요하다.

4.5.4. PAPR의 감소

많은 서브 주파수에 의해 발생하는 PAPR의 해소 방안이 중요하다. 특히 높은 PAPR은 선형 증폭기 사용으로 상향 링크에서 단말기의 과다한 전력 사용으로 상향링크의 구성을 어렵게 한다. 따라서 4세대 이동통신 기술에 OFDM을 이용하기 위해서는 PAPR을 낮추기 위한 기술 적용이 요구되고 있다. PAPR을 낮추는 기술로는 OFDM 신호를 피크에서 비선형적으로 왜곡시켜 피크 크기를 낮추는 신호왜곡기법 큰 PAPR을 갖는 OFDM 신호를 제외시킨 FEC을 이용한 부호화 기법, 서로 다른 여러 개의 스크램블링 시퀀스로 OFDM 신호를 스크램블링한 후 PAPR이 가장 낮은 심벌을 선택하는 스크램블 방식, 특정한 서브채널을 이용하여 PAPR을 감소시키는 Tone Injection 방식, 전송 신호의 PAPR을 단순한 클리핑으로 감소시킨 후 수신단에서 검출된 데이터 심벌을 이용하여 보상하는 Decision-Aide Reconstruction 기법, PAPR을 감소하지 않고 고출력 증폭기에서 왜곡되는 비선형왜곡을 사전에 왜곡시키는 사전왜곡 방식 등이 있다.

4.5.5. 채널 적응 변조 기술

4세대 이동통신에서 고속 이동 환경에 따라 채널 변화가 매우 크다. 이러한 채널 변화가 큰 상황에서 전송속도를 최대한 높일 수 있는 방법은 채널 조건이 좋아지면 높은 변조율을 이용하고 채널 조건이 나쁘면 낮은 변조율을 이용하는 적응 변조 기술이 매우 중요하다. 기존 이동통신 시스템인 CDMA는 시간에 따른 채널 환경 변화에 따라 변조와 코딩율을 바꾸었지만 4세대 이동통신에서 검토되는 OFDM은 주파수로 확장한 것이고 앞에서 설명한 MIMO에서 공간 영역으로 확대하게 된다. 4세대 이동통신은 고속 데이터 전송을 위해 광대역을 사용하므로 주파수별로 신호처리가 가능해져 서브채널별로 동일한 변조 방식을 적용할 필요가 없게 된다. 따라서 주어진 서브채널의 SNR 상황에 따라 최적의 변조 방식을 사용할 경우 주어진 채널의 용량을 극대화할 수 있다. 하지만 서브 채널마다 최적의 변조 방식을 사용하기 위해서는 송신단에서 채널에 대한 많은 정보가 필요하기 때문에 피드백 신호를 통해 많은 시그널링 오버헤드와 계산량이 요구된다.

5. UWB

5.1. 개 요

UWB(Ultra Wide Band) 통신방식은 기존 무선통신이 수십 kHz에서 수 MHz까지의 대역폭을 갖는 반면 수백 MHz 이상 초광대역으로 신호를 확산시켜 통신하는 방식을 말한다. 초광대역으로 신호를 확산시킴에 따라 단위 Hz당 전력밀도는 현저하게 낮아지기 때문에 타 시스템에 전파간섭을 주지 않고 주파수를 상호 공유할 수 있는 획기적인 개념이다. UWB는 미국 국방부가 군사적 목적으로 개발한 무선기술이다. 이 기술은 무선 데이터 전송을 위해 수 GHz대의 초광대역을 사용할 수 있을 뿐만 아니라 500Mbps~1Gbps의 초고속 전송속도를 자랑한다. 또한 빠른 전송속도에도 불구하고 전력소모량은 휴대폰과 무선랜(WLAN) 제품이 필요로 하는 전력량의 100분의 1 수준밖에 되지 않는다는 장점을 갖고 있다.

FCC는 당초 이 기술이 군사적 목적으로 개발됐을 뿐만 아니라 사용주파수 대역이 넓어 다른 GPS나 이동통신 네트워크 등과 충돌 현상을 일으킬 수 있다는 점 때문에

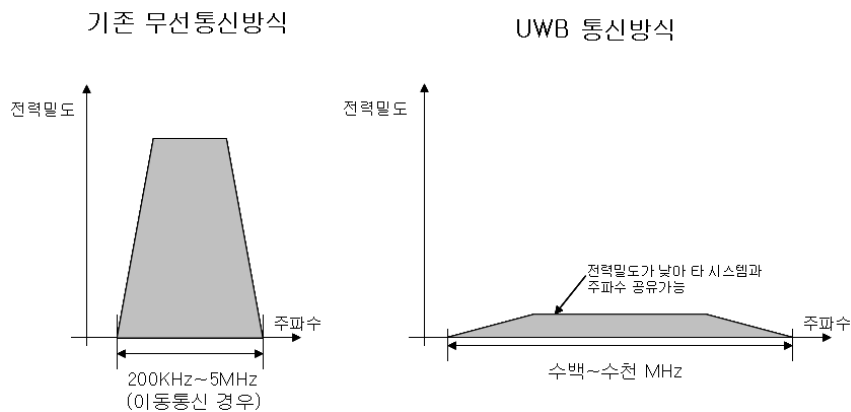


그림 7-16 기존 무선통신과 UWB 방식의 비교

상업적 이용을 금지해왔다. 하지만 주파수대역이 광대역이면서도 고속으로 데이터를 전송할 수 있는 UWB의 특성 때문에 주파수 부족현상을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 미국 군사 연구소들과 관련 업체들이 UWB 원천 기술을 대부분 소유하고 있어 무선통신 시장에서 미국의 입지를 더욱 확대할 수 있다는 것 때문에 FCC는 2003년 2월 이 기술의 상업적 이용을 허용하기에 이르렀다.

5.2. UWB 기술의 장점

수신기 입장에서 보면, 광대역으로 분포된 에너지를 수신하여 신호를 검출하므로 협대역 통신신호에 의한 간섭에 대하여는 그 내성이 매우 좋으며, 신호의 펄스폭이 매우 좁기 때문에 다중전파경로에 의한 신호의 퍼짐 현상이나 신호의 중첩 현상을 피할 수 있다.

그리고 UWB 신호의 전력밀도가 매우 낮기 때문에 기존의 협대역 통신 시스템에게는 잡음으로 나타나므로 보안통신에도 적합하다고 할 수 있으며, 광대역으로 분포된 에너지로부터 해당신호를 추출하기 때문에 매우 높은 처리이득을 갖는다.

펄스 신호를 무변조로 발사하므로 반송파 발진기가 필요 없고, 고출력 통신을 행하지 않을 경우에는 선형증폭기도 필요 없으며, 중간주파수단(IF)도 사용하지 않으므로 시스템이 간단하다.

5.3. UWB 기술의 단점

대부분 펄스위치 변조방식을 사용하는 것이 고려되고 있기 때문에 송·수신에 매우 정확한 시간동기가 요구되며, 매우 넓은 대역에 걸쳐 신호가 분산되므로 타 통신에 간섭을 줄 수 있다. 또한 평균 전력은 작아도 피크 전력이 커서 임펄스적 전자파 유기등으로 인해 다른 장비에 간섭 또는 장애를 일으킬 수 있으며, 광대역 주파수 특성이 우수한 특수 안테나를 사용하여야 한다는 단점이 있다.

5.4. UWB 기술의 응용 분야

UWB의 응용은 이동통신을 비롯해 ITS, 영상 검침 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.

- 고속 근거리 무선접속망(무선 LAN과 같은 고속 데이터 전송 시스템)
- 보안용 이동체 추적 시스템(전파 울타리, 접근경보기 등)
- 의료용 검침기(심장박동률, 호흡수, 기타 건강진단 검침 등)
- 자동차용 센서(지능형 고속도로 응용, 충돌방지 시스템, 원격 출입통제기 등)
- 생산 및 공업용 로봇 제어
- RF 인증 및 추적 시스템(ID 카드, 면허증, 자산관리태그 등)
- 지표침투레이더(광물매장량, 고고학적 유적지, 또는 도로상의 균열 조사)
- 건축물 영상 검사장치(건설 및 건축 개보수작업의 안전도를 높일 수 있음)
- 매몰자 영상 탐지 레이더(인질, 건물붕괴, 재난 현장에서의 매몰자 탐지)
- 유체 수위 감지기

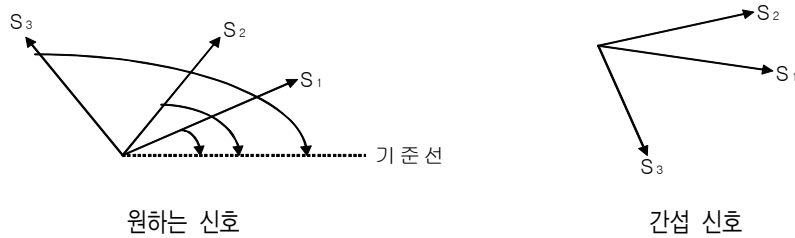
5.5. UWB 기술개발 현황

업계에선 UWB 기술의 채택을 확산하기 위해 이미 지난 98년 UWBWG(Ultra-Wideband Working Group)를 설립했다. 현재 이 단체에는 미국 내 대학연구소들과 제조업체들뿐만 아니라 해외 제조업체까지 포함, 약 540개 회원사가 활발한 활동을 펼치고 있다. 특히 유럽에서도 독일의 로버트 보쉬와 지멘스 AG 등 업체도 UWB 기반 차량용 충돌방지 레이더와 초고속 무선랜 시스템 개발을 진행하고 있는 등 향후 이 지역에서도 많은 업체들이 UWB의 상용화에 적극 동참할 것으로 예상된다.

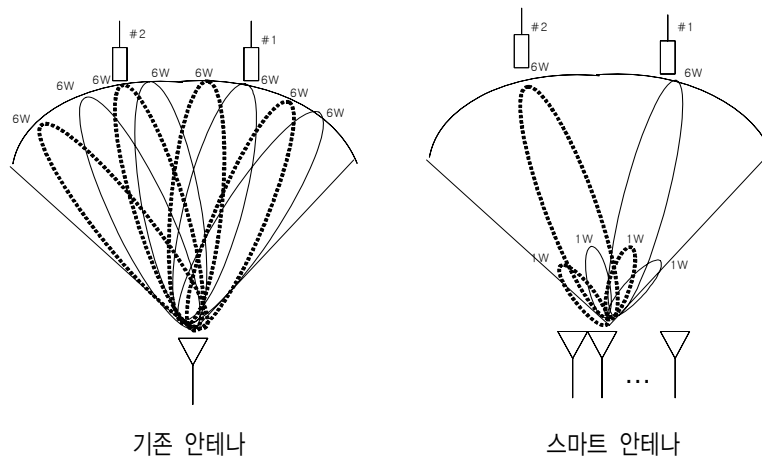
7장 연습문제

1. OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술은 신뢰성 있는 고속 데이터 전송을 위해 직교성이 있는 주파수를 사용한다. 그러나 이 방식을 사용하면 어떤 문제점이 발생하는가?
2. 스마트 안테나와 MIMO의 차이점을 안테나 구조적인 측면에서 설명하라?
3. Bluetooth 기술의 주파수는 승인 없이 쓸 수 있지만 여러 주변 통신기기의 간섭에 취약하다. 이러한 간섭에 대처하고 보안을 강화하기 위해 Bluetooth에서 사용하는 확산기법은?
4. SDR 기술을 사용함으로써 얻게 되는 장점 3가지를 써라.
5. 송·수신 거리가 1~2m 정도 밖에 되지 않고 2개의 장치간에 주로 사용하는 홈 네트워킹 접속 기술 이름은?
6. GPS 위성은 어느 위치에 있던지 특별한 상황이 아니면 4개의 위성을 볼 수 있고, 이 위성을 통해 위치 정보를 파악한다. 이렇게 우리 눈으로 4개의 위성을 항상 볼 수 있도록 위성을 얼마나 어떻게 배치하였는지를 간단히 설명하라.
7. 위치기반정보를 알려주는 GPS는 지구 밖에서 일정한 궤도를 돌고 있다. 이러한 인공위성이 지구 밖 일정한 고도에서 궤도를 이탈하지 않고 도는 이유를 물리적 힘의 관계값으로 설명하라.
8. 스마트 안테나는 원하는 사용자에게 지향성 빔을 제공하여 성능 개선 및 용량을 증대시키는 기술이다. 원하는 사용자에게는 최대의 이득을 주고, 간섭신호들에게는 최소의 이득을 제공하는 방법을 개념적으로 설명하고자 다음 그림이 주어졌다. 다음의 왼쪽 그림은 원하는 신호가 3개의 안테나로 입사되는 것을 보여주고 있고, 최대의 이득을 얻기 위해 돌아간 위상을 기준선으로 보상하고자

한다. 원하는 신호의 위상 보정에 따라 간섭신호도 위상을 보정해야 한다. 위상이 보정된, 즉 각 방향의 합을 그려서(양쪽 다) 왜 원하는 신호방향으로 최대의 이득이 형성되는지를 설명하라. 여기서 S의 아래첨자는 안테나 번호를 나타낸다.



9. 스마트 안테나는 원하는 사용자에게 지향성 빔을 제공하여 성능 개선 및 용량을 증대시키는 기술이다. 용량 증대가 어떻게 되는지를 설명하기 위해 아래 그림이 주어졌다. 2개의 단말기가 각각 통신한다고 할 때 기존의 안테나와 스마트 안테나의 빔형성 분포를 보여주고 있다. 스마트 안테나의 파워는 상대적으로 적지만, 용량 비교를 위해 전체 사용 파워는 기존의 안테나에서 사용하는 파워와 같다고 한다면 스마트 안테나가 기존 안테나 보다 몇 배 용량이 증가하는지 이론적으로 설명하라. 기존 안테나에서 하나의 단말기당 파워값은 계산의 편의성을 위해 4개의 빔을 합친 것으로 한다.



10. MIMO 기술은 일반적으로 공간상에서 용량증대를 위해서 사용한다. 그러나 성능을 개선하기 위해서는 공간상에서 뿐만 아니라 다른 기술을 이용하기도 한다. 성능개선을 위해 사용하는 방법은?

8장

차세대 이동통신 서비스

학습목표

1. 유비쿼터스의 개념과 특징을 이해할 수 있다.
2. 휴대인터넷의 특성을 이해할 수 있다.
3. DMB의 종류와 특징을 이해할 수 있다.
4. 텔레메틱스의 개념과 기능을 이해할 수 있다.
5. RFID/USN의 개념과 특징을 이해할 수 있다.
6. 홈네트워크의 특성을 이해할 수 있다.

1. 유비쿼터스

1.1 유비쿼터스의 개념

유비쿼터스는 “도처에 널려 있다”, “언제, 어디서나 동시에 존재한다”라는 라틴어에서 유래한 개념으로서 언제, 어디서나, 누구라도 컴퓨터와 네트워크를 통해 손쉽게, 편리하고, 안전하게 이용할 수 있는 환경을 의미하는 것으로, 인터넷의 발전과 더불어 급상승한 이슈 중 하나이다.

유비쿼터스의 체계는 아직 제대로 잡혀져 있지 않아 학자마다 조금씩 해석이 다르지만, 유비쿼터스의 창시자 마크 바이저(Mark Weiser)가 주창하는 유비쿼터스 미래 사회는 컴퓨터들이 현실 공간 전반에 걸쳐 있고, 이들 사이는 유무선 통신망을 통해 이음새 없이 연결되어 사용자가 필요로 하는 정보나 서비스를 즉시에 제공하는 환경이다. 즉, 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 네트워크의 결합 그리고 NT(Nano Technology), BT(Bio Technology)와의 거대융합이 가져다 줄 차세대 IT 혁명으로서의 사회 경제 전반에 걸친 총체적인 변혁을 말한다. 예를 들면, 인터넷을 위해서 사용하는 컴퓨터와 방송을 시청하기 위한 텔레비전이 합쳐진 전자제품이 발명되어 인터넷과 방송 시청뿐만 아니라

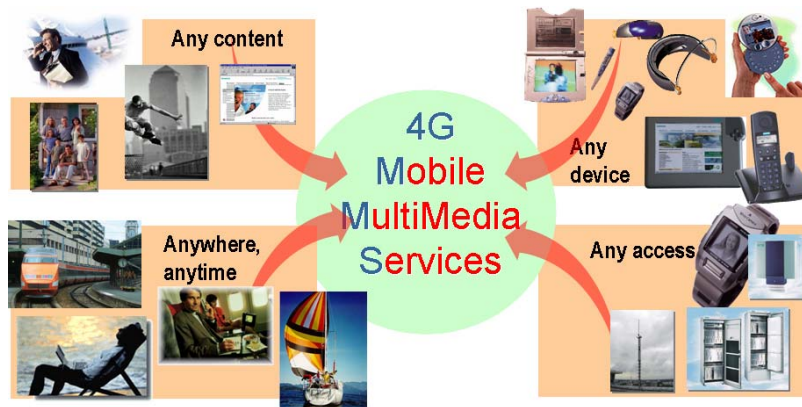


그림 8-1 유비쿼터스 개념 구성도

병원 원격진료도 하고 책도 사고 쇼핑도 한다면 그 자체가 유비쿼터스인 것으로 온라인을 총칭하는 말이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 언제, 어디서나 온라인에 있으면서 내가 활동하는 사이버상의 실제공간을 유비쿼터스라고 한다.

1.2 유비쿼터스의 기술

많은 학자들은 과거와 현재를 통틀어 인류 역사에 가장 많은 영향을 미친 4대 공간 혁명으로 도시 혁명 · "E산업 혁명 · "E정보 혁명 · "E유비쿼터스 혁명을 꼽는다. 이 4가지 공간 혁명을 구분하는 데 있어서 가장 중요한 관점은 그것이 물리공간에 관한 혁명인가, 전자공간에 관한 혁명인가는 하는 점과 두 공간간의 상호작용 관계이다. 유비쿼터스 혁명은 전자공간과 물리공간간의 상호 관계를 정의하는 혁명인 것이다.

유비쿼터스 혁명을 이루기 위해서는 3가지의 흐름이 선행되어야 한다.

첫째, 모든 정보기기가 광대역망에 연결되어 누구나, 언제, 어디서나 정보를 주고받을 수 있는 유비쿼터스 네트워크가 개발되어야 한다. 이 유비쿼터스 네트워크는 기기 및 통신 미디어에 상관하지 않고 송·수신의 단절 없이 다양한 형태로 이용할 수 있도록 되어야 한다.

둘째, 유비쿼터스 네트워크 이용자의 단말기 관리뿐 아니라 그것을 이용하는 사용자나 그 이용 형태를 어떤 방법으로 파악해서 필요한 서비스를 제공하여 나갈 것인가에 대해 개발되어야 한다.

셋째, 어디서나 이용가능하고 장시간 사용가능한 소형 단말기, 이용자에게 맞춰진 네트워크 서비스 제공, 어플리케이션별 처리 용량 차이를 줄이기 위해 액세스망이나 백본망을 고속화하고 품질을 제어하는 문제 등이 해결되어야 한다.

이러한 유비쿼터스 실현을 위해서는 다음과 같은 4가지 기술이 필요하다.

(1) 기초 기술 : 인증과 보안

어디서든 컴퓨터를 이용할 수 있는 유비쿼터스 환경에서 가장 필요한 기술이다. 사용자가 누구인지 컴퓨터를 통해 내가 그 서비스를 받을 수 있는지 인식을 시켜 주어야 한다. 그렇지 않은 사람은 서비스를 받을 수 없도록 해야 한다.

(2) 하드웨어 기술

누구라도 컴퓨터를 이용할 수 있도록 하는 휴먼 인터페이스 기술이 필요하다. 이것은 사람에게 친근한 형태로 출력을 해 주고(음성, 이미지, 데이터, 화면상으로, 종이상으로) 입력 역시 손쉬운 방법으로 하게 되는 것을 의미한다(음성, 필기 등). 네트워크 상에서 정보를 저장하는 스토리지 기술과 모바일 기기의 전원을 공급하는 전지 기술 역시 여기에 해당된다.

(3) 애플리케이션 기술

하드웨어와 네트워크가 되었다면 그 안에 소프트웨어가 있어야 한다. 우리가 윈도 상에서 오피스와 한글을 쓰듯이 유비쿼터스 기기 안에서도 월드와이드웹(WWW), 자바(JAVA), 왓(WAP), 위피(WIFI), XML 등과 같은 소프트웨어가 필요하다. 그 밖에도 트랜스 코딩 기술, 즉 하나의 콘텐츠를 여러 장치(디바이스)에 맞추어 서비스하는 기술 등도 필요하다. 가령, PC에서 보는 카페 화면을 다른 과정을 거치지 않고 모바일 기기와 같은 작은 화면으로 바꾸어 볼 수 있어야 한다.

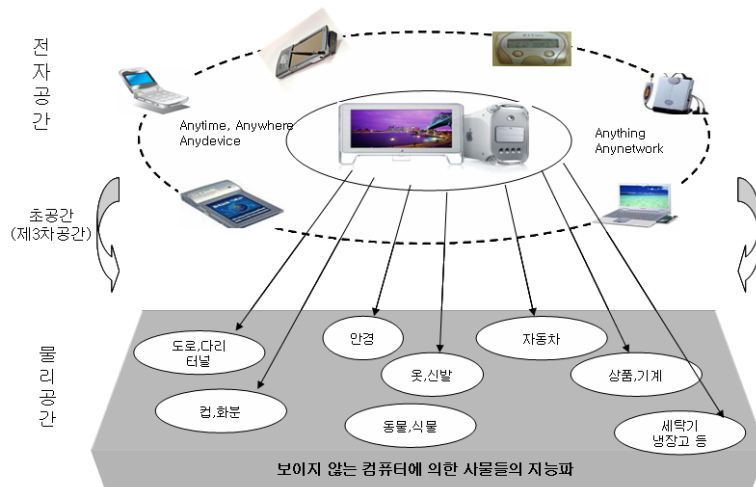
(4) 액세스 기술

하드웨어를 네트워크에 연결해서 자유롭게 사용하게 해 주는 기술이다. 네트워크는 물리적으로 하드웨어와 하드웨어를 연결시켜 주는 것으로, 유선과 무선으로 나눌 수 있다. 데이터의 전송 속도는 날이 갈수록 빨라지고 있지만 아직 기반 환경이 보편화되지 못하여 모든 사람이 공평하게 고화질의 동영상과 포함한 데이터를 무리 없이 접근하고 있는 것은 아니다. 진정한 유비쿼터스 실현을 위해서는 공간과 거리를 초월한 전세계적인 표준화된 액세스 기술 개발이 이루어져야 한다.

1.3 유비쿼터스 컴퓨팅 기술

유비쿼터스 컴퓨팅 기술이란 수많은 환경과 대상물에 보이지 않는 컴퓨터가 숨어지고 이들이 전자공간으로 연결돼 서로 정보를 주고받는 유비쿼터스 공간(어디에나 편재하는 컴퓨터로 인해 사람이 인식하지 못하는 사이에 정보가 교류되는 공간)을 창조하는 기술을 말한다.

제 4 차 공간혁명 “유비쿼터스 혁명”



전자/물리공간의 상호작용, 연결을 위해 물리공간/사물에 컴퓨터를 집어넣음

그림 8-2 유비쿼터스 혁명의 개요도

유비쿼터스 공간에서는 물리적 환경과 사물들간에도 전자공간과 같이 정보가 흘러 다니며 마치 사람이 그 속에 들어가 있는 것처럼 지능화되어 정보를 수신 및 발신하고 사람들이 원하는 활동을 수행한다. 결국 유비쿼터스 혁명은 물리공간과 전자공간의 한계를 동시에 극복하고 사람, 컴퓨터, 사물을 하나로 연결함으로써 최적화된 공간을 창출하는 마지막 단계의 공간혁명이다.

도로·다리·터널·빌딩·건물벽과 천장·화분·냉장고·컵·구두·종이 등 도시공간을 구성하는 수많은 환경과 대상물에 보이지 않는 컴퓨터가 심어지고 이들이 전자공간으로 연결돼 서로 정보를 주고받는 유비쿼터스 공간이 창조되면 물리공간과 전자공간간의 단절과 시간지체가 사라지면서 우리가 살고 있는 공간의 합리성과 생산성이 그 어느 때보다 고도화될 수 있다.

일본, 미국, 유럽은 각국의 차별화된 여건과 각국이 보유한 핵심 기술 영역의 차이로 각국이 추구하는 유비쿼터스 컴퓨팅 개념은 서로 차별화되어 전개되고 있다. 일본의 유비쿼터스 컴퓨팅 연구의 근원은 1984년 동경대에서 시작된 ‘트론 프로젝트’를 시작으로 2005년에 완료된 일본 정부의 3대 ‘u-네트워크 프로젝트’에 이르기까지 어디서나 연결(anywhere connection)을 추구하고 있다. 미국의 경우는 1988년 제록스사

에서 시작한 ‘유비쿼터스 컴퓨팅 프로젝트’에서 제시된 장소 중심의 한 사람에 대한 리얼 컴퓨팅에 대한 구현을 MS사의 ‘이지리빙 프로젝트’나 HP사의 ‘쿨타운 프로젝트’ 등이 개발하고 있는 동시에 많은 산·학·연 프로젝트들이 이동성과 더불어 장소를 중심으로 하는 자율형 객체(smart object)를 통한 리얼 컴퓨팅을 추구하고 있다. 유럽의 경우는 하노버 대학과 VTT 대학이 수행한 ‘유비캠퍼스 프로젝트’와 2001년에 시작된 ‘사라지는 컴퓨터 계획’을 통하여 이동성을 중시하는 초소형 자율형 객체와 그룹을 중심으로 하는 자율형 협업(intelligent cooperation) 인프라를 통한 리얼 컴퓨팅의 연구를 추구하고 있다. 이와 같이 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 핵심적 이슈는 Smart object, intelligent cooperation, anywhere connection이 핵심으로 파악된다. 따라서 지능을 가진 컴퓨팅 객체가 자율적으로 자신의 업무를 수행하는 것을 기본으로 하는 ‘ubiquitous computing,’ ‘disappearing computer,’ ‘ubiquitous networking’의 공통점은 물리적 환경을 통하여 사용자에게 서로 특화된 영역의 선택에 대한 집중적 기술개발과 표준화 선점을 통하여 차별화된 컴퓨팅 서비스를 제공하는 것이다.

2. 휴대인터넷

2.1. 휴대인터넷의 개요

- 최근 정보통신부는 IT 산업의 경쟁력을 지속적으로 강화하여 세계 IT 산업 발전을 선도하고자 IT 839 전략 추진을 밝힘. 이는 8대 신규 서비스, 3대 인프라, 9대 신성장 동력 등으로 구성되어 있으며, 이 8대 신규 서비스 중 새로운 시장 창출로 통신시장을 견인할 차세대 서비스의 첫 번째로 휴대인터넷(와이브로)을 제시하고 있음
- 이는 초고속 인터넷과 이동전화 서비스의 비약적인 성장을 바탕으로 언제, 어디서나 고속으로 인터넷에 접속하여 다양한 정보와 콘텐츠를 이용하고자 하는 시장의 욕구가 반영된 것이라 볼 수 있음. 이러한 휴대인터넷 서비스는 3대 첨단 인프라의 광대역통합망(BcN)과 9대 신성장 동력의 차세대 이동통신사업으로 이어져 IT 산업의 핵심과제로 자리를 잡고 있음

2.2. 휴대인터넷의 정의

- 휴대인터넷이란 이동하면서도 초고속 인터넷을 이용할 수 있는 무선 휴대인터넷을 지칭하는 것으로, 정보통신부, 한국정보통신기술협회(TTA)와 이동통신업체들이 중심이 되어 2006년 상용 서비스를 목표로 개발하고 있는 무선 휴대인터넷 서비스임. 와이브로는 와이어리스 브로드밴드 인터넷(Wireless Broadband Internet)으로 한국에서 개발한 휴대인터넷의 규격 및 서비스를 지칭함
- 휴대인터넷은 휴대폰처럼 언제 어디서나 이동하면서 초고속 인터넷을 이용할

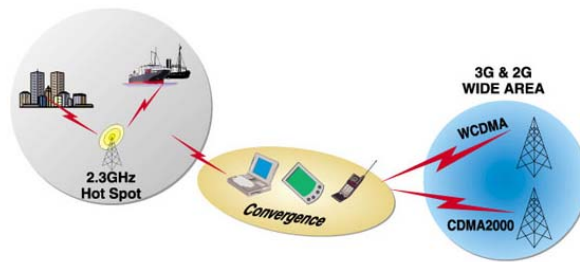


그림 8-3 휴대인터넷 및 이동전화 단말기의 결합

수 있는 서비스로, 휴대폰과 무선 LAN의 중간 영역에 위치함. 한국정보통신 기술협회를 중심으로 2003년 6월부터 표준화를 추진하는 한편, 국제전기전자 기술협회(IEEE) 규격에도 반영하는 등 한국이 국제 표준화를 주도하고 있는 3.5세대 이동통신 서비스이자 국책사업임. 2006년 상반기부터 서울과 수도권에서 상용 서비스할 계획으로 사업을 추진하고 있으며 상용화될 경우 시속 60km 이내로 이동하면서 초고속 인터넷을 이용할 수 있음. 주파수 대역은 2.3GHz, 인터넷 속도는 3Mbps 정도이고, 퍼스널컴퓨터, 노트북, PDA, 차량용 수신기 등에 무선 LAN과 같은 와이브로 송·수신기를 설치하면 이동하는 자동차 안이나 지하철에서도 휴대폰처럼 자유롭게 인터넷을 이용할 수 있는 서비스임

2.3. 휴대인터넷 서비스 개념

- 기존의 이동전화 기반의 무선인터넷(CDMA 1x, EV-DO, W-CDMA) 서비스는 커버리지 및 이동성 측면에서는 우수하지만 높은 서비스 요금, 느린 전송속도, 기대 이하의 품질 수준, 불편한 유저 인터페이스 등으로 장소에 구애받지 않으면서 자유로이 초고속 인터넷 서비스를 이용하고자 하는 요구를 충족시키기 어려움. 또한 무선 LAN 서비스는 고속의 전송속도를 지원하고는 있으나 핫스팟(Hot Spot) 위주의 옥내 기반으로 구축되어 커버리지가 협소하고 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역 특성상 전파간섭 등의 취약점이 많아 사용자의 서비스 품질 기대에 부응하기 어려운 상황임

- 현재의 이동전화 및 무선 LAN 인프라의 한계를 극복하고 이용자가 요구하는 저렴한 무선 초고속 인터넷 서비스를 이동 중에도 제공하기 위해 출현한 서비스가 휴대인터넷 서비스로, 휴대인터넷 서비스의 기본 개념은 “실내의 유선 초고속 인터넷을 휴대형 단말기를 이용하여 실내·외의 정지 및 이동환경에서도 고속으로 인터넷에 접속, 필요 정보나 멀티미디어 콘텐츠를 이용할 수 있는 통신서비스”라 할 수 있음

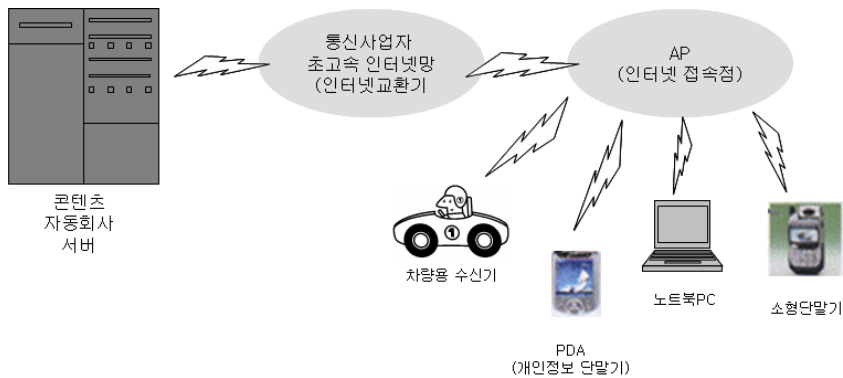


그림 8-4 휴대인터넷 서비스 개념도 (1)

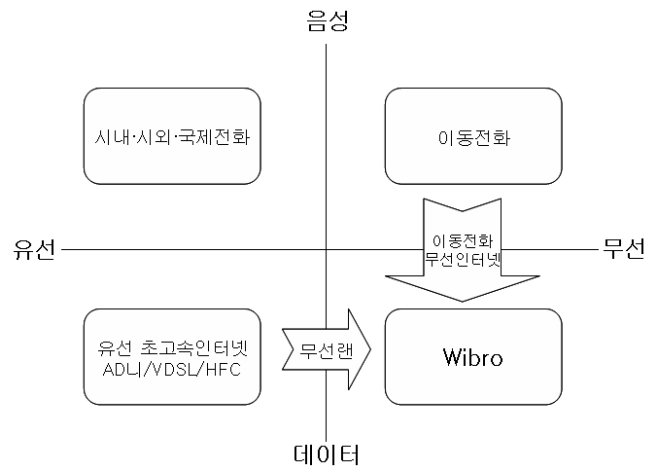


그림 8-5 휴대인터넷 서비스 개념도 (2)

- 휴대인터넷과 초고속 인터넷, 무선 LAN, 이동전화 무선 인터넷 등의 서비스 특성을 비교하면 표 8-1과 같음

표 8-1 휴대인터넷 및 타 서비스간 비교

구분	휴대인터넷	초고속 인터넷	무선 LAN	이동전화
이용지역	옥내외	옥내	옥내외	옥내외
전송속도	고속 (약 1Mbps)	초고속 (수십 Mbps)	초고속 (수 Mbps)	중저속 (약 100kbps)
이동성	정지/보행/차량 (60km/h 이내)	정지	보행/정지	정지/보행/차량 (250km/h 이내)
컨텐츠	유무선 컨텐츠	유선 컨텐츠	유무선 컨텐츠	무선 컨텐츠
서비스 요금	상대적 저렴 (종량제+정액제)	상대적 저렴 (정액제)	저렴 (정액제)	높음 (종량제)
단말기 형태	PDA, 노트북, 스마트폰	데스크탑, 노트북	PDA, 노트북	휴대폰, PDA

2.4. 휴대인터넷 서비스 포지셔닝

- 휴대인터넷은 IMT-2000 서비스 전송속도보다 고속이며, 실내의 유선 초고속 인터넷 및 무선 LAN 서비스가 실외 환경에서도 제공 가능한 서비스를 추구함
- 또한 현재의 유선 초고속 인터넷 서비스와 유사한 정도의 이용 요금을 통해 경제성을 확보하고 노트북, PDA 등 다양한 휴대형 단말을 이용하여 유선 초고속 인터넷 서비스와 동일한 콘텐츠 및 인터넷 접속 환경 제공으로 실질적인 유무선 통합 환경을 제공할 것임
- 결국, 휴대인터넷은 유선 초고속 인터넷의 저가 요금을 유지하면서 이동 중에도 안정적인 초고속 서비스를 제공할 수 있다는 점에서 무선 LAN 및 IMT-2000 서비스와의 보완재로서 고객의 요구를 충족시켜 무선 인터넷 시장을 활성화시킬 것으로 예상됨

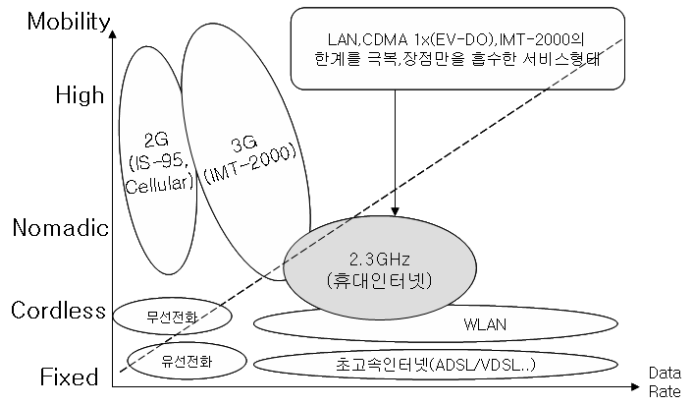


그림 8-6 휴대인터넷 서비스의 포지셔닝

표 8-2 휴대인터넷 관련 기술 현황

기술명		I-Burst	Flash-OFDM	Ripwave	TD-CDMA	휴대인터넷
기술보유업체		ArrayComm	Flarion	Navini	IPWireless	삼성전자, Intel
듀플렉스 방식		TDD	FDD	TDD	TDD	TDD
다중접속 방식		TDMA SDMA	OFDMA	CDMA	CDMA	OFDMA
채널대역폭(FA)		5MHz	1.25MHz	5MHz	5MHz	10MHz
FA당 최대 전송속도	하향	24Mbps (SDMA 미사용시 8Mbps)	3Mbps	12Mbps	6Mbps	18Mbps
	상향	8Mbps (SDMA 미사용시 3Mbps)	1Mbps	2Mbps	2Mbps	6Mbps
이동성(Km/h)		60 이상	250 이상	60 이상	250 이상	60 이상
표준화		IEEE 802.20(표준화 초기단계)			IMT-2000 표준반영	IEEE 802.16 (표준화 중간단계)
상용 서비스 여부		상용서비스				2006년 상용화

2.5. 휴대인터넷 기술의 진화

2.5.1. 무선 LAN(WirelessLAN)

- 무선 LAN(Wireless Local Area Network)은 무선 주파수(radio frequency) 기술을 바탕으로 PDA나 노트북과 같은 휴대형 단말기를 이용하여 가정이나 기업 또는 특정 서비스 제공지역(Hot-spot)에서 무선으로 초고속 인터넷에 접속할 수 있도록 하는 기술과 서비스를 의미함. 무선 LAN 서비스는 2.4GHz 대역에서 IEEE 802.11b 표준과 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex) 방식의 11g 표준을 비롯하여, 5GHz 대역을 이용하는 OFDM 방식의 11a 표준에 이르기까지 다양한 표준이 개발되어 상용화되고 있음

2.5.2. Wi-Fi(IEEE 802.11b)

- Wi-Fi는 Wireless Fidelity의 약자로 무선 이더넷 호환성 협회(WECA, Wireless Ethernet Compatibility Alliance)에서 802.11b 무선 이더넷 표준에 대해 제공하고 있는 로고임
- 무선 이더넷 호환성 협회의 임무는 Wi-Fi 제품의 상호 운용성을 보증하고 Wi-Fi가 전세계 무선 LAN 표준이 되도록 추진하는 것임. 현재 근거리 무선 통신 방식에는 블루투스, 홈 RF, IEEE 802.11b 무선 이더넷 표준인 Wi-Fi 등이 있음
- Wi-Fi는 통신거리가 10m 정도인 블루투스에 비해 통신거리가 100m에 이를 정도로 비교적 길다는 장점을 가지고 있지만 단말 제품 가격이 높고 전력소모가 많다는 것이 단점임. 블루투스는 2.4GHz 주파수대역을 사용하며 전송속도 1Mbps에 별도의 장비가 필요 없다는 장점을 지님
- 이 같은 장·단점을 비교해 마이크로소프트와 인텔은 컴퓨터와 다른 기기 간 근거리 무선통신 방식으로 블루투스 대신 Wi-Fi를 채택했음. 델과 IBM 같은 컴퓨터업체들도 자사 기기에 Wi-Fi 호환기능을 장착, 공항 호텔 스타벅스와 같은

커피 전문점에서도 Wi-Fi 전달장치를 통한 인터넷 접속을 제공하고 있음

2.5.3. 와이맥스(WiMAX)

- 802.16 기술표준의 개발과 활성화를 위해 비영리집단으로 구성된 단체의 이름으로 탄생한 와이맥스는 고정무선 서비스 기술로 무선통신 기술인 Wi-Fi 보다 그 기능 및 범위를 확장한다는 개념임
- 와이맥스란 세계적으로 인텔진영이 주도하는 광대역 무선 네트워크 솔루션으로 와이브로와는 다소 차이가 있음. 둘 다 IEEE 802.16계열의 표준화 단계에 있는 기술로 기술적인 태생이 비슷함
- 와이맥스는 이름에서 알 수 있듯이 무선통신 기술인 Wi-Fi 보다 그 기능과 범위를 확장한다는 개념에서 비롯, 최대 48km 이내에서 70Mbps의 데이터 전송이 가능함. 즉, 와이맥스는 현재 핫스팟 설치 지점에서 반경 1km 이내에서만 무선연결이 가능한 Wi-Fi의 한계를 극복하여 거리와 속도를 엄청 늘린 무선 LAN인 셈임. 용도 역시 미국 등 넓은 지역에서 유선 네트워크를 대체하며 광대역 네트워크를 제공하기 위해 개발됨

2.5.4. IEEE 802.16

- BWA(Broadband Wireless Access) 표준화를 위해 IEEE 802.16 WG이 1999년에 설립되어 약 2년간 표준화 작업을 통해 2002년 4월에 10~66GHz 대역에서 Single-Carrier 변조방식의 WirelessMAN(Metropolitan Area Network) 표준 규격인 802.16이 제정됨. 802.16 표준은 Base Station과 다수의 Subscriber Station이 설치된 건물까지의 last-mile 구간에서 다중채널 대역폭과 다중변조방식(QPSK, 16QAM, 64QAM)의 물리계층을 지원하는 FixedWireless Broadband Access 기술로써, 전송 속도는 34~134Mbps in 28MHz 까지 가능하나, 고주파대역에서 동작하므로 802.16 기술의 경우 가시거리(line of sight) 확보가 가능해야 함

- IEEE 802.16a

802.16기술이 고주파에서 동작으로 인한 굴절, 반사, 감쇄 등의 단점을 보완하고 비가시거리(non line of sight)에서도 통신이 가능한 기술 개발을 위해, 2002년 7월 IEEE 802 총회에서 2-11GHz 대역에서 802.16 표준에 MAC 계층 수정과 PHY 계층을 추가하기로 승인하고, 2003년 1월 2-11GHz대역(허가 및 비허가 모두)에 동작하는 Wireless MAN 표준을 완성함. 802.16a PHY 기술 특징은 채널 폭을 1.25-20MHz까지 변화가 가능하며, 셀분할, 섹터화를 통해 사업자가 셀 용량을 조정할 수 있고, 802.16a는 서비스 애플리케이션에 따라 Single carrier 방식, 256 sub-carrier OFDM 방식, 2,048 sub-carrier OFDMA 방식의 3가지 PHY 모드를 정의함

- IEEE 802.16e

802.16e 표준은 단말의 이동성 보장을 위해 핸드오프, 링크버짓 향상, 저전력 모드 등의 기능을 추가하도록 802.16a MAC & PHY를 수정 보완. 802.16e 표준은 2-6GHz 허가대역에서 서비스가 가능하며, 이 표준은 150km/h의 이동성까지 지원하며 전송속도도 상·하향 15Mbps/5MHz를 지원하도록 설계됨

2.5.5. 휴대인터넷(와이브로)

- 휴대인터넷은 2.3GHz 주파수대역을 이용하며 60km/H 이상 이동시에도 언제, 어디서나, 높은 전송속도로 Seamless(끊김 없는)한 무선 인터넷을 즐길 수 있는 서비스를 말함. 휴대인터넷은 브로드밴드란 이름 그대로 개방형 무선 초고속 인터넷망을 구현, 기존의 유선 초고속 인터넷망과 결합해 유비쿼터스의 기본 인프라망인 All-IP 네트워크를 가능하게 함. 휴대인터넷은 현재의 기술 개발 속도로 보면 조만간 시속 120km 이상 고속에서도 자유로운 인터넷 접속이 가능할 것으로 보여짐
- 휴대인터넷 사용자들은 이동 중에도 유선과 동일한 품질과 유사한 형태의 멀티미디어 서비스를 저렴한 가격으로 제공받기를 원하고 있으며, 이런 사용자의 욕구를 만족시키기 위해 3.5세대 이동통신 시스템은 무선 LAN의 장점인 고속

무선 데이터 서비스와 무선 인터넷의 강점인 이동성을 살리고 각각의 단점을 극복할 수 있는 서비스를 제공하기 위한 방향으로 진화하고 있음.

- 휴대인터넷은 휴대형 이동단말기로 정지 및 이동 중에도 언제, 어디서나 고속으로 인터넷에 접속해 다양한 정보 및 콘텐츠 사용이 가능한 서비스로써 IEEE 802.16e 규격과 완벽하게 호환이 보장되며, 시속 60km로 이동하는 중에도 하향으로는 최소 512kbps, 상향으로는 최소 128kbps의 데이터 전송 속도를 제공한다. 휴대인터넷은 노트북에 장착하는 PCMCIA 카드 형식부터 기존의 휴대폰형, 스마트 폰, PDA, 휴대인터넷 전용 단말에 이르기까지 다양한 형태의 단말을 이용할 수 있어서, 유선 인터넷과 동일한 사용자 환경에서 기존 무선 LAN과 유사한 IP기반의 대용량 데이터, 멀티미디어 위주의 서비스를 효율적으로 제공할 수 있고, IP 기반 데이터 서비스 제공에 최적화되어 있어 전송효율이 높고 장비 가격이 저렴함. 전송속도, 고객의 이동속도, 제공 가능한 서비스, 커버리지, 서비스요금, 망 구축 및 운영비용 측면 등을 종합적으로 고려해 볼 때, 트래픽 사용량이 많고 중저속 이동성에 만족하는 고객이 휴대인터넷 서비스를 이용할 것으로 전망됨
- 2010년 이후 등장할 전망인 4세대 이동통신 서비스는 “주파수 효율을 최대로 활용해 이동 중 100Mbps, 정지 중 1Gbps에 이르는 초고속 전송속도를 제공하며, 여러 광대역 무선망 및 분산 유선망에 접속해 융합세계를 구현하고, 또한 끊임 없는 고속 멀티미디어 서비스를 저렴하게 최적으로 제공하는 서비스”로 정의됨
- 휴대인터넷은 데이터 전송 속도를 향상시키고 여러 가지 형태의 컨버전스를 시도하고 있으므로 궁극적으로 유비쿼터스로 가기 위한 초기단계로써 프리(pre)-4G로 볼 수 있으며, 4G로 진화하는 중요 경로라고 할 수 있다. 전송기술 측면에 있어 휴대인터넷은 4G의 핵심 요소 기술로 전망되는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 직교주파수분할 다중방식)을 토대로 어댑티브 프로세싱과 스마트 안테나 기술을 적용하고 있음. 앞으로 휴대인터넷 진화 전략에 따라 전송속도가 크게 향상되면, 유선 인터넷

과 무선 인터넷의 경계는 없어지고 유무선 인터넷의 컨버전스가 본격적으로 이루어질 것임

2.6. 휴대인터넷 기술 표준화 동향

2.6.1. 국내 표준화 동향

- 2.3GHz 대역을 활용한 휴대인터넷을 위한 국내 표준화는 2004년 하반기부터 시작되어 삼성전자/ETRI에서 작성한 표준안이 TTA 참여사들의 심의를 거쳐 2005년 6월 승인, 완료되었고, 2004년 말부터 IEEE 802.16 WG와의 harmonization이 추진되면서 IEEE 802.16 WG에 대한 국내 통신업계의 참여가 활발히 이루어지고 있음

2.6.2. 와이브로와 IEEE P802.16e 표준과의 harmonization

- IEEE P802.16e 표준은 고정 가입자의 경우 IEEE P802.16-REVd의 규격을 모두 수용해야만 함. 따라서 60km/h의 이동성을 지향하는 국내 와이브로 표준을 IEEE 802.16에 반영시키기 위해서는 가능하면 표준 승인이 임박한 IEEE P802.16-REVd가 적합함(2005.10.31 기준)
- 와이브로 표준안에서 제시된 프레임 구조, SICR, 프리앰블, 레인징 등은 2005년 3월 회의 이후 작성된 표준안 IEEE P802.16-REVd/D4에 대한 Recirculation 기간 동안 삼성전자에서 제안하여 채택됨. 이에 WiBro 표준과 IEEE P802.16e 표준간의 harmonization을 위한 기본적인 OFDMA-PHY 파라미터는 반영되었다고 할 수 있음

3. DMB

3.1. DMB 개요

DMB(Digital Multimedia Broadcasting)는 디지털 멀티미디어 방송을 제공한다는 의미로 기존의 고정된 방송통신에서 벗어나 위성이나 지상파 방송들을 DMB폰을 이용해 이동 중에도 오디오, 영상 서비스를 지원받을 수 있는 방송 시스템을 말한다. 그림 8-7은 과거의 방송지원 형태에서 위성을 이용한 DMB 방송 그리고 통신과 방송이 결합된 서비스 형태로의 변천과정을 보여주고 있다.



그림 8-7 DMB의 개념

이동 환경에서 선명한 화질의 비디오, 고음질의 오디오, 그리고 각종 고급 데이터 서비스를 즐길 수 있는 이동 멀티미디어 방송(mobile multimedia broadcasting)에는 전 세계적으로 지상파 DMB(우리나라), 위성 DMB(우리나라, 일본), DVB-H(유럽), MediaFLO(미국), ISDB-TSB(일본) 등의 방식들이 있다. 이 중 위성 DMB만이 위성 중계기로부터 수신되는 신호를 수신기가 직접 수신할 수 있는 위성방송이고, 나머지는 모두 지상파 방송이다. 단, 위성 DMB의 경우, 전파 음영지역 해소를 위해 지상 중계기를 사용한다.

위성 DMB(S-DMB, Satellite DMB)는 우리나라와 일본이 유료 상용서비스 중에

있는데, 일본에서는 2004년 말에, 그리고 우리나라에서는 2005년 5월 1일 상용 서비스를 개시하였다. 일본의 경우에는 S-DMB 단말 판매가 매우 저조한 것으로 알려지고 있고, 우리나라의 경우에는 2005년 6월 현재 서비스 가입자 수가 약 7만에 이르러 대체로 순항하고 있는 것으로 알려지고 있다.

반면 지상파 DMB(T-DMB, Terrestrial DMB)의 경우에는 2005년 3월 말 방송위원회 추천 심사결과가 발표되어 KBS, MBC, SBS 등의 3개 지상파 TV 사업자와, YTN, 한국 DMB, KMMB 등의 3개 신규 컨소시엄 사업자들이 2005년 하반기 중에 상용 서비스를 개시하도록 되어 있다. DVB-H는 주로 노키아사를 중심으로 추진되고 있는데, 유럽의 TV 방송사업자들에 의해 2006년 상반기에 상용 서비스가 제공될 것으로 예상되며, 미국 쉐콤사가 단독으로 추진 중인 MediaFLO 경우 2006년 10월 미국 주요 도시를 중심으로 상용 서비스를 개시할 계획으로 있다.

또한 일본의 ISDB-TSB의 경우도 2006년 상반기 중에 상용화될 것으로 예상된다. T-DMB와 S-DMB는 이름이 유사하긴 하지만 전송 매체가 상이하기 때문에, 전혀 다른 전송 방식을 채용하고 있다. T-DMB의 경우에는 유럽의 DAB 전송 방식[1]에 기반하고 있는데, 이 전송방식은 일명 Eureka-147이라 불리며 DQPSK(Differential Quadrature Phase-Shift Keying)를 사용하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용한다.

3.2. DMB 세부 기술 및 서비스

T-DMB와 S-DMB는 프론트엔드(front-end)에서는 서로 전혀 다른 전송방식을 사용하지만, 미디어 압축 및 비트스트림 다중화와 같은 백엔드(back-end)에서는 유사한 부분이 많다. 우선 사용하는 전송 대역폭은 T-DMB의 경우 아날로그 TV 방송이 시행되고 있는 초단파(VHF) 상측 대역(Band III)이고, S-DMB의 경우는 2.6GHz 대역이다. T-DMB의 경우, 6MHz의 대역폭을 갖는 1개의 아날로그 TV 채널에 1.536MHz의 대역폭을 갖는 주파수 블록을 3개까지 넣을 수 있다. 이 주파수 블록의 대역폭은 Eureka-147 표준에 의해 1.536MHz로 정해져 있으며, 하나의 멀티플렉스 사업자(즉, 방송 사업자)에게 할당된다. DVB-H 또는 MediaFLO의 경우는 아날로그 TV 주파수 전대역(5, 6, 7, 또는 8MHz)을 사용하기 때문에, 수신기 저전력화를 위해 시간 또는

주파수 영역에서의 슬라이싱(slicing) 기법을 반드시 필요로 하지만, T-DMB의 경우는 DAB와 마찬가지로 협대역(즉, 1,536MHz)을 사용하기 때문에 별도의 수신 저전력화 기법을 사용하지는 않는다. 서울 및 경기 인근 지역의 경우, 아날로그 TV 채널 8번(180-186MHz)과 12번(204-210MHz)을 T-DMB용으로 사용하기로 되어 있어 최대 6개의 주파수 블록을 수용할 수 있으며, 이에 따라 6개 방송 사업자가 T-DMB를 시행하게 될 예정이다. T-DMB는 권역별 서비스가 될 전망이다. 지방의 경우에는 주파수 부족으로 인해 아날로그 TV 채널 1개 정도가 TDMB를 위해 사용될 수 있을 것으로 예상된다. 지방의 경우 2006년부터 T-DMB를 도입할 수 있도록 추진 중에 있다. 2010년 이후 현존 아날로그 TV의 디지털 전환이 완료되면, T-DMB를 위해 추가의 주파수를 할당할 수 있을 것이다. 그림 8-8은 DMB에서의 서비스 종류 및 세부 내용을 보여주고 있다.

Section	Channel & Genre	Note
Video	Surface Radio Retransmission • KBS1, KBS2, MBC, SBS	Receiver Needs satisfaction & Goods consideration
	General Channel • News, Sports, Entertainment, Drama, Music Video	Genre distribution by object/use situation
	Charged Channel • The newest movie, Adult, Education, ETC	Separate organization by time
Audio	Music • Song, POP, JAZZ ETC	Expert organization by genre, Discrimination by song information supply
	Voice • Surface Radio Retransmission, Education(English/Japanese ETC), Foreign language news	Reinforcement of Information/education
DATA / Static Picture	Letters • News/Stock, Traffic/Weather, life information/Shopping ETC	Selectable/independentable Data broadcast
	Additional Service: Download service(Game ETC), Traffic Information, Geared service ETC	Downloading service using free time

그림 8-8 DMB 서비스 종류

4. 텔레메틱스

4.1. 텔레메틱스 개요

통상적으로 지칭되는 텔레메틱스는 자동차 관련 텔레매틱스를 의미하는데, 이는 자동차, 무선통신 네트워크, 어플리케이션, 콘텐츠 및 단말기 등이 유기적으로 통합되어, 무선통신 수단을 통해 사용자가 상호정보를 교환하고, 사용자 및 차량의 안전과 편의성을 향상시킬 수 있도록 지원하는 서비스로서, 유비쿼터스 시대의 도래와 함께 이동통신, 자동차, 소프트웨어, 단말기 등과 연관된 차세대 유망 디지털산업으로 각광을 받고 있다.

아래의 그림 8-9는 자동차 텔레매틱스 시스템을 통해 구현할 수 있는 다양한 서비스의 예를 보이고 있다.



그림 8-9 텔레매틱스 적용 분야

일반적으로 자동차 텔레매틱스 서비스를 그 사용목적에 따라 나누어 보면 1) 트래픽 정보 및 내비게이션, 그리고 오퍼레이션을 위한 서비스, 2) 안전, 보호, 진단, 고장 처리를 위한 서비스, 3) 엔터테인먼트, 개인화된 서비스 및 통신 서비스 등 3가지 형태로 구분된다. 좀 더 세부적으로 기술하면 다음과 같다.

- 차량에 장착된 GPS를 이용하여 차량의 현재 위치를 파악하고, 이에 대응하는 각종 정보제공 서비스로서, 자동차 텔레매틱스 제공서비스 산업에서 차지하는 비중이 가장 높은 핵심 콘텐츠 분야
- 차량의 주행 안전에 필요한 정보를 무선통신을 통하여 제공함으로써 사고저감 및 교통안전에 향상시키는 서비스
- 차량사고를 비롯한 비상사태 시 무선통신을 통하여 차량상태 진단, 사고 자동 통보 등의 조치로 사고 후 피해경감 및 신속한 사고처리
- 무선통신에 의하여 차량상태를 원격통합 관리하여 차량보안 서비스 및 이용의 편의성 향상 서비스
- 탑승자에게 데이터베이스 및 인터넷 등 필요한 정보를 실시간으로 접속토록 하여 이동중 생활편의 및 사무공간의 확대
- 운전자가 승차한 채 자동요금징수, 자동주차료, 물품구매정산 등 거래가 성립될 수 있는 모바일 커머스(mobile commerce) 제공

4.2. 텔레매틱스 적용 분야

자동차 텔레매틱스 시장은 표 8-3에서 보는 바와 같이 목표 시장의 특성에 따라 front seat market, rear seat market, engine and other mechanical application market으로 분류될 수 있다. 즉, front seat market에 연관된 시장은 운전자 중심의 서비스 시장으로 운행경로 안내, 지역정보 제공, 운전자의 시야 확보, 충돌회피, 졸음 방지 알람, 차선이탈 알람 등의 서비스를 그 예로 들 수 있음. rear seat market의 경우에는 운전자가 아닌 동승자를 위한 서비스 시장으로서, 뒷좌석에 설치된 멀티미디어 장치를 통한 컴퓨터게임, 음악, 비디오 등을 즐길 수도 있고, 인터넷 금융, 전자상거래 등과 같은 인터넷을 통한 정보 서비스 등이 있음. engine and other mechanical application market의 예로는 운전자가 무선 네트워크를 통해 차량을 원격 진단하고, 자동차가 주행 중에 고장이 나면 무선통신으로 서비스센터에 연결되고, 엔진 속에 내장된 컴퓨터는 자동차 주요부분의 상태를 기록하고 있어 언제든지 정비사에게 정확한 고장위치와 원인을 알려주는 등의 서비스와 관련된 시장이다.

표 8-3 자동차 텔레매틱스 시장 분류

구 분	특 징
front seat market	◦ 안전, 보안, 운전을 더욱 쉽게 해주는 서비스 중심
rear seat market	◦ 쌍방향 게임, 음악, 주문형 비디오, 금융, 예약, m-commerce 인포테인먼트(Infotainment) 서비스 중심
engine and other mechanical application market	◦ 원격 진단, 원격 엔진 튜닝, 소모품의 자동 주문 등을 처리 ◦ 자동차에 내장된 컴퓨터를 이용하여 데이터를 수집하고 활용함

아래의 그림 8-10은 국내에서 서비스되고 있는 자동차 텔레매틱스 시스템의 예를 보여주고 있다. 쌍용자동차는 텔레매틱스 서비스에 대한 브랜드운영 및 마케팅을 담당하여 자사 출고 차량에 현대오토넷에서 공급하는 텔레매틱스용 단말기를 장착하며, 무선인터넷 서비스 및 이동통신망은 KTF에 의해 제공되며, 텔레매틱스 정보센터 구축 및 서비스 운영은 이너큐브에 의해 시행되는 사업의 형태로 시스템이 구축된다.

이러한 시스템을 바탕으로 제공되는 텔레매틱스 서비스는 그림 8-11에 도시된 바와 같은 교통정보, 전화번호, 경로안내, 생활정보, 개인정보 및 안전·보안 서비스 등을 포함된다.

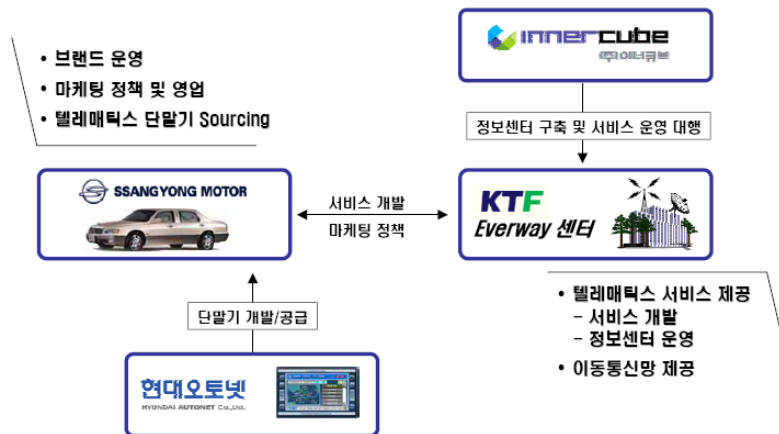


그림 8-10 텔레매틱스 구축 사례

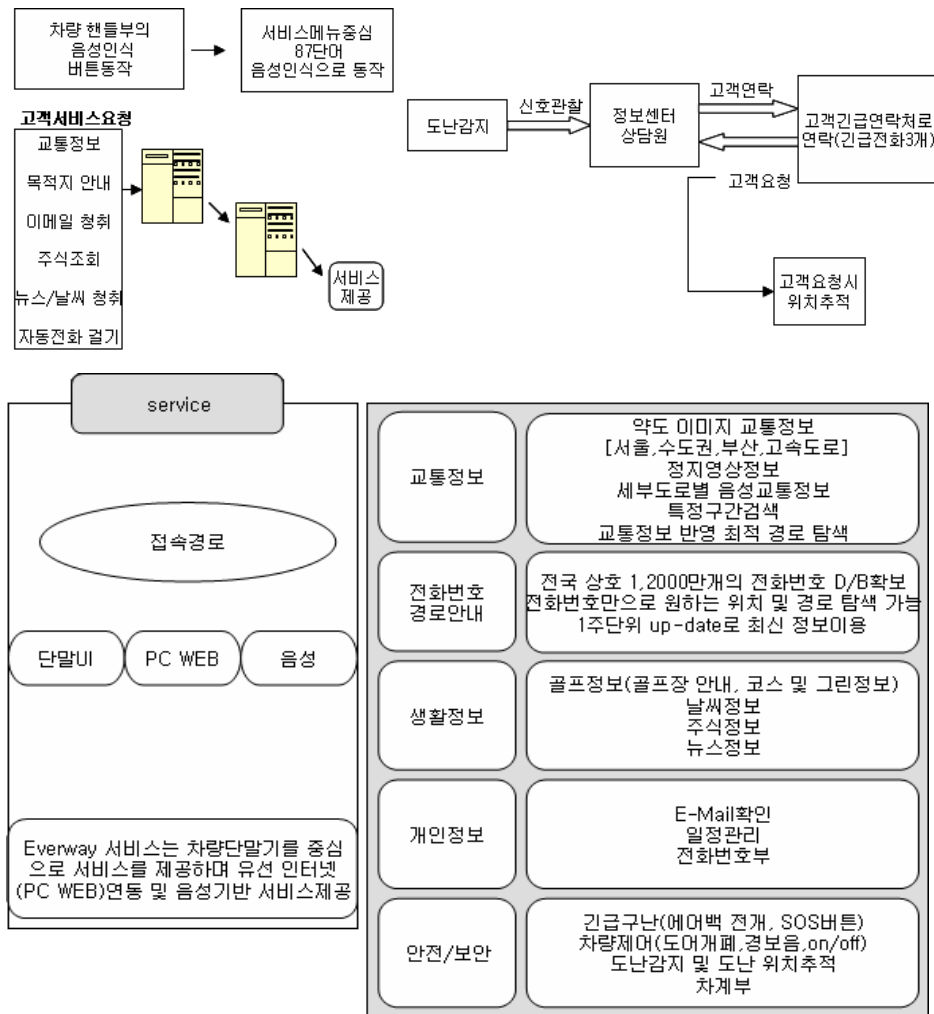


그림 8-11 텔레매틱스 서비스 예

현재 서비스되고 있는 주요 자동차용 텔레매틱스 분야 이외에도 최근에 미국, 일본 등에서 주로 연구되고 있는 텔레매틱스 기술 분야를 정리하면 표 8-4와 같다.

표 8-4 자동차 텔레매틱스 관련 최근 연구 분야

일 본	미 국
◦ 교통경로정보 제공 ◦ 목적지 정보 제공 ◦ 자동요금징수 시스템 ◦ 주행환경정보 제공 ◦ 위험경고 기술 ◦ 운전 보조 기술 ◦ 교통 흐름 최적화 기술 ◦ 교통사고 시 교통규제정보 제공 ◦ 도로관리 효율화 ◦ 대중교통 지원 ◦ 상용차 운행관리 시스템 ◦ 상용차 군집 운행 ◦ 차량-보행자 사고 방지 시스템 ◦ 보행자 경로 안내 시스템 ◦ 비상차량 운행 지원 시스템	◦ 자동요금징수 시스템 ◦ Mayday 시스템 ◦ Driving Simulator 기술 ◦ 전후방 충돌 회피 시스템 ◦ 차량 시계 향상 시스템 ◦ 특수 구간 경고 시스템 ◦ 교차로 충돌 방지 시스템 ◦ 충돌 경고 시스템 ◦ 차선 이탈시 경보 시스템 ◦ 철도 건널목 경보 시스템 ◦ 운전자 상태 경보 시스템 ◦ 보행자 감시 및 경고 시스템 ◦ 자율주행 및 군집운행 기술

자동차 관련 텔레매틱스 서비스 시장의 발전 방향을 그림 8-12에 도시하였다. 즉, 서비스 초기에는 차량의 사고 등에 대응하는 차내 안전관련 서비스를 시작으로, 최근에는 주행안내 및 정보제공 서비스가 주축을 이루고 있는데, 향후에는 엔터테인먼트 및 e-commerce 서비스로 진행될 것으로 예측할 수 있다.

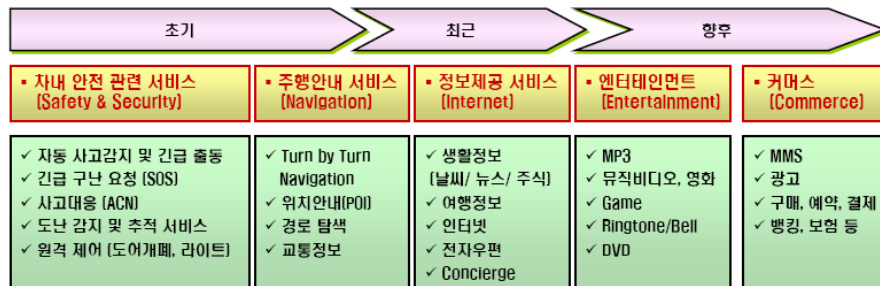


그림 8-12 자동차 관련 텔레매틱스 서비스의 발전방향

5. 홈네트워크

5.1 홈네트워크 개념

홈네트워크 기술은 통신과 방송 융합, 유비쿼터스 사회로의 급물살 등 IT의 빠른 환경변화와 다양한 환경과 사용자 특성을 고려해야 하므로, 다양한 분야의 기술들이 융합되어 IT 분야의 종합 예술과 같은 성격을 갖고 있으며 표준과 직결되어 향후 국가 경쟁력을 좌우할 것이다. 홈네트워크 산업은 지금까지 양적으로 팽창하여 달성한 세계 최고 수준의 초고속 인터넷 인프라를 질적으로도 세계 최고수준으로 한 단계 상승시킬 수 있는 산업이다. 특히 다양한 기술이 접목되면서 새로이 시장이 형성되고 있어 선진국으로 도약하려는 국가 경쟁력을 위해 승부를 걸어야 하는 산업으로 인식되고 있다.

현재 홈네트워크 기술은 기술적인 가능성을 검증하는 단계로 홈네트워크를 모든 가정에 설치하고 보편화시키기 위해서는 아직도 많은 기술적 문제점들이 해결되어야 한다. 많은 분석가들은 2005년이 홈네트워크 시장이 형성되는 홈네트워크의 원년이 되고, 2007년 이후에 홈네트워크의 확산이 본격화될 것으로 전망하고 있다. 이에 많은 선진기업에서는 홈네트워크 분야의 조기 선점을 위해 홈네트워크 핵심 원천인 융합형 홈서버, 무선 홈네트워킹 및 유비쿼터스 환경을 제공하는 미들웨어 기술 개발과 표준화에 집중 투자하여 2010년 이후 세계 경제의 패권을 장악하려고 하고 있다.

표 8-5는 지능형 홈네트워크의 서비스를 분류하였고, 표 8-6은 지능형 홈네트워크의 기술을 3단계로 구분하여 세부적으로 기술하였다.

표 8-5 지능형 홈네트워크 서비스 분류

분류	개요	유형
홈엔터테인먼트 서비스	영화, MP3, HDTV 등 외부에서 전송된 고품질 멀티미디어 데이터를 가정내 유무선 홈네트워크에 연결되어 있는 오디오·비디오 기기로 볼 수 있게 하거나 가정 내 콘텐츠를 외부에서 볼 수 있게 해주는 서비스	HDTV급 방송 유무선 스트리밍, VOD, 게임
홈데이터 서비스	컴퓨터와 컴퓨터, 컴퓨터와 프린터, 스캐너 등의 주변기기를 연결하여 데이터 교환 및 동시에 인터넷 접속이 가능하게 하는 서비스	전자메일, 인터넷 검색, 홈쇼핑, 전자정부, 인터넷 앨범, 파일 공유
홈오토메이션 서비스	가정 내 가전기기, 센서, 조명 등을 PDA, 휴대폰으로 집안이나 집 밖에서 기기와 집안의 상태를 감시하고 제어할 수 있는 서비스	원격제어, 홈시큐리티, 방범방재, 에너지 관리
헬스케어 서비스	외부 의료기관과 연결하여 의료기기나 생체정보 센서를 이용하여 사용자의 건강 상태를 원격에서 검진하고 위급 상황을 통고하는 서비스	원격진료, 실버케어, 응급구난

표 8-6 지능형 홈네트워크 기술 분류

1단계	2단계	3단계
지능형 홈네트워크 기술	홈플랫폼 기술	홈서버·홈게이트웨이 기술, IPTV 플랫폼 기술, 가상홈 플랫폼 기술, 에너지 관리 기술
		홈네트워크 보안, 디바이스 인증 기술
		개방형 서버 기술
	유무선 홈 네트워킹 기술	유선 홈네트워킹 기술(Ethernet, PLC, IEEE1394, MOCA)
		무선 홈네트워킹 기술(WLAN(802.11a/b/g/n), WPAN(UWB, ZigBee, 802.15.4a))
	정보가전 기술	지능형 정보가전
		홈센서 기술(센서, RFID)
	지능형 미들웨어 기술	홈네트워킹 미들웨어 기술, 상호연동 제공 미들웨어
		상황적응형 미들웨어 기술, Fault-Tolerant 미들웨어
		멀티 모달 인터페이스 기술

5.2 홈네트워크 기술 분류

홈네트워크는 초고속 인프라를 기반으로 네트워크, 정보처리 등 다양한 IT 기술이 접목되어 서비스를 창출하는 복합 산업분야로, 가정 내의 정보가전 기기가 네트워크로

연결되어 기기·시간·장소에 구애받지 않고 다양한 서비스를 제공할 수 있는 미래 가정환경이다.

홈네트워크의 핵심요소 기술은 홈서버·홈게이트웨이, 유무선 홈네트워킹, 지능형 정보가전, 및 지능형 미들웨어를 포함한다. 홈네트워크는 가족구성원 개개인의 이력관리를 바탕으로 현재 상황을 인지하여 각각의 구성원에게 적합한 서비스를 차별화하여 제공할 수 있는 네트워크 환경 및 서비스를 가능하게 하도록 발전하면서 상황인지 지식기반의 멀티모달 인터랙션에 의한 새로운 비즈니스 모델이 파생되는 사회 인프라 성격의 기반기술로 인식되고 있다.

홈플랫폼 분야는 외부망과 가정을 연결하고 가정 내 다양한 서비스를 관장하여 유무선 통합 홈네트워크 환경 및 고품질·융합형 서비스를 가능하게 하는 홈서버·홈게이트웨이, 홈네트워크 보안 및 개방형 서버 기술, 통방 융합의 대명사인 IPTV 플랫폼, P2P 기반 홈네트워크를 제공하는 가상홈 플랫폼 및 홈네트워크가 확산되며 우려되는 에너지 낭비를 절감시킬 수 있는 기술이 포함된다. 유무선 홈네트워킹 기술은 Ethernet, PLC, IEEE1394, HomePNA, 광홈랜, MOCA 등의 유선 홈네트워킹 기술과 Wireless LAN, ZigBee, UWB, Wireless1394, WirelessUSB, 802.15.4a 등의 무선 홈네트워킹 기술로 구성되며, 정보가전 분야는 기존 백색가전기기와 센서들을 네트워크로 연결하여 새로운 서비스를 창출할 수 있는 기반 환경을 제공하는 지능형 정보가전 기술과 홈센서 기술로 구성된다.

마지막으로 지능형 미들웨어 분야는 매체 및 OS에 상관없이 정보 가전기기의 제어 및 감시를 수행하고 홈에서의 다양한 상황에 대한 적응력을 제공하여 유비쿼터스 서비스를 가능하게 하는 홈네트워크 미들웨어, 상황적응 미들웨어 및 멀티모달 인터페이스 기술과 장애에 능동적으로 대처하는 Fault-Tolerant 미들웨어로 구성된다.

홈네트워크 제품은 홈게이크웨이와 같이 홈네트워크와 액세스망을 연결시켜주는 단순 네트워크 기능 중심의 제품으로부터 점차 홈네트워크에 연결되는 모든 기기와 서비스를 관장하여 홈네트워크를 유비쿼터스 사회의 시발점으로 자리매김시킬 수 있는 방송, 통신과 게임 융합형 홈서버 제품군으로 발전해 나가고 있으며, 궁극적으로는 감성기반의 홈서버로 발전해 나갈 것이다. 홈네트워크 서비스는 단순한 홈오토메이션 서비스로부터 양방향 멀티미디어 서비스와 상황을 스스로 고려하여 서비스를 제공하는 지능형 서비스로 발전해 나갈 것이다.

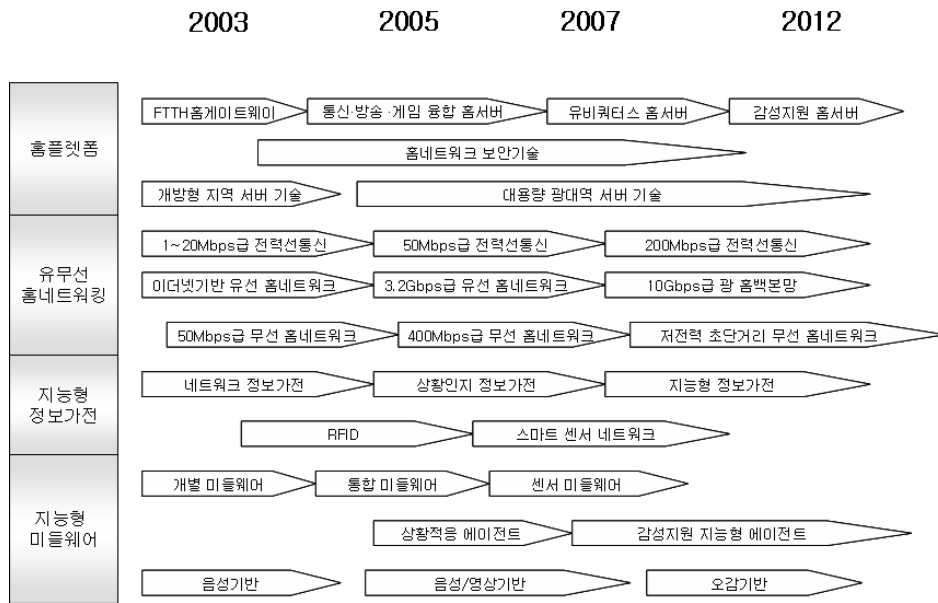


그림 8-13 홈네트워크 기술의 연도별 변천 추세

5.3. 홈네트워크 개발 동향

5.3.1. 홈플랫폼 기술

유무선 통합화와 디지털 컨버전스의 급속한 진전으로 홈네트워크 서비스 발전 전망 FTTH 등의 차세대 초고속 유무선 인터넷과 연계되어 가정에서 다양한 통신·방송·게임이 융합된 서비스를 제공할 수 있는 가정용 디지털 허브로서의 홈서버 기능이 부각되면서, 엔터테인먼트 서비스를 제공할 수 있는 개방형 서비스 프레임워크 및 서비스 통합 관리 솔루션 확보를 위한 기술 개발이 활발히 추진되고 있다.

특히 홈서버로 대변되는 미래의 홈플랫폼 기술은 새로운 개념을 정립하고 이를 실현하는 기술개발이 중요하므로 선진기업은 장기적인 관점에서 개념을 정립하고 기술 개발을 추진하고 있다. 미국, 유럽, 일본, 홍콩 등에서는 IPTV 서비스를 제공하고 있으며, 마이크로소프트사 등에서 미들웨어와 IP기반 STB를 판매하고 있다. 인텔, 모토로라 등은 미래 홈플랫폼 분야에서 우위를 점하기 위해 차세대 홈서버용 SoC 기술 개발 중이며, 소니와 MS는 자사가 경쟁 우위를 갖고 있는 PSX와 미디어센터 등을 기반

으로 홈플랫폼을 구축함으로써 홈네트워크 조기사장 선점 전략을 추진하고 있다. 이외에도 Alloptic 등은 FTTH 기반으로 통신·방송 융합형 서비스 제공이 가능한 홈게이트웨이를 개발하였다.

IBM(미국), Prosysy(독일), GateSpace(스웨덴)은 OSGi를 준수하는 개방형 서비스 프레임워크(SMF)를 상용화하였으며, 일본은 HSAC(Hikari Service Architecture Consortium)을 구성하여 광기반의 광대역 통신망을 기반으로 고품질의 홈서비스 제공을 위한 개방형 서비스 플랫폼의 구축을 본격 추진 중이다. 이와 더불어 가정내 다양한 가전기기들에 대해 홈플랫폼을 통한 정보보호 및 보안성 확보에 연구가 집중되고 있다.

국내에서는 ETRI와 삼성전자 등에서 통신·방송이 융합된 국내 우위를 갖는 DTV와 연계되는 신개념의 홈플랫폼 상용화 기술을 확보하고 있으며, 휴맥스 등에서 셋탑에 다양한 부가 기능을 부가하여 홈 플랫폼으로 전용할 수 있는 셋탑 개발을 시도하고 있다. 또한 LG전자·티컴앤디 티비로, 애드텍·삼성전자, 인프라넷·임프레스텍, 미리넷·디지스타 등은 VOD와 실시간 스트리밍 방송, 홈뷰어 서비스가 가능한 초기 홈서버 개발하였으며, 삼성전자, 콘넥디드 시스템 등의 업체가 개방형 프레임워크 기술을 적용한 서비스 게이트웨이 시제품을 개발하였다. IPTV와 관련하여 셀런, 휴맥스, 삼성전자, LG전자 등에서 IP STB를 개발하였으며, 알티캐스트에서는 MHP/OCAP 미들웨어 상용화에 성공하였으며, KT와 하나로 통신 등에서 IPTV 서비스를 추진 중이다.

5.3.2. 유무선 홈네트워킹 기술

초고속 인터넷과 연계한 이더넷, 가전기기 제어를 위한 전력선 통신, AV 기기를 위한 IEEE1394 등 유선 기술과 Wi Media 및 IEEE의 WPAN 등 무선 홈네트워크 기술의 표준 경쟁이 심화되고 있다. 특히 홈네트워크 확산을 위해 고속 무선 홈네트워크의 중요성이 확산되면 미래형 무선 홈네트워크 기술 개발에 선진기관이 박차를 가하고 있다.

최근 Intellon(미국), DS2(스페인) 등에서는 200Mbps급의 전력선 통신 핵심 칩을 상용화하였고 NEC(일본) 등에서 전력선 모뎀 시제품을 개발하였으며, Echelon사(미국)와 ITran(이스라엘)사 등은 10kbps 이하의 저속 전력선 모뎀을 상용화하였다. 특히 일본의 경우 1990년대 중반 이후, 경제적인 대내 배선을 위해 플라스틱 광섬유를 이용한 홈 백본 망 구축이 진행 중이다. 무선 홈네트워크는 기존 IEEE 802.11x 기술의 대역폭

을 확장하고 QoS를 추가하는 IEEE 802.11e/n 규격의 표준화를 진행 중이며, 20Mbps HDTV급 전송이 가능한 UWB(Ultra Wide Band)와 같은 광대역 무선기술과 ZigBee 등 위치기반의 저속 센서기술이 등장하는 등 유선 보다는 무선기술이 시장을 지배할 것으로 전망되고 있다.

현재 UWB는 XtremeSpectrum은 Motorola 진영의 Direct Sequence CDMA 방식과 미국의 TI를 중심으로 결성된 이스라엘의 Wisair, 스타카토사 등이 Multiband OFDM 방식이 표준 경쟁을 벌이고 있다. 2004년 Motorola에서는 110Mbps DS-UWB 칩셋을 개발하여 UWB 영상전송장치 및 휴대폰에 장착하여 시험 중이며, Wisair, Staccato, Alerion 등에서 MB-OFDM UWB 샘플 칩 출시를 발표했으나 아직 칩 성능 개선하고 있다.

Intel은 삼성전자, Agere, HP, Microsoft, NEC, Phillips 등과 무선 USB 프로모터 그룹을 결성하여 UWB 기반의 무선 USB 표준을 제정하고 기술 개발 중이며, IEEE 1394 TA에서는 UWB 기반의 무선 1394 표준을 제정하여 기술 개발 중이다. Multispectral(미국)의 “Sapphire DART”는 실시간 위치인식 시스템으로 사용하기 위해서 RFID를 위한 솔루션으로 최대 200m의 전송거리, 30cm 보다 좋은 해상도, 5년 동안 유지되는 배터리 수명의 특성을 갖는 802.15.4a 기술을 개발하였으며, Ubisense(영국)의 “Ubisensor & Ubitag”는 작업장, healthcare와 보안 등에 사용가능하도록 Tag와 센서로 구성된 시스템으로 최대 50m 전송거리, 15cm 정도의 해상도를 갖는 기술을, Aetherwire(미국)의 “Aetherwire Localizers”는 수십 cm 정밀도를 가지는 low-cost CMOS circuit을 구현하였다.

국내 젤라인에서 20Mbps급의 고속 전력선 통신 핵심칩을 상용화하고 50Mbps급 이상의 전력선 통신 기술 개발 중이다. ETRI는 110Mbps급 DS-CDMA UWB 샘플 칩셋을, ETRI/SAIT는 공동으로 200Mbps급 MB-OFDM UWB 샘플 칩셋을 개발하였으며, 무선 1394 기술 개발에 성공하였다. 또한 ETRI, KETI 등은 250kbps급 ZigBee칩을 개발하는 등 유선보다는 무선기술 개발에 집중하고 있다. 삼성전자, LG전자, 대학 등에서 근거리 무선 통신의 구현 방안으로 연구를 수행 중이다. 최근에 유비쿼터스 서비스에서 중요한 위치인식의 정밀도를 높일 수 있도록 표준화가 진행되는 802.15.4a 기술에 대해서 국내의 전기연구소, ETRI, 오소트론 등에서 표준화에 적극 참여하고 있으나 제품과 서비스는 개발을 계획하고 있다.

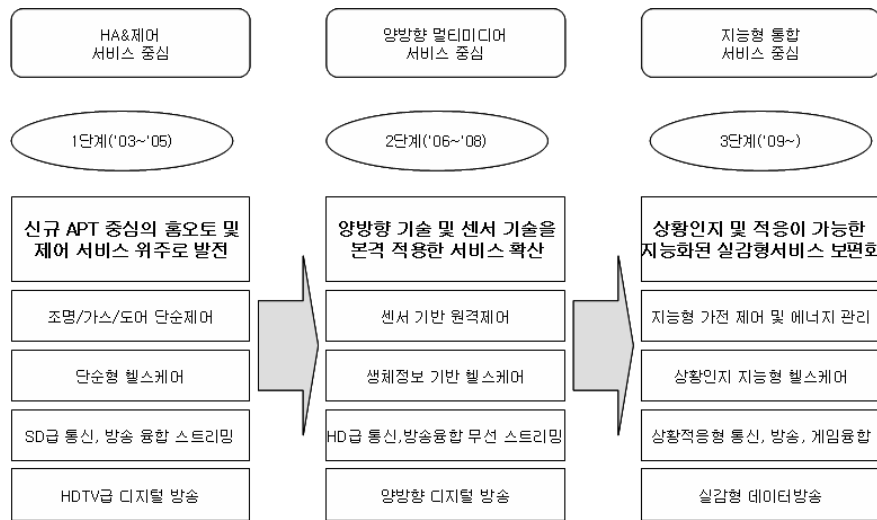


그림 8-14 홈네트워크 서비스 발전 방향

5.3.3. 정보가전 기술

기존 가전기기들이 홈네트워크에 연결되고 있으며, 오디오, 비디오 등 AV 기기들의 지능화가 빠르게 진행되고 있다. 이탈리아의 Meloni사는 전력선을 이용한 냉장고, 에어컨 등을 상용화하였으며, GE사 등도 전력선을 이용한 정보가전기기 시제품을 출시하였다. 대부분의 AV기기들이 1394를 기본적으로 지원하므로 미츠비시사 등에서 HAVi 기반의 HDTV와 VTR을 상용화하였으나, 최근 들어 DLNA (Digital Living Network Alliance)의 세력 확산에 따라 삼성전자, 소니 사 등에서는 2005년 하반기부터 DLNA 기반 AV 기기들이 주류를 이룰 것으로 전망된다.

또한 유비쿼터스 홈이 가시화되면서 홈센서간 정보 교환이 가능하도록 홈센서가 지능화되고 착용 가능한 형태로 발전하고, RFID 및 유비쿼터스 ID를 기반으로 다양한 정보를 제공할 수 있도록 발전할 것으로 전망된다. 센서는 홈오도메이션 서비스의 필수 구성요소로써 주로 방법·방재, 실내환경조절, 원격검침 등에 사용되고 있으며, 향후 센서 기술은 지각화 센서, 극한 환경 센서, 마이크로 미케니컬 센서(미소기계 소자), 바이오 센서 등으로 발전해 나갈 것으로 예상되며, 지능화, 다원화, 다양화되고 있다.

삼성전자와 LG전자 등에서는 전력선 통신을 이용하는 냉장고, 세탁기, 에어컨, 전자 레인지 등의 상용화 제품을 개발하였으며, 온도, 습도 센서 기술은 일부 홈오토메이션 업체에서 개발하였으나 지능화된 홈센서 및 RFID의 핵심 기술에 대한 개발은 미비하다. 현재 국내의 경우, 대부분의 RFID 관련 산업은 그 기술의 수준이나 상품경쟁력에 있어 매우 취약한 소규모의 중소기업으로 구성되어 있으며, 경쟁력 확보와 시장개척을 위한 노력이 필요한 실정이다.

5.3.4. 지능형 미들웨어 기술

2000년부터 MS, 인텔, 소니 사 등은 각사가 우위를 점하고 있는 분야 중심으로 미들웨어에 대한 표준을 선도하여, 현재 미들웨어 기술은 UPnP(Universal Plug and Play), LonWorks 등 다양한 단체 표준이 혼재되고 있다. 특히 최근에 들어오면서 다양한 이종 미들웨어간에 상호 호환성 부재가 홈네트워크 확산의 부재로 인식되면서 이들간 상호호환과 연동을 보장하려는 기술개발이 시작되고 있다.

또한 점차 무선 홈네트워크 환경이 확산됨에 따라 무선 홈네트워크에 연결되는 디바이스를 안전하고 자동으로 구성하여 관리할 수 있는 미들웨어의 필요성을 인식하며 이에 대한 개념이 정립되고 있다. 그리고 유비쿼터스 홈을 구체화하는 상황인지 미들웨어 기술에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. 2003년 6월 인텔, MS, 소니, 삼성전자 등은 디바이스간에 상호호환성을 보장하는 미들웨어를 정의하기 위해 DLNA를 결성하고 2004년 6월에 버전 1.0을 발표하였다.

또한 MIT, IBM, MS, 소니 등은 유비쿼터스 홈 환경구현을 위해 홈센서 미들웨어 기술과 상황 적응형 미들웨어 기술 개발 진행 중이다. 또한 워싱턴 대학에서는 유비쿼터스 홈에서 예기치 못한 장애가 사용자의 불만족과 자원의 낭비에서부터 사람의 생명을 위협하는 등 홈네트워크 확산의 저해요인이라고 인식하고 장애를 스스로 감지하고 이에 대해 자율적으로 대처할 수 있는 기술에 대한 개발을 진행하고 있다. ETRI, 삼성전자, LG전자 등에서 UPnP, LonWorks, HAVi, LnCP 등의 미들웨어를 개발하였으며, ETRI와 KETI에서는 이종 홈네트워크 환경에서 정보가전기기간 상호연동을 제공하는 기술을 개발하고 있으며, 삼성전자, LG전자, ETRI 등에서 DLNA와 UPnP 등의 표준화 활동 등 원천기술 확보를 위한 투자가 집중되고 있다.

그리고 광주과학기술원, ICU, 연세대 등에서 유비쿼터스 환경을 위한 태그기술, 상황인지 기술, 지능형 에이전트 기술 등 개별 기술에 대한 연구는 진행되고 있으며, ETRI에서 유비쿼터스 홈 구축을 위한 상황적응형 미들웨어 기술 개념을 정립하고 기술 개발을 진행 중이다.

6. RFID/USN

6.1. RFID와 USN의 개념

RFID(Radio Frequency IDentification)는 무선 전파를 이용해 사물에 부착된 태그로부터 정보를 인식하는 기술을 뜻한다. RFID 기술은 기존의 바코드 기술을 대체할 차세대 기술로 정보통신은 물론 물류, 유통, 공급망, 교통, 환경 등의 다양한 분야에 적용이 가능하다. 기술적으로 RFID는 자동인식기술(automatic identification and data capture)의 한 종류로 사물에 전파를 매개로 하는 초소형 칩과 안테나를 태그 형태로 부착해 안테나와 리더기를 통해 사물 및 주변환경 정보를 무선 주파수를 통해 전달하는 일종의 비접촉형 자동식별 기술이다.

USN(Ubiquitous Sensor Network)은 앞서 설명한 단순 인식 정보를 제공하는 RFID에 감지(sensing) 기능이 추가되고 이들 간의 네트워킹이 이뤄져 실시간으로 통신이 가능하게 되는 형태를 의미한다. 즉, 필요한 모든 사물에 RFID를 부착하고(ubiquitous), 이를 통해 사물의 인식 정보를 기본으로 주변의 환경 정보까지 탐지(sensing)하여 이를 실시간으로 네트워크에 연결해 정보를 관리하는 것(network)을 말한다. 궁극적으로 USN은 모든 사물에 컴퓨팅 및 커뮤니케이션 기능을 부여해 언제, 어디서나 통신이 가능한 환경을 구현하는 것을 뜻한다. USN의 개념을 설명한 그림은 아래와 같다.



6.2. RFID 원리 및 특성

RFID는 태그, 안테나, 리더, 컴퓨터로 구성되는 일종의 무선통신 시스템이다. 태그는 물품 등에 부착되어 이동하며, 지상이나 건물에 고정되어 있는 안테나와 무선통신을 행한다. 이때 리더는 안테나와 태그의 교신을 제어한다거나 컴퓨터 같은 상위 기기와 태그 사이의 프로토콜 교환을 실행한다. 그림 8-15는 RFID 구성도를 보여주고 있다.

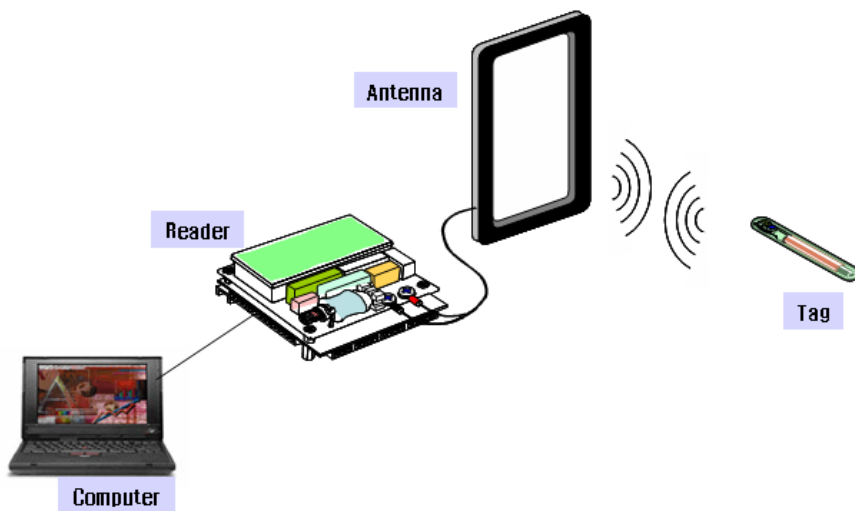


그림 8-15 RFID 구성도

RFID는 135kHz 이하, 13.56MHz, 433MHz, 900MHz, 2.45GHz 등의 주파수로 크게 구분되며 각 사용주파수에 따라 RFID 특성이 달라진다. 표 8-7은 주파수별로 RFID의 특성을 보여주고 있다.

표 8-7 RFID 주파수별 특성비교

주파수	저주파	고주파	극초단파		마이크로파
	135kHz 이하	13.56MHz	433MHz	900MHz	2.45GHz
인식거리	수십 cm	수십 cm	수십 m	수 m	1m 이내
동작방식	수동형	수동형	능동형	능동·수동형	능동·수동형
특성	- 비교적 고가 - 환경에 따른 성능 저하 거의 없음	- 저주파보다 저가 - 다중태그 인식 분야에 적합	- 긴 인식거리 - 환경에 민감	- IC 칩 기술발달로 가장저가 - 다중태그인식분야 적합	- 고난이도 기술 적용 - 환경에 민감
적용분야	- 공정자동화 - 동물관리	- 수확물 관리 - 교통카드 - 출입통제	- 컨테이너 관리 - 실시간위치 추적	- 공급망 관리 - 자동통행료 징수	위조 방지
인식속도	저속 <—————> 고속				
환경영향	강인 <—————> 민감				
태그 크기	대형 <—————> 소형				

6.3. 기술 현황

미국은 RFID를 이용한 상품관리를 위해 MIT 대학을 중심으로 북미지역코드 관리기관(UCC, Uniform Code Council), 국방성, 산업체 등과 협력해 ‘Auto-ID 센터’를 지난 1998년에 설립해 기술 개발 및 상용화 추진에 힘을 싣고 있다.

유럽은 2001년에 시작된 정보화사회기술계획의 일환으로 ‘사라지는 컴퓨팅 계획(Disappearing Computing Initiative)’ 사업을 통해 관련 기술을 개발 중이다.

일본은 모든 사물(특히 공간, 의복 등)에 초소형 칩을 이식하고 네트워크를 구성해 통신이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하고자 ‘유비쿼터스 ID 센터’를 2005년에 설립하였다.

우리나라는 일부 업체에서 RFID 시스템을 개발완료 하였으나 리더의 주요 칩은 전량 수입에 의존하는 실정이고 태그는 일부 중소기업에서 소량 조립 생산하는 수준이다. 주변 환경의 영향을 받지 않는 차폐기술 등의 패키징 기술력은 해외 선진업체에 비해 뒤떨어져 있으며, 리더기는 RF 모듈, 안테나 등 핵심 부품을 수입해 조립 생산하고 있다.

6.4. 표준화 동향

RFID의 표준화 추진을 위해 국제 표준화 기구인 ISO(International Standardization Organization)와 국제 전기기술위원회인 IEC(International Electrotechnical Commission)에서 JTC(Joint Technical Committee)1 이라는 합동 기술위원회를 만들었으며, 이 JTC1에서 바코드나 RFID 기술의 표준화를 위해 SC(Sub Committee)31을 특별 구성하였다. 이 SC31 위원회 밑에 실제 RFID 표준을 담당할 4개의 작업 그룹(WG : Working Group)을 만들어 SG1에서 데이터 프로토콜 분야, SG2에서 고유번호 부여 분야, SG3에서 에어 인터페이스 분야, SG4에서 응용 요구사항 분야에 대한 표준화를 진행하고 있다. 이러한 표준화 진행 체계는 그림 8-16과 같다.

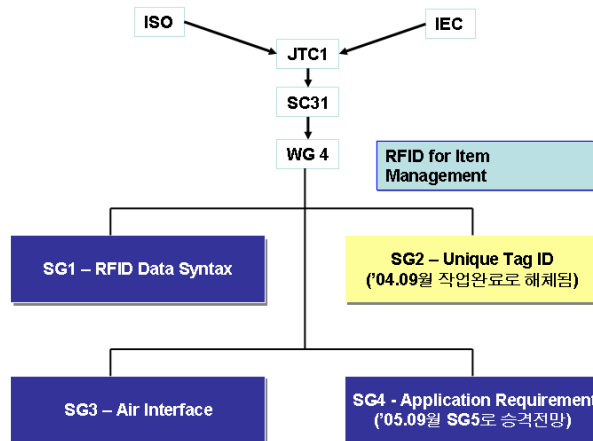


그림 8-17 표준화 추진 체계 구성도

6.4. USN 기술

USN은 그림 8-17과 같이 sensing, tracking, monitoring, actuating의 4단계로 수행된다. RFID에서 발전된 USN의 핵심 기술은 다음과 같이 구분할 수 있다.

(1) 센서 네트워크

센서 노드에서 USN 서비스를 위한 온도, 가속도, 자기장, 압력 등의 센싱 기술이 필요하며, 노드의 이동성, 통신범위 확대, 데이터 신뢰성 제공, WPAN, WLAN, Ad-hoc 등의 동적 네트워크 기술이 필요하다.

(2) USN 미들웨어

대용량의 실시간 센싱 데이터 관리를 할 수 있어야 하고, 상황 인식 및 정보생성, 관리 등을 수행할 수 있어야 한다.

(3) USN 네트워크 관리

노드 위치인식, 노드 전력제어, 노드 관리 등의 센서 네트워크를 관리해야 하고, USN 서비스의 인프라를 통합 관리해야 한다.

(4) USN 보안

보안 칩 및 인증 기술개발이 필요하며, 디지털 인증·증명의 인프라가 확충되어야 한다.

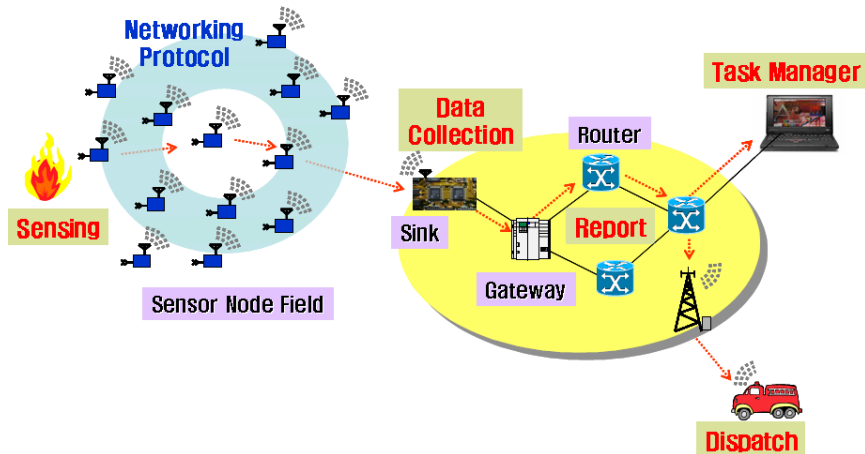


그림 8-17 USN 기본 체계 구성도

8장 연습문제

1. RFID 기술을 포함하는 포괄적인 개념의 광대역 이동통신망에 사용되는 기술 이름은?
2. 위성 DMB에서 음영지역 중계기로 사용하는 장치 이름은?
3. DMB의 종류에는 위성 DMB와 지상파 DMB가 있다. 두 DMB 모두 휴대 단말기를 통해 멀티미디어 서비스를 제공하는 점이 같다고 할 수 있으나 서로 다른 점도 있다. 두 서비스 종류가 다른 점 2가지를 써라. 단, 주파수 범위가 다른 것은 제외한다.
4. DMB의 종류에는 위성 DMB와 위성 TV가 있다. 위성 TV는 현재 Sky life라는 이름으로 위성을 이용해 사용하고 있다. 같은 위성을 이용하는 위성 DMB가 위성 TV와 다른 점을 간단히 설명하라.
5. 휴대인터넷은 서비스 이동속도에 따라 표준명이 다르다. 고속 이동시에 필요한 휴대인터넷 표준이름과 한국에서 제안한 기술 이름을 써라.
6. 집안에 있는 가전기기, 정보통신 기기, 오락기 등을 하나의 네트워크로 구성하는 광역적 개념의 네트워크 이름을 무엇이라 부르나?
7. IMT-2000, 무선랜, 휴대인터넷, 위성 DMB의 주파수가 높은 것에서부터 낮은 것으로 순서대로 써라.
8. 휴대인터넷은 사용 주파수를 따로 할당받지 않고 다른 방식의 주파수 대역을 사용한다. 이 방식 이름은?
9. 무선 멀티미디어 서비스가 제공하려고 하는 사용 주파수는 얼마 이상이며, 전송 속도는 얼마 정도까지 제공하려고 하는지 수치로 써라.

10. RFID 표준화 그룹 중 WG(Working Group) 4 아래에 있으면서 air interface 규격 등을 표준화하는 그룹 명칭은?

11. 다음은 EPC 체계로 된 코드 번호(4개로 구분됨)의 한 예를 보여주고 있다. 이 4 그룹의 코드는 각각 몇 bit씩을 차지하고 있으며, 그 기능은 무엇을 나타내는지를 말하라(각 숫자 및 알파벳의 의미는 없음).

19. 289BCF7. 26858C. 6739AFB38

12. Reader의 다중 인식 기술 중 Adaptive SDMA(Space Division Multiple Access) 방식이 있다. 이 방식을 설명하고, 그 특성을 간단히 언급하시오.

13. 충돌방지 알고리즘 중 Binary Search 방식에 대한 설명이다. Tag의 고유번호가 아래와 같을때 다음 물음에 답하여라.

Tag 1 : 100111, Tag 2 : 110010, Tag 3 : 011001, Tag 4 : 111000, Tag 5 : 001100

- 1) Binary Search를 위해 Reader가 요구하는 최초의 조건이 11111이라고 할 때 최종 Reader가 읽게 되는 Tag가 선택되기까지의 알고리즘 Flow를 그려라.
- 2) Reader가 요구하는 최초의 조건이 01111이라고 할 때 최종 Reader가 읽게 되는 Tag가 선택되기까지의 알고리즘 Flow를 그려라.
- 3) 1)번과 2)번 결과를 간단히 설명하고, Binary Search 방법이 가지고 있는 특성을 설명하라.

차세대 이동통신시스템

2007년 3월 10일 초 판 발 행
2007년 8월 15일 초판2쇄발행

- 저 자 안성수 · 강민수 · 이원철
- 발 행 인 이 성 범
- 발 행 처 문 운 당

주 소 서울특별시 종로구 명륜동 1가 45-3
출판등록 1962년 7월 4일 제 1-139
전화번호 영업 (02)762-6010, 6981/743-3504~5
편집 (02)762-4461/ 팩스 (02)745-0265
홈페이지 <http://www.munundang.co.kr>
E-mail munun2@chollian.net

ISBN 978-89-7393-405-8 93560

- * 저자와의 협의에 의하여 인지를 생략합니다.
- * 저작권법에 의하여 보호를 받는 저작물이므로 무단 전재와 복제를 금합니다.

정가 12,000원