

차세대 이동통신 기술

김선영, 박재홍
한국전자통신연구원

요약

디지털기술이 컴퓨터와 통신의 융합을 가능케하고 있으며, 이어서 최근 방송과 통신기술의 융합이 언급될 정도로 방송과 통신과는 밀접한 관계가 있다. 통신과 방송은 CATV, 위성방송, 디지털 방송 시스템 등에서 이미 기술적으로 많은 공통부분이 이용되고 있다. 따라서 각 가정의 가입자 선로에 광가입자선 또는 광대역 무선이 도입되면 B-ISDN, ATM 등의 기술을 이용하여 넓어진 대역으로 종래의 방송 프로그램뿐만 아니라 전화, 인터넷 등 통신서비스가 함께 지원되는 통신방송융합망의 형태가 실현될 것으로 예견되고 있다 [1]. 본고는 차세대 이동통신 시스템인 IMT-2000 기술에 대해 언급하였다. 이동통신의 원리, IMT-2000 시스템 구성 및 필요성을 다루고, 이를 실현하기 위한 신기술에 대한 소개 및 문제점을 검토하고, 향후 방송과의 연관관계에 대해 논한다.

I. 서론

우리나라가 89년에 시작하여 96년에, 제2세대 시스템인 CDMA 디지털 이동통신 시스템의 상용화를 세계 최초로 성공시켜, 현재 가입자수가 4백 50만에 이르고 있음은 주지의 사실이다. 개발 동기는 서울과 같은 인구 밀집 지역의 급증하는 가입자 증가를 해결할 목적이었다. 그 당시 서비스중이던 제1세대 아날로그 방식 이동통신 시스템으로는 통신 수요를 해결할 수 없을 뿐더러, 이왕이면 국제경쟁력을 갖춘 시스템을 개발하기로 결정하였다.

이같은 상용화의 성공을 초석으로 하여 97년부터 차세대 이동통신 시스템인 IMT(International Mobile telecommunications)-2000에 관한 개발이, 2005년경 상용화를 목표로 진행되고 있다. 목적은 하나의 단말기로 전세계 어디서나, 언제나 양질(high quality)의 멀티미디어

어(음성, 비디오, 데이터, 인터넷) 통신이 가능한 시스템을 개발하자는 것이다. 이와 관련하여 전세계적으로 국제전기통신연합 ITU-R에 제출하도록 되어 있다. 그러나 표준화와 병행하여 각 국가간, 지역간 표준화에 대한 물밑교섭이 활발히 진행중이며 현재 크기는 유럽 ETSI와 일본 ARIB의 절충안인 Wideband CDMA 방식 및 기존 IS-95 CDMA와 호환성을 전제로 하여 미국의 TIA TR455에서 진행중인 Wideband CDMAone의 두 부류가 있다. 프로토콜 및 시그널링관련하여서는 기능 구조, 정보흐름, 시그널링 요구조건 등의 초안 정도만 진행된 상태이며, 미국은 IS-95 프로토콜의 확장, 유럽 및 일본은 광대역 ISDN 프로토콜 또는 GSM 프로토콜을 확장하는 방향으로 진행되며, 금년말 정도에야 어느 정도 윤곽이 드러날 전망이다.

본고에서는 먼저 II 절에서 CDMA 이동통신과 기존 통신과의 차이점을 살펴보고, 그 다음 디지털 이동통신의 문제점과 차세대 이동통신의 목적, 그리고 시스템의 구성에 대하여 언급하고, III 절에서는 IMT-2000 시스템 구현을 위한 관련 기술에 대해 검토하고 IV 절에서 결론을 맺는다.

II. IMT-2000 시스템

1. CDMA 이동통신의 원리

통신이란 음성, 영상, 데이터 등의 정보를 주고 받는 것이다. 기존의 통신과 대비하여 이동통신으로 인하여 나타나는 차이점은 이동 가입자가 있는 위치를 추적하여 통화를 연결시켜 주어야 한다는 점과, 이동으로 인해 다경로 페이딩이 발생하여 정보를 올바르게 수신하기 위한 이동 수신기 설계에 향상된 기술의 사용이 필요하고, 제한된 주파수 대역을 여러 가입자가 공유하여 사용하기 위한 CDMA와 같은 다원접속(Multiple Access)방식이 필요하다는 것이다. 정보를 무선채널을 통하여 손실없이 전달하기 위해 신호를 잘 포장하는(기저대역 변조, 채널부호화, 인터리빙, 기저대역 필터

링, RF 변조) 것은 기존 통신과 차이점이 없다. 즉 기존 통신시스템과 비교할 때 국내에서 현재 상용 서비스중인 CDMA 이동통신시스템은 가입자 정보를 저장하여, 가입자가 어느 위치에 있는지를 찾아 통화를 연결시켜 주는(위치등록) 데이터베이스인 홈위치등록기(Home Location Register, 전체 가입자 정보 저장, 호적등록지와 유사), 방문자위치등록기(Visitor Location Register, 주민등록지와 유사)가 있고, 통화중에 가입자가 다른 시스템 영역으로 이동하면서 통신할 때, 가입자가 의식하지 못하도록 부드럽게 통화를 절체 연결시켜 주는 핸드오버(Handover)기능과 CDMA 통신을 위해 PN코드를 사용하는 것을 제외하고는 다른 점이 없다.

그림 1은 이동통신 시스템의 구성을 나타낸다. 크게 이동 단말기(MS), 기지국(BS), 이동통신 교환기(MSC), 그리고 앞서 언급한 VLR 및 HLR로 구성된다. 단말기와 기지국간에 CDMA 방식의 무선으로 이동하면서 통신을 하는 것이 특징이다.

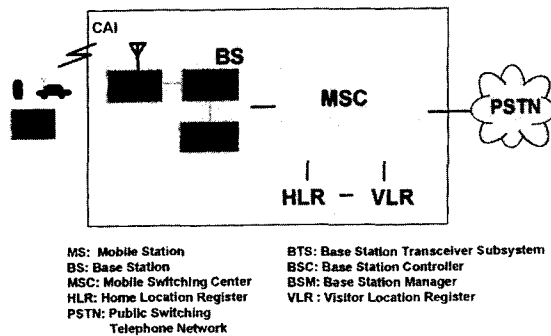


그림 1. 이동통신 시스템의 구성

그러면 어떻게 CDMA 통신이 이루어지는가의 원리를 살펴본다. 다원접속이란 여러 사용자가 동시에 통화할 수 있도록 상대방의 통화에 방해가 되지 않게 하면서, 한정된 통신자원(Communication Resources)을 분배해 주는 즉 자원을 공유케하는 방법으로 정의된다. 이 같은 통신자원의 분배 방식중 하나가 CDMA(Code Division Multiple Access: 부호분할다원접속)이다.

CDMA는 개념적으로 연회(Party)장에 비유할 수 있다. 전체적으로 보면 시끌벅적 하지만 연회장에 모인 많은 사람들은 저마다 주위환경에 상관없이 상대방과 대화를 하고 있다는 점이다. CDMA 방식은 가입자별로 다른 코드채널을 할당하기 때문에, 코드채널의 수만큼 동시에 여러 가입자가 통화를 할 수 있는 방식이다. 이

때 상대방과 통화가 가능하기 위한 전제조건이 두가지가 있는데 첫째는 수신시 송신측과 동일한 PNC(Pseudo Noise Code)를 사용해야 한다는 점과 두번째는 코드 동기가 정확히 이루어져야 한다는 점이다.

이같은 통신이 가능한 이유는 대역확산(Spread Spectrum)통신의 원리에 근거를 두고 있다. 즉 송신측에서는 여러 사람의 신호가 주파수와 시간 영역에서 겹쳐져서 송신되지만, 수신측에서는 송신측과 동일한 PN 코드를 사용하여 역확산시키면 원하는 신호는 상관(correlation) 에너지값이 크게 복원되고, 원하지 않는 신호는 반대로 확산되므로, 결과적으로 간섭 또는 잡음 신호의 영향이 기존 방식에 비해 상대적으로 크게 감소되어 원하는 신호의 분리가 가능해지기 때문이다. 이때 PN 코드를 사용하는 이유는 자기 상관 특성이 우수하여 동기 시스템에 적용하기가 적합하기 때문이다. PN코드를 사용하면 동기가 된 경우와 아닌 경우의 에너지 차이가 커서 동기 식별이 아주 용이한 특징이 있다.

앞서 언급한 바와 같이 현재 서비스되고 있는 CDMA 이동통신 시스템은 원리면에서 볼 때, PN 코드를 사용하는 것을 제외하고는, 기존의 통신 시스템과 같다. 즉 디지털 통신이므로 송신측에서는 1 또는 0으로 구성된 일련의 디지털 정보를 송신하는데 이 신호가 무선 채널을 통해 멀리 있는 상대방에게 잘 전달되도록 신호를 포장(채널부호화, 인터리빙, 기저대역 변조, 필터링 등이 이 역할을 함)하여 차에 태워(RF 변조가 이 역할을 함)보낸다. 수신측에서는 이 신호를 차에서 내려(RF 복조가 이 역할을 함) 포장을 벗기면(채널 디코딩, 디인터리빙, 기저대역복조가 이 역할을 함) 원하는 디지털 정보를 수신할 수 있다는 관점에서 기존의 통신과 원리는 같다. 따라서 CDMA를 이해하기 위해서는 차이점인 PN 코드에 의한 CDMA 송수신 원리를 살펴보면 된다.

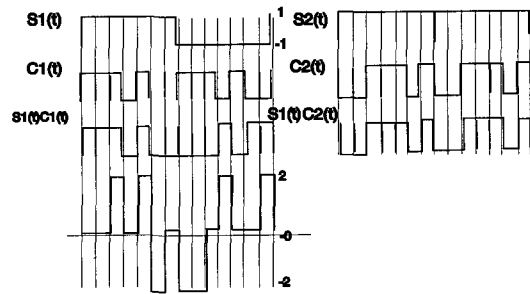


그림 2. CDMA 방식의 송신(시간영역)

그림 2와 같이 가입자 S1이 C1이라는 PN코드를 사용하여 1, -1인 정보를 송신하고 가입자 S2는 C2이라는

PN 코드를 사용하여 1, 1인 정보를 송신하며, 현재 사용 중인 가입자가 둘 뿐인 경우로 가정하자. 여기서 한 심볼구간은 7개의 PN 칩이 되게 하였다. 이때 실제 전송되는 신호는 두 신호의 합인 $S1(t) * C1(t) + S2(t) * C2(t)$ 가 될 것이다.

따라서 두 사용자의 신호를 더하면 시간영역에서의 실제 신호레벨은 2, 0, -2 세값중 하나로 나타날 것이고, 이를 주파수영역에서 살펴보면 그림 3과 같이 각 가입자의 원래 신호가 대역확산되어 나타날 것이다. 여기서 는 두 가입자를 가정하였으므로 그림 3과 동일한 스펙트럼이 더해져 에너지가 두배로 나타날 것이다.

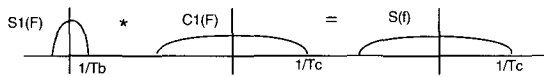


그림 3. CDMA 방식의 송신(주파수영역)

S1이 보낸 정보를 수신하고자 한다고 가정할 때, 이를 위해서는 S1과 공인한 PN 코드 C1을 사용해야 한다. 따라서 수신측에서 동일한 PN코드 C1을 다시 한번 곱하면 출력은 그림 4와 같이 +2, 0, -2의 세값중 하나로 나타난다. 그 다음 심볼 주기만큼 적분을 하여 적분기의 출력 즉 면적을 구해보면, 처음 심볼구간동안은 3, 5, 7번째 칩구간에서 면적이 증가하고 나머지 구간은 증가없이 그대로임을 알 수 있다. 두번째 심볼에서는 1, 2, 4, 7번째 칩구간에서 면적이 감소하고 나머지 구간은 감소없이 그대로임을 알 수 있다. 따라서 적분기 출력은 아래와 같은 계단모양으로 나타난다. 그 다음 0을 기준 임계치로하여 이보다 크면 +1, 작으면 -1을 송신할 것으로 판단한다. 따라서 S1은 1과 -1의 정보를 전송하였음을 알 수 있다. 수신결과는 가입자 S1이 실제로 송신한 1과 -1의 정보와 동일함을 그림 2에서 확인할 수 있다.

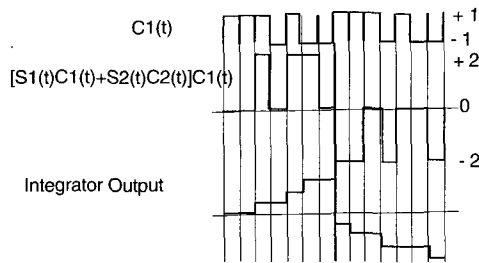


그림 4. CDMA 방식의 수신(시간영역)

지금까지 이상적인 경우를 예를 들어 CDMA원리를 살펴보았다. 그러나 실제의 경우는 이동통신 채널의 다경로 페이딩특성으로 인하여 신호가 지연 및 손상되어 수신되므로 이를 수신하기 위해서는 복잡한 RAKE 수신기 및 PN코드 동기획득 및 추적회로를 사용해야 한다. 또한 일반적으로 이동통신의 경우 모든 단말기가 같은 신호세기로 송신한다면 기지국에 가까운 단말기로부터 신호는 큰레벨로 수신되고, 멀리 있는 단말기로부터의 신호는 약하게 수신되어 먼곳의 단말기는 통화를 할 수가 없을 것이다. 따라서 전력제어가 필요한데, 특히 CDMA 시스템의 경우 기지국으로부터 단말기에 수신되는 신호는 변동범위(Dynamic Range)가 -25dBm 부터 -105dBm까지 80dB 정도로 크다.

따라서 모든 단말기로부터의 신호가 기지국에 동일한 레벨로 수신되도록, 이같은 근원간섭(Near-Far)문제의 해결을 위해 단말기의 송신전력조정(Power Control)을 큰범위로 해 주어야 한다. 전력제어는 CDMA의 용량이 기존 아날로그 방식의 10~15배가 되기 위한 전제 조건으로서 중요하다. 전력제어가 불완전하면 CDMA의 용량면에서의 잇점은 얻을 수 없다. 현용의 상용시스템에서는 이 기능이 구현되어 잘 동작되고 있어 전력제어로 인한 문제는 없다.

2. IMT-2000 시스템

그림 5는 이동통신 시스템의 발전 단계를 나타낸다. 현재 우리나라에서는 1세대의 아날로그 FM 방식부터 25세대 PCS까지 세가지 방식의 상용 서비스가 제공중이다. 그 다음으로 2005년경 사용서비스 예정인 시스템이 IMT-2000인데 목적은 다음과 같다.

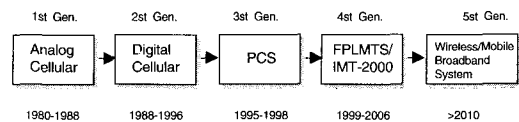


그림 5. 이동통신 시스템의 발전단계

하나의 단말기로(a small pocket terminal) 전세계 어디서나 언제든지 양질(high quality)의 멀티미디어(음성, 비디오, 데이터, 인터넷)통신이 가능한 시스템을 개발하는 것이다. 그림 6은 이동성과 전송속도의 관계를 나타낸다. 그림과 같이 기존의 디지털 이동통신 시스템의 문제점은 고속, 광대역 정보의 전송은 불가능하다는 것이다(현재의 국내 CDMA PCS 방식조차도 전송속도가 최대 144kbps로 제한되어 있음). 또 하나의 단점은 하나의 단말기로 전세계 어디서나 사용이 가능하지(Global Roaming) 않다는 것이다. 따라서 위에서 언급한

IMT-2000의 목적 달성을 위해서는 최소한 실내 2Mbps 이하, 옥외 및 보행자 384kbps 이하, 차량 144kbps 이하의 전송속도가 필요하며, 전세계 어디서나 사용하기 위해서는 각 시스템간 공통성을 최대로 두어 상호간 동작이 가능하도록, 호 및 서비스 제어 관련부분은 전세계적으로 통일되어야만 가능할 것이다.

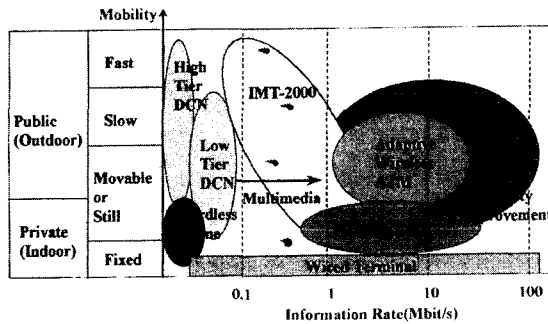


그림 6. 정보 전송속도와 이동성과의 관계

이같은 목적의 차세대 시스템을 어떻게 개발할 것인가는 많은 논란이 되어왔고, 논란이 진행중이다. 상식적으로 두가지 측면에서 생각할 수 있다. 하나는 기존의 시스템을 수용하면서 진화된 시스템을 구성하는 것이고, 다른 하나는 새로운 별도의 시스템을 구성하는 것이다. 하여간 기술적으로 그림 6으로부터 살펴볼 수 있듯이 기존의 차량용 또는 저속 보행자 중심의 이동망으로부터 고속, 광대역으로 전화시켜가는 것과 고정망에 지능망 또는 ATM/광대역 ISDN 및 이동성(Mobility)기능을 부가하여 진화시키는 두가지 측면에서 생각할 수 있을 것이다. 또한 서로 다른 관점에서 출발 진행되어도, 궁극적으로 기능이 통합되는 방향으로 수렴할 것이라는 것을 쉽게 예측할 수 있을 것이다.

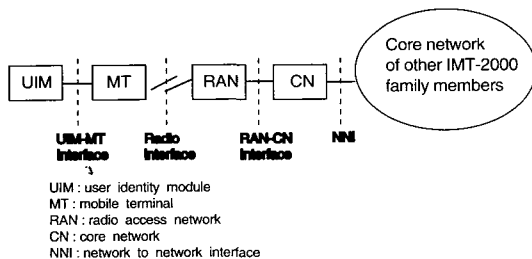


그림 7. 동일계열 망 개념도(Network Family Concept)

그림 7은 최근 ITU에서 논의된 동일계열 망 개념도(Network Family Concept)이다.

Family Concept의 중요한 특징은 전세계적으로 새롭게 개발되는 IMT-2000 시스템은 필요한 최소한의 서비스 및 망 기능을 지원해야 하며 ITU가 정의한 필요한 최소한의 인터페이스(UIM-MT, Layer 1을 제외한 무선 접속 규격, NNI)를 지원해야 한다는 것이다. 즉 각국에서 나름대로 개발되는 시스템은 위의 규정을 만족하는 또 다른 계열이 되거나 어느 한가족의 부류에 소속될 수 있다는 것이다. 이런 개념에 의하면 서로 다른 시스템간의 통합망의 구성이 가능할 것이며, 또한 전세계 어디서나 통화가 가능하기 위해(global roaming) 최소한 UIM-MT 및 CN간의 NNI는 유일해야 한다는 것을 표준화의 필수사항으로 하고 있다. 또한 함축된 의미로는 좀더 표준화에 적극적인 유럽이나 일본의 안에 대해 미국이 표준화 진행에 방해가 되지 않도록 하는 함축적인 의미도 포함이 되어 있다. 또한 차세대 시스템의 서비스 예정시기인 2005년경에도 1세대부터 25세대 시스템이 계속 서비스중이라는 사실을 고려할 때, 기존 시스템과의 호환성을 고려한 방향으로 좀더 비중있게 표준화가 진행되고 있다. 또한 이같은 미래의 새로운 시스템의 개발전개 속도 및 성공여부는 고객 서비스 제공자, 운전자, 조정법규, 제조업체간의 관점의 정도의 따라 국가간 지역간에 많은 차이를 나타내고 있으며 결국은 국제경쟁력과 밀접한 연관이 있는 중요 사안이 된다는 사실을 간과해서는 안될 것이다.

III. IMT-2000 시스템 구현을 위한 기술

이동통신 시스템 구현에 가장 먼저 선행되어야 할 것은 무선접속 분야의 표준화이다. 표 1은 현재 미국, 일본/유럽, 우리나라에서는 논의되고 있는 제3세대 이동통신의 무선전송방식에 대한 기술적 특징을 나타낸 것이다. 크게 기지국간의 동기가 요구되는 동기방식과 동기가 필요없는 비동기방식으로 분류할 수 있고 제2세대 시스템에 비해 멀티미디어를 수용하기 위한 고속, 광대역 기술이 적용된 것이 특징이다. 개념적으로 설명하면 용량증대를 위해 간섭을 축소하며, 효율적으로 신호를 잘 포장하여 전송할 수 있는 방법(음질이 좋은 가변 음성부호화 방식, 주파수 효율이 좋은 복소확산 변조방식, 가변확산방법적용, 역방향 링크에 파워를 추가에 의한 동기방식 사용, 고속 광대역전송을 위한 멀티캐리어 및 멀티코드 사용, 데이터 전송을 위한 연결부호화 방식의 사용)을 적용하고 있다는 것이다. 프로토콜 및 시그널링 분야에서는 전세계 어디서나 통신을 위한 이동 서비스의 구현이 목적이다. 이를 위하여 가입자식별 모듈(UIM)은 중요한 포인트중의 하나이다. 즉 이 모듈은 가입자가 전세계 어디서나 서비스

표 1. 각국의 무선전송 제안방식 비교

시스템	ETRI	Wideband CDMAone (미국)	ARIB/ETSI (유럽/일본)
채널대역폭(MHz)	1.25/5/20	1.25/5/10/20	1.25/5/10/20
칩속도(Mcps)	0.9296/3.6864/14.7456	1.2288/3.6864/7.3728/14.7456	1.024/4.096/8.192/16.384
프레임길이(ms)	10	20, 제어채널(5)	10
기지국간동기	동기	동기	비동기
심볼변조(DL/UL)	QPSK/QPSK	BPSK/BPSK	QPSK/QPSK
확산변조(DL/UL)	QPSK/QPSK	QPSK/OQPSK	QPSK/QPSK
PN 확산코드 (DL/UL)	I, Q short and long PN Short and long PN	I, Q short and long PN Short and long PN	I, Q short and long PN Short and long PN Kasami
시그널링 전송방법	Outband	Outband	Outband
멀티레이트	가변확산 및 멀티코드	멀티캐리어+F/S 채널	가변확산 및 멀티 코드
채널부호화	음성:CC(K=9, R=1/3) 데이터:CC+RS	음성:CC(K=9, R=1/4, 1/3)	음성:CC(K=9, R=1/2, 1/3) 데이터:CC+RS
음성부호화	8kbps 가변 CS-ACELP	EVRC	CS-ACELP
듀플렉싱	FDD	FDD	FDD/TDD

를 이용해도 국내에서와 방법상 아무 차이가 없는 가상홈환경(virtual home environment)에서 통신이 가능하도록 하는 기능 및 등록, 인증, 보안 등의 기능을 지닌다. 그리고 망 측면에서는 서비스의 제어 및 전달이 원활히 이루어질 수 있는 이동성 기능의 구현이 중요 사안으로 검토되고 있는 중이다.

그밖에 차세대 이동통신 시스템 구현에 따른 극복해야 할 기술적 문제는 다음과 같다. 이용가능한 주파수 스펙트럼의 한정으로 용량이 제한된다는 점이다. 이 문제는 앞서 언급한 주파수 효율이 좋은 다원접속 및 변조기술외에 다중 사용자 검출, 수신기 연구, 가변 채널 할당 방법, 사용자가 이용 서비스 종류에 따라 전송속도 선택이 가능토록 하는 대역폭 요구할당(bandwidth on demand)등의 기술이 연구중이다. 또한 전파전파로 인한 문제를 들 수 있는데 이는 수신기 설계기술 분야에서 도전적인 연구가 진행중이다. 또한 작고 가벼우며 성능이 좋은 단말기를 위한 software radio 및 반도체, 전원기술이 필수적으로 해결되어야만 다기능, 다중모드, 지능형, 스마트 단말기의 사용이 가능하게 될 것이다.

IV. 맺음말

차세대 이동통신의 목적은 전세계 어디서나 하나의 단말기로 멀티미디어 통신을 하자는 것이다. 이를 위해서는 통신의 속도가 중요하게 될 것이고 가입자는 음성 통화외에 인터넷 접속, 영상통신, 개인정보 매니지 기능을 필요로 할 것이다. 따라서 무선기술의 고속 광

대역화, 유선기술의 지능화 및 이동성추가 등으로 부가가치가 더해져, 상호 보완적인 기술 통합이 이루어질 것이다. 이를 위해서는 전세계적으로 통일된 표준안이 가장 바람직할 것이나 각국의 이해관계 및 경쟁력의 경쟁등으로 기술적으로 해결해야 할 제반 문제외에 지적소유권에 대한 문제가 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망된다.

더 나아가서는 미래의 통신, 컴퓨터, 정보, 방송기술 등이 융합되어 종합망으로 구성될 것이다. 기술적으로 관계가 없는 미국의 대학생을 상대로 미래의 전화기에 대한 설문조사에서 결과는 단순한 전화기가 아닌 전화, 라디오, TV, 전자수첩, 음성인식, 로봇틱스 등이 합쳐진 다양한 아이디어의 결합물로 나타났다는 글이 있다. 이 사실은 통신과 방송의 융합은 가상이 아닌 현실로 다가올 것이라는 것을 생각해 해준다.

참 고 문 헌

- [1] 다나카, 토신방송통합망의 기초, Ohmsha, 1995
- [2] E. Berruto, and et. al., "Architectuaral aspects for the evolution of mobile communications toward UMTS," IEEE J. of SAC, vol. 15, no. 8, pp. 1477-1487, Oct. 1997
- [3] M. Shafi and et. al., "Wireless commuicaions in the twenty-first century: a perspective, Proceedings of the IEEE, vol. 85, no. 10, pp. 1622-1638, Oct. 1997
- [4] ITU-R, ITU-T, FPLMTS/IMT-2000 회의자료

필자소개



김 선 영

- 1982. 동국대학교 학사
- 1984. 동국대학교 석사
- 1991. 동국대학교 박사
- 1993~1996. TTA 무선접속 표준화 실무의 의장
- 1992~1996. CDMA 이동통신 단말기 및 데이터 단말기개발 과제책임자
- 1997. 광대역 CDMA 방식 WLL 및 IMT-2000 단말기시스템과제책임자
- 1985. 한국전자통신연구원 입소
- 현재 : 이동통신기술 연구단 무선기술연구실 책임연구원, IMT-2000 차세대 이동통신단말기시스템개발 과제책임자



박 재 흥

- 1978. 서울대학교 전자공학과 학사
- 1980. 서울대학교 전자공학과 석사
- 1995. 서울대학교 전자공학과 박사
- 1979~1985. 국방과학연구소 선임연구원
- 1985. 한국전자통신연구원 입소
- 현재 : 무선기술연구실 실장, 책임연구원