디지틀 이동통신 시스템

金在明, 金浩泳*
(正 會 員)
韓國電子通信研究所 傳送技術開發部 研究委員,
無線通信開發團 研究員*

Ⅰ. 서 론

이동통신은 사람, 자동차, 선박, 항공기등 이동체를 대상으로 언제, 어디서나, 누구라도 통신할 수 있도록 하는 것을 궁극적인 목표로 하고 있다. 따라서 고정통신과는 상이한 몇가지의 특징을 갖게 되며 이를 주파수 이용, 서비스, 기술의 3개 측면에서 해석할 수 있다.[17]

첫째, 주파수 이용면에서 보면 고정된 두 지점간에 통신수단을 제공하는 고정통신에 있어서는 동축선로, 광케이블, M/W 및 위성통신등 여러가지의 대체수단으로서 목적을 달성하는 것이 가능하나 이동통신에 있어서는 공간을 이용하는 전파 이외의 다른 수단이 있을 수 없다.

둘째, 서비스면에서 보면 서비스의 분류요소가 다양하여 예를 들어 통신목적에 따라 분류할 경우 공중통신망과의 접속을 전제로 하는 공중이동통신망과 경찰, 소방, 운수업등 동일목적을 갖는 가입자내에서만 통신서비스를 제공하는 전용이동 통신망으로 구분된다. 또 서비스 범위에 따라 육상, 항공, 해상 이동통신 시스템으로 대별할 수 있으며 이외에도 통신형태에 따라 단방향, 양방향 및 1대1 또는 1대 n의 구분도 가능하다.

셋째, 기술적인 측면에서의 이동통신은 전파의 유효이용, 편리한 서비스 제공, 경제적 시스템의 구현등의 3개 목표를 갖는다. 즉 유한성을 갖는 주파수 자원은 동일한 시각에 동일장소에서 동일주파수를 복수의 목적으로 사용할 수 없다는 본질적인 문제가 있기 때문에 시간, 공간, 주파수의 3요소를 가능한한 많은 사용자가 효율적으로 공용할 수 있도록 하는 전파이용기술의 확립이 필요하다.

자동차 전화, 열차전화, 선박전화, 항공기 전화, 무선호출기 및 코드리스 폰 등 다종 다양한 이동 통신 시스템중 가장 대표적인 자동차 이동통신 시스템은 1946년 미국에서 150 MHz대의 단신방식(simplex) 서비스를 개시함으로서 태동되었다. 그 이후 1960년대에는 서비스의 향상과 가입자 용량증대를 위하여 IMPS (improved mobile telephone service)가 도입되었고 이에 의해 자동접속, 복신통신(duplex), 서비스 지역의 분할에 따른 주파수의 다자공용이용 등이 실현되었으며 이용주파수대도 450 MHz로 바뀌게 되었다.

그러나 가입자수가 점차 증대되어 수요에 충분히 대처할 수 없게 됨에 따라 1983년에는 IMTS에 비해 서비스 지역을 보다 소구역(small zone) 화한 800 MHz대의 셀룰러(cellular) 방식을 개발하여 현재에 이르게 되었다. 이와 같은 셀룰러 방식의 출현은 소형, 고성능의 주파수 합성기의 실용화와 교환기술의 발달, 마이크로컴퓨터의 보급등 각종 기술의 진보에 의한 것이라 할 수 있다.

본 고에서는 자동차 전화의 일반적인 구성과 최근에 활발한 연구가 진행중인 디지틀 이동통신시스템을 구현하는데 필요한 기본 소요기술, 선진각국의 개발 현황 및 CCIR을 비롯한 국제표준기구에서의 표준화 동향에 관하여 개략적으로 설명하고 마지막으로 디지틀 이동통신 시스템 개발시 극복해야 할 분야를 제시하여 국내에서의 디지틀 이동통신 기술 개발에 도움이 되도록 한다.

Ⅱ. 자동차 이동통신 시스템의 구성

자동차 이동통신 시스템의 대표적인 셀룰러 시스

팀은 서비스 지역을 셀로 나누고 각 셀에서는 고유의 주파수를 이용하게 하며, 상호 간섭을 안줄만큼 충분히 이격된 지역에서 동일한 주파수를 재 이용하는 것이다.[17] 이와 같은 주파수 분할과 셀 분할에 따라 이용 주파수대역을 증가시키지 않고 주파수를 효율적으로 이용하는 것이 가능하게 되며 그림 1 은 셀룰러 시스팀의 기본구성을 보여준다. 즉 셀룰러 시스팀은 고정통신망의 전화가입자에 해당하는 이동국(mobile station), 이동국과의 무선신호의 송수신을 행하는 기지국(base station), 전화교환망(PSTN)과 이동무선 시스팀간의 통화로를 구성해주는 일종의 교환기인 자동차 전화 교환국(MSC : mobile service switching center)으로 구성된다.

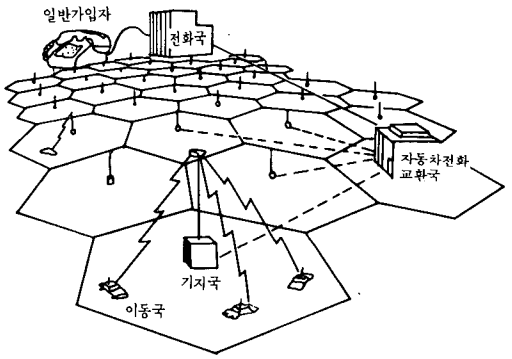


그림 1. 셀룰러 시스팀의 구성

MSC는 각종 중계선과 전자교환기로 구성되어 이동국과 일반전화망간의 호 접속 및 과금의 자동처리를 행하고 일반 교환기가 갖지않는 기능으로 지속적으로 우수한 통화품질을 제공할 수 있도록 하는 통화중 채널 자동절체(hand-over), 추적제어 교환(roaming) 및 위치등록 기능등을 가지며 이외에도 호전환, 부재자 안내, 3자 통화등의 특수 서비스도 제공한다.

기지국은 MSC와 이동국 사이를 연결하기 위한 것으로서 무선 송수신장치와 제어장치로 구성된다. 이동국에 대해서는 데이터 신호의 송수신과 무선 회선의 절체를 위한 감시기능을 행하며 MSC에 대해서는 PCM 방식으로 유선의 트렁크를 통해 각종 가입자 정보와 제어에 필요한 정보의 송수신을 행한다.

이동국은 자동차 전화단말기로서 통화를 위한 음성 및 데이터 신호를 무선방식에 의해 송수신하며 무선채널 절체 및 위치등록을 위한 정보를 MSC로 전송한다. 그 구성은 송수분파기, 송신부, 수신부, 국부발진부, 제어부등으로 이루어지며 제어부는 기지국측의 제어장치와 통신에 필요한 모든 제어신호의 송수신을 행하고 송수신 동작과 채널 절체등 일체의 동작을 제어한다.

이밖에 셀룰러 시스팀 설계시 필수가 되는 것으로서 통화구역의 정의, 즉 셀의 배치문제가 있다. 이를 위해서는 소요 통신품질을 달성하는데 필요한 수신기 입력레벨, 동일채널 및 인접채널에 의한 간섭, 셀의 주변에 있어서의 위치에 따른 열화율등을 고려하여 소요 송신전력과 치국 조건등을 결정한다.

Ⅲ. 디지틀 이동통신을 위한 소요기술

전화서비스를 위한 전화통신망 (PSTN : public switched telephone network)은 전세계적으로 5억5천만이 넘는 가입자를 수용하는 양방향 통신을 위한 가장 큰 통신망으로서, 고도 정보사회에 대응하기 위하여 ISDN 구축을 목표로 디지틀화가 추진되고 있다. 이에 비해 현재 운용중인 셀룰러 이동통신 시스팀은 이러한 전화망의 일부로 접속되어 애널로그 신호전송에 의한 음성 서비스를 제공함으로서 기존의 통신 시스팀이 갖고 있는 공간적 제약을 극복하는 분야로서 자리를 잡고 있다. 그러나 선진 각국에서는 800 MHz대 시스팀이 제공하는 용량도 거의 포화상태에 이르게 됨에 따라 디지틀 방식에 의한 신시스팀의 개발을 검토하게 되었으며, 장기적인 안목에서 ISDN과의 연동을 고려하여 음성부호화 등 무선구간에 있어서의 디지틀 신호처리기술의 이용, MSC와 PSTN/ISDN 국간신호 전송에 있어서의 No.7 신호방식 도입 및 휴대전화의 달성에 의해 언제 어디서나 즉시 서비스를 행하는 것과 통신위성과의 연동에 의해 전세계를 서비스하는 범세계 이동통신 시스팀 개발을 생각하게 되었다. 이와 같이 새로이 개발되는 디지틀 이동통신 시스팀에 있어서는 이동통신망이 ISDN의 일부가 되거나 ISDN에 대응하는 통신망으로서 존재하게 된다.[1],[14],[15]

그러나 이동통신의 디지틀화를 위해서는 이동통신 특유의 제약조건을 선결해야 할 필요가 있다. 즉, 유한한 자원인 주파수를 유효이용하고 전파전파 조건을 고려하여 시스팀 구축을 행할 필요가 있다.

육상이동 전파로에서는 순시 페이딩, shadowing, delay spread 등이 신호품질을 열화시키는 요인이 된다.[15] 순시 페이딩은 다중파(multipath propagated wave)를 이동 수신함으로서 간섭상태가 시시각각 변동하기 때문에 발생하는 순시전계강도의 변동을 의미한다. 이러한 현상은 디지틀 전송계에 있어 BER의 열화를 가져오며, 일반적으로 연집오류(burst error)의 원인이 된다. Shadowing은 건물이나 지형등의 차폐물에 의해 전계강도의 중앙치가 변동하는 것으로, 이동체의 장소 이동에 따라 평균 S/N비 또는 평균 BER의 열화 요인이 되며, 소요송신 전력과 이동통신망의 접속특성 또는 서비스 특성에 영향을 준다. Delay spread는 수신 다중파간의 지연시간차에 의해 발생되는 신호왜곡으로서 디지틀 전송시에 전송가능한 속도를 좌우하는 coherence 대역폭을 줄여 고속 디지틀 전송계의 실현에 지장을 주는 요인이 된다.

이상과 같은 몇가지의 문제점을 해결하여야 하는 새로운 방식에 의한 이동무선통신 시스팀이 갖추어야 할 기술적, 운용상의 요구조건은 다음과 같이 생각할 수 있다.[8]

- 증대되는 가입자의 수요를 충분히 해소할 수 있는 대용량 시스팀의 구현
- 이용 가능한 무선자원이 극히 제한되어 있다는 점을 고려하여 주파수를 경제적으로 이용할 수 있는 방안의 수립
- 간섭 및 잡음신호에 강한 고품질의 전송방식 구현
- 전국의 통신망을 일원화하는 handover 및 roaming의 완전자동화, 또한 전송정보의 보호 대책 수립
- 음성 서비스 이외에 데이터의 전송과 비상시 호송출기능, 페이징 기능등 부가서비스의 실현
- 가격의 저렴화로 잠재 수요의 충동

이하에서는 디지틀 이동통신 확립에 필요한 몇가지 기본기술을 살펴본다.

1. 저속 음성부호화 기술

디지틀 이동통신에 있어서 음성신호의 부호화는 한정된 자원인 주파수의 유효이용이라는 대 전제에 부합되도록 가능한한 낮은 속도에서 실현하여야 하나 공중전화통신망에서의 신호품질 이상은 보장해야 하므로 무한정 낮출수만도 없다. 애널로그 음성신호를 디지틀화 함으로서 얻는 이점은 저렴한 비용으로 고도의 통신보안을 꾀할 수 있고 ISDN과의 호환성 등을 용이하게 달성할 수 있다는 점이다. 현재의 자동차 전화는 대개 25KHz의 채널간격에서 애널로그 음성신호를 그대로 주파수 변조하여 전송하는 방법을 이용하고 있으며, 동일한 주파수 이용률로 부호화된 음성신호를 전송하기 위해서는 16Kbit/s 이하의 부호화 속도가 요구된다.[14],[15] 이는 유선통신 시스팀에서 이용되고 있는 64Kbps의 PCM 이라든지 32Kbps의 DPCM에 비해서는 매우 낮은 속도이며, 이와 같은 속도에서 충분한 통신품질을 확보하기 위해서는 전송로의 오류 요인에 강한 부호화 방식의 개발이 필요하다. 현재 동 분야에 대해서는 선진각국에서 활발하게 연구를 추진중이며 1990년대 초기까지는 충분히 상용화가 될 것으로 기대된다. 16Kbps 음성 CODEC으로서 제안되고 있는 방식으로서는 SBC(sub-band coding), RELP(residual-pulse excited linear predictive coding) 등이 주류를 이루고 있다. 또한 앞으로 기술발전의 추이에 따라 8-10Kbps까지 부호화 속도가 낮추어질 가능성도 배제할 수는 없다.

1) SBC

SBC는 음성신호를 다수의 대역필터에 의해 분할한 후 각 부대역(subband)에서 독립적으로 중요한 정보를 가지고 있는 부대역에는 비트할당을 많이 하고, 이와 반대의 경우에는 비트할당을 적게해서 효과적으로 음성 데이터를 압축전송하는 기법이다. 초기의 SBC에서는 음성의 평균 스펙트럼에 근거해서 기할당된 비트로 음성데이터를 전송하였으나 1982년 Ramstad[10]가 음성의 매 프레임마다 각 부대역의 rms 값을 양자화 전송함으로서 동적으로 비트를 할당하는 방법을 제시하였고, 그 이후 시간과 주파수 영역에서 동적으로 비트를 할당하는 방법들이 Hond and Itakura 및 Soong, Cox and Jayant 등에 의해서 제시되었다.[21],[22]

SBC의 장점으로서는 각 부대역을 부호화할 때 생기는 양자화 잡음의 주파수 분포를 비트할당을 통해서 임의적으로 조정할 수 있고 한 부대역의 오류가 다른 부대역에 영향을 적게 미치므로 음질을 향상시킬 수 있다는 점이다. 음성신호를 각 부대역으로 분할하는 filter bank를 구성할 때는 FIR이나 IIR 대역통과필터를 사용할 수도 있으나 aliasing 잡음을 줄이고 평탄한 대역특성을 갖는 QMF(quadrature mirror filter)를 많이 사용하고 있다.[10]

또한 각 부대역을 양자화해서 전송할 때는 APCM

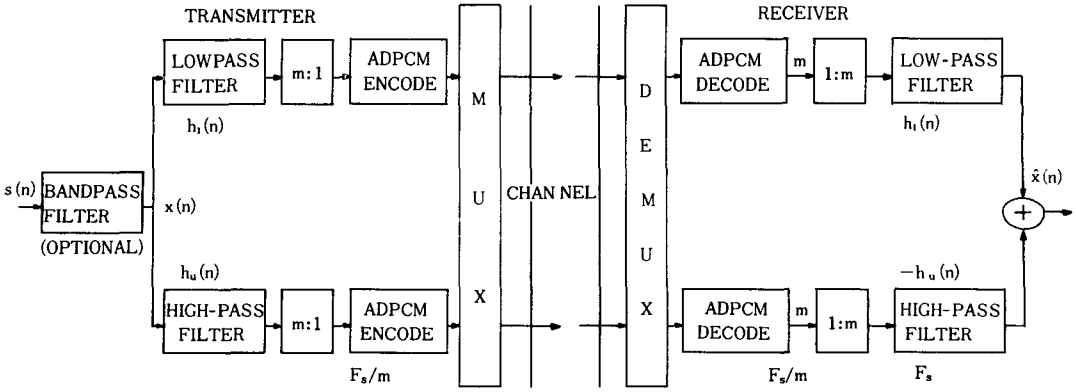


그림 2. 기본적인 SBC vocoder의 예

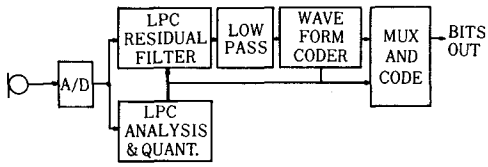
(adaptive PCM), ADPCM (adaptive differential PCM), MAX 양자화기 등을 사용한다. SBC는 대략 16-32Kbps에서 toll-quality를 제공한다.

2) RELP

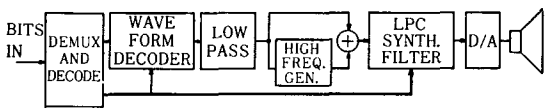
RELP는 SBC와 달리 source coder 로서, source에서 어떻게 신호가 발생되었는가에 대한 사전지식을 이용해서 음성을 부호화하는 방법으로서 6-9.6 Kbps 까지의 전송속도를 실현할 수 있다.[11],[12] 이는 사람의 청각이 100-1000Hz의 스펙트럼 대역에 민감하기 때문에 이 대역에서 상당히 정확한 포르만트(formant) 주파수와 대역폭을 필요로 한다는 것에 근거를 두고 있다. RELP에서는 스펙트럼과 에너지를 선형예측계수로, 기저대역내의 예측오차신호(residue)를 주파수 영역에서 각각 양자화해서 전송하게 된다. 수신단에서는 전송 되어진 선형예측계수와 예측오차신호로부터 음성을 합성하게 된다. 이 방식이 LPC(linear predictive coding)와 다른점은 피치를 추출하지 않고 LPC inverse filtering된 예측오차신호를 전송한다는 점이다.

RELP의 장점으로서는 예측오차신호의 양자화 잡음이 LPC 합성 필터를 통해서 음성으로 합성되기 때문에 양자화 잡음의 스펙트럼이 음성과 같은 형태를 취하게 되므로 음성에 의해 masking 된다는 점이다. LPC 분석시 예측오차를 최소화하는 방법으로서는 covariance 방법과 autocorrelation 방법등이 있다.

현재 유럽에서는 SCEG(speech coding experts group)에 영국, 핀랜드, 독일, 프랑스, 이탈리아, 네델란드, 노르웨이, 스웨덴등이 참여하여 pulse excited coder 중에서 MPE-LTP(multi-pulse excited



(a) Coder part



(b) Decoder part

그림 3. 기본적인 RELP vocoder의 예

codec with long term prediction), RPE-LPC(simplified regular pulse excited LPC codec)을, SBC 중에서는 SBC-APCM, SBC-ADPCM을 각각 구성하여 성능을 시험하고 있다. MPE-LTP는 예측오차신호를 소수의 펄스와 펄스의 위치 및 진폭으로 대표화시키는 동시에 코딩효율을 증대시키기 위해 양자화기에 long term 예측 루프를 사용하고 있다. RPE-LPC는 MPE-LTP보다 프레임당 펄스의 수를 늘여서 예측오차신호를 대표화시키는 방법이다.

2. 고효율 변복조 기술

이동통신에 있어서는 이용할 수 있는 대역폭이 제한되어 있으므로 변조된 신호가 차지하는 스펙트럼

의 대역폭은 가능한한 좁아야 한다. 또 이동통신 채널상에서 발생하는 페이딩으로 인해 포락선의 크기가 시간에 따라 변동하므로 진폭에 정보를 싣는 변조방식은 적당한 것이라 할 수 없다. 따라서 대역폭이 좁고 진폭이 일정하며 H/W 구현이 비교적 용이한 고효율 변복조 방식을 채택하는 것은 디지틀 이동통신 시스팀의 구현에 매우 중요한 것이라 할 수 있다.

현재까지 디지틀 이동통신을 위해 제안된 디지틀 변복조방식으로는 여러가지가 있으나 그중 대표적인 것으로는 전송효율이 1bps/Hz 정도의 협대역 디지틀 변복조기술인 TFM(tamed-frequency modulation), GMSK(gaussian-filtered minimum shift keying), CPSK(continuous phase shift keying) 등이 있으며, 이들의 변조기술을 이용할 경우 현행 애널로그 FM의 25KHz 채널간격을 준용하면서 신호를 전송할 수 있는 신호속도는 16Kbps 정도가 된다.[15] 이중에서 특히 FSK(frequency shift keying) 방식의 일종인 GMSK는 정보를 실어나르는 위상이 시간에 대해 연속함수가 되어 전력스펙트럼 밀도가 넓게 퍼지지 않고 포락선 또한 일정하며 잡음에 의한 오류발생확률도 낮은 것으로 알려지고 있다.[18]

MSK(minimum shift keying) 변조된 신호의 위상은 연속적으로 변하지만 비트천이 시각에서의 주파수는 불연속적인 값을 갖는다. 이러한 주파수의 불연속성을 방지하기 위해 변조기의 전력 스펙트럼을 확산시켜 그림 4 처럼 기저대역에서 NRZ(non-return to zero) 신호를 저역필터를 통과시킴으로서 비트천이시의 주파수 불연속성을 경감시키는 방법이 GMSK이다.[18] 즉 가우시안 저역필터를 사용함으로서 임펄스 신호에 대한 오버슈트(over-shoot)를 없애고 필터의 대역폭에 대응하는 협대역화가 가능하다.

디지틀 변복조 방식에 대한 전력스펙트럼의 효율에 있어서 신호의 주기를 T, 신호가 가지는 전력 스펙트럼의 99%를 포함하는 주파수영역을 동 방식에 대한 대역폭이라 정의할 때 OQPSK(offset quadrature PSK)는 8/T, MSK는 1.2/T인 반면에 GMSK의 경우 가우시안 필터의 3dB 대역폭을 B_b라 하면 $B_bT=0.25$에서의 대역폭이 0.86/T 정도로 협대역화 된다.[19] GMSK 신호의 복조는 FSK나 MSK의 경우와 같이 동기검파, 지연검파, 변별검파 방식에 의해 행할 수 있으며, 가우시안 환경하에서 가장 성능이 우수한 동기검파방식의 복조기는 그림5, 그림6과 같이 애널로그 형태 및 디지틀 형태로 구성하는 것이 가능하다.

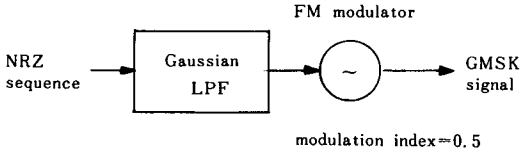


그림 4. GMSK 변조기

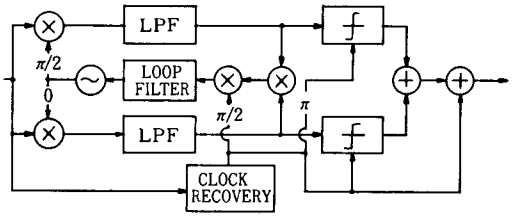


그림 5. 애널로그형 GMSK 동기검파기

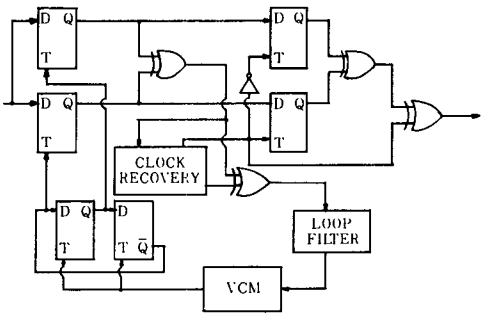


그림 6. 디지틀형 GMSK 동기검파기

GMSK의 성능에 관해서는 많은 연구가 있었으며 그 결과에 따르면 GMSK 신호는 심볼간 간섭(ISI : intersymbol interference) 때문에 MSK에 비해서는 약간 성능이 떨어지지만 MSK 신호대역의 70% 정도만으로 신호를 전송하는 것이 가능하여 인접채널과의 간섭을 줄일수 있다.[19] 특히 디지틀 이동통신에 있어서는 대역폭의 협소화를 통한 용량증대가 가장 큰 목표이므로 GMSK는 사용하기에 좋은 변조기법으로 받아들여지고 있다. 이에 따라 현재

디지틀 셀룰러 시스팀을 개발중인 여러 국가에서 GMSK 변복조 방식을 사용할 것을 검토하고 있는데 이동통신을 위해 이용된 GMSK 변복조기 구성은 회로의 고집적화를 위해 다음과 같은 사항이 요구된다.

- TDMA로 고속 데이터 전송시 광대역화가 가능할 것
- 1 GHz 이상의 반송주파수에서도 주파수 편이가 크지 않을 것
- 소형 건전지로 구동이 가능하도록 가능한한 소비전력을 작게 할 것
- 디지틀 IC 화하여 소형화를 가능하게 할 것

3. 채널 접속기술

음성부호화 기술 및 변복조 기술과 더불어 시스팀 정의에 중추가 되는 분야로서 디지틀 전송기술의 도입에 따라 주파수의 효과적인 이용을 도모하기 위해서는 통신로를 다수의 사용자가 공용하는 것을 가능하게 하는 다원접속 (multiple access) 기술의 도입이 필요하다. 신호를 다중화하는 방법으로서는 주파수, 시간, 부호를 이용하는 방법이 있으며 이를 각각 FDMA, TDMA, CDMA라 한다.[7] 어떠한 방식을 이용할 것인가는 기술적 성숙도, 스펙트럼 이용효율등의 관점에서 판단하여야 할 것이며, 각 방식의 특징 및 장단점을 간략히 살펴본다.

1) 디지틀 FDMA (frequency division multiple access)

종래의 애널로그 FM 방식에 비해 음성신호를 디지틀 신호로 표현하고 디지틀 변복조하는 방식으로서 각 정보원에 하나의 무선채널이 할당된다. 인접채널에 대한 간섭을 낮게 유지하고 송신기의 출력을 포화상태에서 이용하기 위해서는 TFM, GMSK, CPSK 등의 협대역 변복조 기술의 이용이 필요하다. 그러나 이러한 변조방식들은 기존의 2PSK 나 4PSK 방식보다 높은 E_b/N_0 (energy-per-bit to noise-spectral density ratio) 를 가져야만 규정된 BER (bit error rate) 을 실현할 수 있다.[7] 따라서 다이버시티 기술의 이용이 필요하며, 특히 이동국에서 기지국으로의 전송신호에 대해서는 이동국의 송신출력에 제한이 있으므로 필요불가결하다.

동 방식이 갖는 주요 장점은 시설이 간단하고 기술적으로 이미 보편화되어 있다는 점이다. 또한 다원접속기술의 추가에 따른 전송지연이 없다는 것도 다른 방식에 비해 이점이 된다. 반면에 기지국 장비가 복잡해지고 여러개의 채널을 처리해야 하므로 혼변조(intermodulation) 에 의한 채널간 간섭이 문제가 되며 고안정의 송신주파수를 요하기 때문에 발진기에 대한 요구조건이 엄격하다.

2) TDMA (time division multiple access)

각 사용자로 하여금 자기에게 할당된 시간간격(time slot) 만을 사용하게 하여 다수의 가입자가 하나의 무선채널을 공용하는 방식으로서 한 채널이 점유하는 대역폭에 따라 협대역 방식과 광대역 방식으로 나누며 각각 200-300 KHz, 2 MHz 이상의 점유대역폭을 갖는다.[6]

협대역 TDMA에 있어서는 하나의 채널당 점유대역폭이 coherence 대역폭보다 좁아 8-10개 정도의 가입자 음성정보만을 동시에 전송할 수 있다. 이 방식에 의해 소요 시스팀 용량을 달성하기 위해서는 FDM과의 조합에 의한 TD/FDMA 방식의 이용이 필요하며 FDMA 방식을 위해 제안된 형태의 변복조 방식을 이용하여야 한다.[20] 이 방식도 디지틀 FDMA처럼 기술적 성숙도에는 별문제가 없다.

동 방식의 장점은 기지국에서 필요로 하는 송수신기의 댓수가 대폭 줄어 경비의 절감 및 H/W의 간소화가 용이하며 발진기의 주파수 안정도도 크게 문제가 되지 않는다는 점이다. 그러나 매 TDMA 프레임마다 반드시 보호시간(guard time) 을 가져야 신호의 전송시간차에 따른 전송신호간의 중복을 피할 수 있으며 이는 스펙트럼 효율을 떨어뜨리는 요인이 된다. 이밖에 프레임 구성시 필요한 시간지연도 단점이 된다.

광대역 TDMA에 있어서는 하나의 무선채널이 점유하는 대역폭이 coherence 대역폭보다 넓어 주파수 선택성 페이딩을 극복하기 위한 대책이 필요하다. 동 방식에서 성능개선을 위해 추가되는 오류정정부호에 의한 점유대역폭의 증가는 주파수 재사용률이 고양됨으로서 충분히 보상된다. 그러나 다른 방식에 비해 기술적으로 미 성숙된 상태로 현재로서 적정한 가격에 실현하기에는 부적당하다고 할 수 있다. 동 방식을 이용할 경우 초기투자비가 많이 소요되나 기지국의 H/W 시설은 매우 간단해지고 이동국에서는 저전력 소모형의 단말기 개발이 가능해지며 time slot 할당에 유연성을 가질 수 있다. TDMA 프레임 구조와 관련된 지연 등은 협대역 방식에서와 마찬가지로 문제가 된다.

특히 디지틀 셀룰러 시스팀에 대한 연구활동이 활발한 유럽지역에 있어서는 대부분의 국가가 협대역 TDMA의 채택을 고려하고 있으며 그림 7 은 그 예이다.[6]

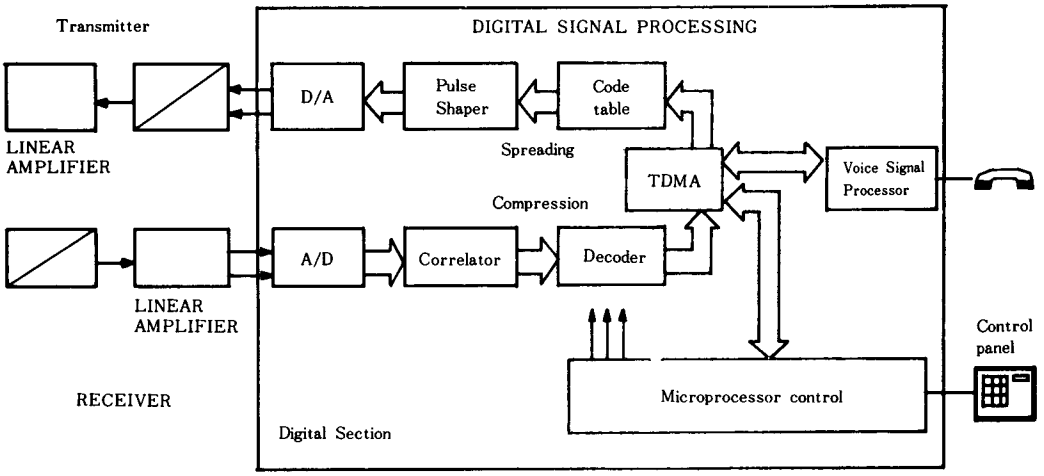


그림 7. 협대역 TDMA 시스팀의 구성 예

TDMA 기술을 이동통신에 적용시킴에 따라 얻는 효과중 빼놓을 수 없는 것이 초소형 셀(micro-cell)의 달성에 따른 휴대전화의 개발 가능성이다. 즉 TDMA는 하나의 반송파, 즉 1대의 송신기로 복수의 회선을 전송하기 때문에 채널간 간섭에 의한 혼변조(intermodulation) 현상이 없어져 보다 좋은 품질의 서비스를 제공할 수 있고 무선회선 장비의 감소에 따른 비용절감 및 소형화가 가능하며, 회선제어 신호 및 음성정보를 동시에 전송하므로 송신출력 제어 등 회선제어의 유연성을 높일 수 있다. 따라서 소형화된 기지국을 저렴한 가격으로 여러 곳에 설치할 수 있으므로 이동국의 송신출력을 더욱 낮출 수 있고 궁극적으로 반경 수백 m 정도의 전파도달거리가 매우 짧아도 되는 초소형의 휴대형 단말기의 출현을 가능하게 한다.

3) CDMA(code division multiple access)

CDMA 기술은 모든 사용자가 시스팀이 갖는 대역폭과 시간을 제한없이 이용하도록 한다. 이때 각 사용자는 고유의 키 부호(key code)를 가짐으로서 구별된다. 동 기술은 DS(direct sequence), SFH(slow frequency hopping) 및 FFH(fast frequency hopping) 방식등으로 대별된다.[7]

DS-CDMA는 기술적으로 가장 간단하게 구현할 수 있는 것으로 각 사용자마다 고유의 이진부호열이 부호어로 할당되며, 서로 다른 부호어간 상호 상관함수값을 되도록 작게 설정하여 동일한 주파수 대역을 이용하는 다수의 사용자 정보를 분리, 추출할 수 있도록 한다. 이 방법이 갖는 주요 장점으로는 매우 간단한 접속절차, hand-over 관리의 간편성, 주파수 발진기에 대한 안정도 요구조건의 완화 등이 있다. 반면에 기지국에 가까이 있는 이동국의 전송 신호가 먼 거리에 있는 이동국의 신호를 압도하지 못하도록 송신전력에 대한 정확한 제어가 필요하다. 이는 DS-CDMA를 이용할 경우 선결되어야 할 문제점으로서 원근문제(near-far problem) 라고 한다.

CDMA의 또다른 유형으로서 각 사용자마다 상이한 주파수 도약형태를 갖고 주기적인 도약정보를 전송하는 FH-CDMA 방식이 있다. 이때 도약 주기를 변조신호의 심볼주기보다 늦게 할 경우 SFH-CDMA, 빠르게 할 경우를 FFH-CDMA라 한다. FH-CDMA를 이용할 경우 모든 도약형태가 상호 직교(orthogonal)하도록 하면 원근문제는 해결될 수 있으나 실질적인 구현이 어려우며, 따라서 둘 이상의 신호가 동시에 동일한 주파수를 이용함으로서 발생하는 상호간섭현상(hit)이 발생할 수 있다. FH-CDMA와 오류정정부호를 결합하면 상당한 성능개선효과를 얻을 수 있으나 동 방식을 이동통신기술에 적용하기에는 아직 기술적으로 미성숙한 단계이며, 특히 FFH-CDMA의 경우 상당한 시간이 경과해야 급도약 주파수 합성기가 상용화될 것으로 예상된다.

4. 망구조 접속기술

디지틀 이동통신망과 ISDN간의 접속을 위해서는

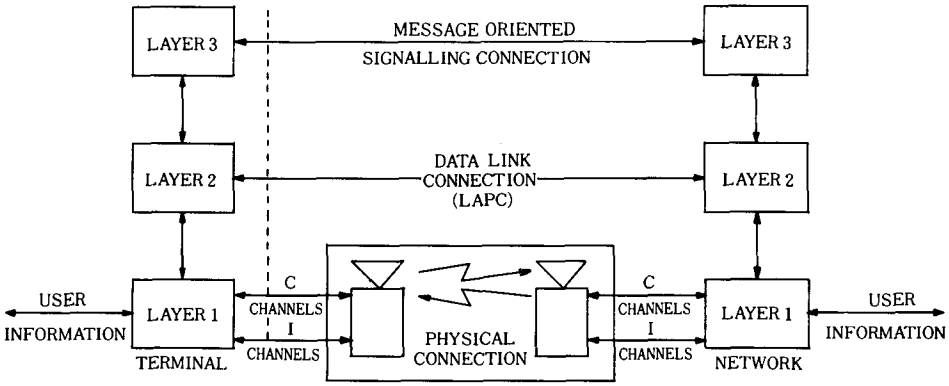


그림 8. 셀룰러 ISDN의 프로토콜 구조

OSI (open systems interconnection) 모델에 따른 통신망 구축이 필요하다. 이러한 통신망을 셀룰러 ISDN이라 한다면 그 구성은 그림 8과 같이 하위 3개 계층으로 이루어진다.[23], [24]

물리적 계층 (layer 1)은 물리적인 채널접속을 설정, 유지, 해지시키기 위하여 데이터 회선을 이용하며, 이동통신에 있어서는 동 회선으로 무선채널이 사용된다. 또 무선채널상에서의 데이터 전송을 위해 어느 수준 이상의 동기확보에 필요한 동작과 전송 품질의 감시 등을 행한다.

데이터 링크계층 (layer 2)은 데이터 링크 접속의 설정 및 해지, 프레임 구성, 오류의 검출 및 복구, 프레임의 배열 및 제어 등에 필요한 기능을 갖는다. 특히 D채널 제어를 위해서는 ISDN의 LAPD (link access procedures on the D-channel)를 토대로 무선환경을 적용시킨 새로운 프로토콜로서 LAPC (link access procedures on the cellular control channel)의 개발이 필요하다.[24]

데이터 링크 위의 계층은 CCITT 권고 X.213/X.214에 정의된 기능 모두를 갖지는 않더라도 OSI 모델의 network layer와 그 기능이 유사하며 셀룰러 ISDN의 최상위 계층으로서 이동국에의 채널할당 및 해지, 이동국의 위치정보관리 및 hand-over, 가입자의 인증등 여러가지 기능을 제공한다.

이상과 같이 ISDN에서 정의된 OSI 모델을 이동무선통신의 인터페이스 프로토콜에 적용하는 것은 앞으로 디지틀 이동통신 시스템을 개발하는데 있어 매우 효과적일 수 있다. 그러나 ISDN 사용자 인터페이스와는 달리 무선 인터페이스는 사용자의 이동에 따라 통신망에 액세스하는 지점이 계속적으로 변화하고 전송매체가 페이딩이나 신호감쇠현상 때문에 불안정하여 데이터의 손실이 빈번하는 등 여러가지 특유의 문제점을 갖는다. 따라서 CCITT가 권고하는 ISDN 사용자 액세스 프로토콜을 그대로 이용할 수는 없으며 디지틀 이동통신에 적당하도록 어느 정도 기능을 변경하거나 추가하는 것이 불가피하다.

표 1은 유럽의 10여개국이 참여하고 있는 전기통신주관청간 조직체인 CEPT (European Conference on Posts and Telecommunications) 산하의 이동통신을 위한 연구반 (GSM : special group on mobile communications)에서 제안하고 있는 시스템별 제원 및 현황을 보인다.[14]

Ⅳ. CCIR의 연구활동

이동통신 서비스에 관한 연구를 담당하고 있는 CCIR의 제 8 연구위원회 (SG8)는 기존의 애널로그 셀룰러 이동통신 시스템이 북유럽 4개국 (스웨덴, 노르웨이, 덴마크, 핀랜드)을 제외하고는 호환성이 없음에 비추어 앞으로 개발될 디지틀 시스템이 세계적으로 공용될 수 있게 할 목적으로 IWP (interim working party) 8/13을 설치하였다. IWP 8/13의 연구과제는 "미래의 공중육상이동통신 시스템 (FPLMTS : future public land mobile telecommunications system)의 표준화"로서 방식선정, 호환성, 적용주파수대등 다채로운 사항에 관하여 심의를 행하고 있다.

표 1. GSM이 제안한 시스템의 제원과 현황

제원 \ 시스템명	DMS-90	MAX	-	SHF700	S-900D	MATS-D		CD-900
제안	LME (스웨덴)	Televelket (스웨덴)	Mobira (핀랜드)	LCT (프랑스)	ANT (서 독)	Philips (서 독)		SEL (서독) ATR (프랑스)
다원접속방식	협대역 TDMA	협대역 TDMA	협대역 TDMA	협대역/광대역 CD/TDMA	협대역 TDMA	기지국→이동국 광대역CD/TDMA	이동국→기지국 협대역FDMA	광대역 TDMA
반송파당채널수	10	22	9	3	10	64	1	63
반송파간격	300kHz	300kHz	250kHz	143kHz	250kHz	1.25MHz	25kHz	6 MHz
전송속도	340Kbps	302Kbps	252Kbps	201Kpps	128Kbps	1.248 Mbps	19.5Kbps	3.99Mbps
변조방식	GMSK	GMSK	GMSK	GMSK	CP-4FSK	QAM	GTFM	QPSK
신호속도(음성)	16Kbps	16Kbps	16Kbps	16Kbps	9.6 Kbps	16Kbps		12.8Kbps
오류정정부호	RS	RS ?	RS	RS	?	RS		RS
음성부호화	SBC-AB	SBC	SBC	SBC	RELP	RELP-LPC		SBC
최대송신전력 기지국 이동국	30W 2W	22W 20W ?	?	?	10W 3W	?		25W 4W
셀 구 성	복합 3/9	6	?	21/3	7	3 / 7		3
현 황	현장시험중	제 안	실내실험	제 안	실내실험	실 내 실 험		실내실험

이하에서는 1988년 1월 29일까지 Costa Rica의 San Jose에서 개최된 IWP 8/13 3차회의 결과를 위주로 하여 FPLMTS의 구조와 서비스, ISDN 과의 양립성에 대하여 논한다.[1],[2],[3]

1. FPLMTS의 기능 및 구조

CCIR IWP 8/13은 연구목표를 기본목표(primary objectives)와 2차목표(secondary objectives)로 나누고 있으며 주요 사항은 아래와 같다.

1) 기본목표

- 음성 및 비음성 서비스 제공
- 무선자원의 효율적, 경제적 이용
- OSI 모델에 따른 signaling interface 제공
- 앞으로의 기술발전을 수용할 수 있도록 개방구조를 채용할 것
- 동일지역에서 복수의 network이 서비스할 수 있을 것

2) 2차목표

- 비화 등 security
- dispatch, paging 등의 서비스 통합
- 위성을 이용한 이동통신 시스템과의 공존 및 접속

시스템의 구조는 가입자의 현재 위치와 무관하게 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 무선통신기술, VLSI, ISDN 개념, 전자교환기, 컴퓨터통신망 및 CCITT No.7 신호방식을 근간으로 하고 ISDN/PSTN의 일부가 되도록 하거나 통합한다. FPLMTS와 다른 통신망과의 접속은 그림 9와 같고 기본구조는 그림10과 같다.

또 단말기 (MS/PS) 내부의 signaling을 위한 인터페이스는 그림11과 같다

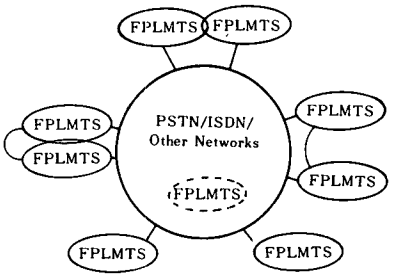
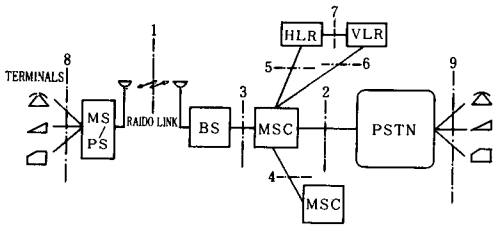


그림 9. FPLMTS와 다른 통신망간의 접속



MS : Mobile Station
PS : Personal Station
BS : Base Station
MSC : Mobile Service Switching Center
HLR : Home Location Register
VLR : Visited Location Regitser

그림10. FPLMTS 인터페이스

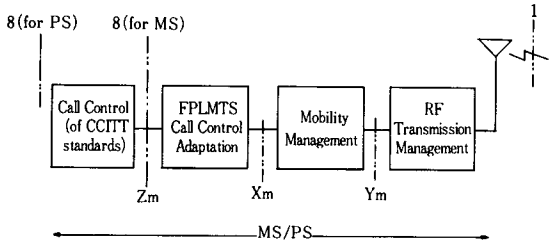


그림11. FPLMTS MS/PS의 기본 signaling 기능 구조

그림11에서 호제어 기능부는 X.25 데이터 단말기, ISDN 단말기 또는 앞으로 개발될 FPLMTS 단말기 어느 것에 대해서도 표준화된 호 제어기능을 제공한다. FPLMTS 호제어 적응기능부는 표준화된 호 제어 signaling 을 FPLMTS 환경에서 적합한 형식으로 바꾸어 준다. 이동성 관리부는 사용자 단말기의 이동성을 지원하고, 채널 및 RF 전송관리부는 사용자 단말기와 셀룰러 기지국간의 물리적인 무선 접속을 제공하며 예를 들어 채널부호화 방식의 선택, 송신전력 제어, 채널포착 및 채널 절체등이 이에 해당된다. 인터페이스 점인 Zm, Xm, Ym과 ISDN의 인터페이스 기준점인 S/T, R 등과의 상호관계에 대해서는 계속적인 연구검토가 필요하다.

2. 서비스

이동통신 환경하에서는 무선전송, 이용가능한 스펙트럼의 제한, 경제성 등의 제약 조건이 있기 때문에 ISDN에서의 완전한 B 및 D 채널을 제공하는 것은 곤란하다. 따라서 FPLMTS에 대해 정의되는 저속의 채널(low bit rate channel 또는 subrate channel)을 별도로 가질 필요가 있다.

FPLMTS가 제공하는 서비스 역시 ISDN 용어인 베어러 서비스와 텔리서비스로 분류될 수 있다. 텔리서비스는 이동가입자에게 무선전화 기능과 다양한 텔리매틱 서비스를 제공하며, 베어러 서비스는 data application 을 지원한다.(그림12 참조)

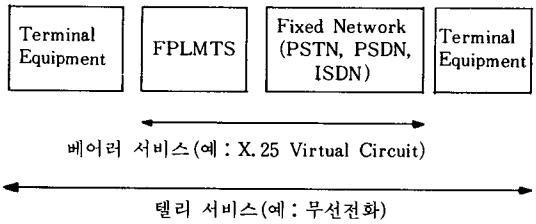


그림12. FPLMTS 에서의 베어러 서비스와 텔리 서비스

1) 회선모드 베어러 서비스

한 형태의 채널상에 가입자 정보를 보내고 다른 형태의 채널에서 신호를 전송하는 것이 특징인 동 서비스에 대해서는 다음과 같은 세가지의 경우를 검토한다.

- 제한없는 회선모드, N Kbit/s(N=8,16,32,64, 128,384,1536 및 1920):
  64Kbps 보다 낮은 속도의 베어러 서비스는 저속으로 부호화된 음성을 전송할 수 있다. 데이터 속도는 서비스의 종류 이용가능한 스펙트럼 및 수요에 따라 결정하고 구체적인 것은 계속 연구가 필요하다.
- 음성정보전달에 이용할 수 있는 ISDN 서비스, 회선모드 N Kbit/s (N=8,16,32, 및 64):
  FPLMTS 및 고정망이 음성처리에 적합한 기술을 이용하는 것을 제외하고는 제한없는 서비스와 유사하다.
- 3.1 KHz 음성대역 정보를 전달할 수 있는 회선모드 32,64 Kbit/s:
  음성뿐만 아니라 모뎀, 펙시밀리에도 이용가능하다.

2) 패킷 모드 베어러 서비스

FPLMTS 내에서의 사용자 정보 액세스 채널은 저속채널이 될 것이므로 최대 패킷의 크기 및 서비스 품질은 제한되어질 것이다. FPLMTS 데이터 서비스 이용자에게 어느 정도까지 서비스를 제공할 것인가를 결정하기 위해서는 계속 연구가 필요하다.

3) 텔리 서비스

가장 근간이 되는 것은 무선전화(radiotelephony)로서 이동가입자와 PSTN/ISDN 가입자, 또는 이동가입자와 이동가입자 사이의 양방향 음성통신 기능을 제공한다. 통화 품질은 스펙트럼의 경제적 이용이라는 측면에서 볼 때 고정통신망이 수용할 수 있는 최소한의 수준을 만족시켜야 한다.

또 무선전화외에 텔리텍스, 팩시밀리를 포함하여 다양한 텔리매틱 서비스를 제공한다. 예를 들어 이동단말기에서 data base를 이용한다거나(videotex), MHS(message handling system) 서비스 등이 이에 해당된다.

이외에도 고정통신망이 제공하는 텔리서비스와는 다른 이동가입자용의 특수 서비스가 가능하다. 즉 단문장(short message) 서비스에 의해 고정통신망의 가입자가 이동가입자 쪽으로 간단한 메시지를 전송할 수 있도록 한다. 이 서비스는 기존의 페이징(paging) 서비스와 유사하나 셀룰러 시스팀이 기본적으로 양방향의 무선 통신로를 제공하므로 메시지 인지(acknowledgement)에 의한 송수신이 이루어 질 수 있다.

V. 결 론

이동통신의 이상적인 형태는 고정통신에서 제공하는 모든 형태의 서비스를 동등한 품질로 제공하여 통신의 공백기를 없도록 하는 것이지만 전파자원을 이용함에 따른 간섭이나 혼신등으로 인하여 고정망과 같은 서비스 품질을 제공하기에는 상당한 문제점들을 내포하고 있다. 디지틀 이동통신은 이러한 문제에 대한 효과적인 해결책으로서 음성 이외의 데이터 등 비전화계 신호를 전송할 수 있어 ISDN 시대에 대응하도록 하고 가입자 정보의 보호를 용이하게 한다.

본 고에서는 현재 운용중인 자동차 이동통신 시스팀에 대한 소개와 차세대 방식인 디지틀 이동통신 시스팀을 구현하는데 필요한 소요기술 및 현재의 연구추진 동향에 대하여 논하였다. 유선 및 무선과 관련된 다양한 신기술의 총체가 될 신시스팀을 구현하기 위해서는 이밖에도 ISDN과의 연동방법, 사용주파수대 및 정보의 보호방법, 성능향상을 위한 오류정정기술, 적응등화기(adaptive equalizer) 등 지속적으로 연구 검토해야할 사항이 매우 많다.

앞으로 이동통신이 공중통신망에서 차지하는 역할이 보다 증대할 것이 분명하고, 이동통신시스팀의 궁극적 목표가 휴대전화의 달성이라는 것을 고려할 때 국내에서도 외국에서의 디지틀 이동통신 시스팀의 개발동향 및 기술적 문제 등을 검토하여 FPLMTS의 완성을 위해 매진해야 할 것이며, 고도 정보통신 서비스의 제공과 제한되어 있는 자원인 주파수의 효과적인 이용을 위해 지속적인 연구가 경주되어야 할 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

[1] CCIR, *CCIR SG VIII 3rd IWP 8/13 Meeting Output Documents,* San Jose, Costa Rica, Jan. 1988.

[2] CCIR, *CCIR SG VIII Q.39-1/8, 8/73 Draft New Rec., FPLMTS,* 1988.

[3] CCIR, *CCIR SG VIII Q.39-1/8, 8/74 Draft Rep., FPLMTS,* 1988.

[4] Jan Uddenfeldt, "Digital Mobile Telephony with Improved Spectrum Efficiency," *Proc. DMR'85,* pp. 227-238, 1985.

[5] E.S.K. Chien, D.J. Goodman, J.E. Russel, "Extension of ISDN Capability to Cellular Wireless Access," *Proc. DMR '86,* pp. 172-176, 1986.

[6] Filip Lindell, Jan Swerup, Jan Uddenfeldt, "Digital Cellular Radio for the Future," *Ericsson Rev.,* no. 3, 1987.

[7] Renzo Failli, Pietro Porzio Giusto, "Alternative Architectures for a European Digital Mobile Radio System in the 900 MHz Band," *Proc. DMR'85,* pp. 15-18, 1985.

[8] K.D. Eckert, "Conception and Performance of the Cellular Digital Mobile Radio Communication System CD 900", *IEEE Proc. VTC'87,* pp. 369-377, 1987.

[9] B. Ghillebaert, "The Second Gerneration Cellular System," *Proc. ISS'87,* pp.734-738, 1987.

[10] T.A. Ramstad, "Sub-band Coder with a Simple Adaptive Bit Allocation Algorithm," *Proc. ICASSP'82,* pp. 203-207, 1982.

[11] Bruce Fette, Wilburn Calrk, "Experiments with a High Quality, Low Complexity 4800 bps Residual Exicted LPC(RELP)Vocoder," *IEEE Proc., ICASSP'88*, pp. 263-273, 1988.

[12] J.E. Natvig, "Evaluation of Six Medium Bit-Rate Coders for the Pan-European Digital Mobile Radio System," *IEEE Trans. Comm.*, no. 2, pp. 324-331, 1988.

[13] Kazuo Izumi et al., "A Digital Mobile Radio Telephony Sysetem Using TDMA Scheme," 信學技報, CS79-192,pp. 47-52, 1979.

[14] 泰正治, 三木俊雄, "디지틀 移動通信의 研究動向," 電子情報通信學會誌, vol. 70, no. 7, pp. 721-727, 1987.

[15] Kota Ninoshita et al., "A Study on Digital Mobile Radio Communications," 信學技報, CS 85-152,pp. 33-39, 1985.

[16] 糠信榮一朗, "CCIR SG-8 IWP 8/13 第2會合의 概要," 國際電氣通信連合과 日本, pp. 39-42, 1987. 6

[17] 日本電子通信學會, 自動車電話, 1984.

[18] K. Murota and K. Hirade, "GMSK modulation for digital mobile radio telephony," *IEEE Trans. Comm.* vol. COM-29, pp. 1044-1050, 1981.

[19] M.K. Simon and C.C. Wang,"Differential Detection of Guassian MSK in a Mobile Radio Environmnet," *IEEE Trans. VT*, pp. 307-329, 1984.

[20] Kota Ninoshita, Masaharu Hata, Kenkichi Hirade, "TD/FDMA 移動通信方式의 檢討," 電子通信學會論文誌, vol. J64-B, no. 9, 1981.

[21] M. Honda, F. Itakura, "Bit allocation in time and frequency domain for predictive coding of speech," *IEEE Trans. ASSP*, vol. ASSP-32, no. 3, pp. 465-473, 1984.

[22] F.K. Soong, R.V. Cox, N.S. Jayant, "A high quality subband coder with backward adaptive predictor and optimal time-frequency bit assignment," *Proc. ICASSP '86.*, 1986.

[23] E.S.K. Chien, D.J. Goodman, J.E. Russel, "Cellular access digital network (CADN): wireless access to networks of the future," *IEEE Comm. Mag.*, vol. 25, no. 6, 1987.

[24] M.B. Pautet, F. Courau, "Modular implementation of signalling protocols in a digital mobile communications system," *Proc. DMR'86*, pp. 296-301, 1986.

♣ 用 語 解 說 ♣

Mobile radio communication network (이동 통신망)

열차, 선박등 이동체 상호간 및 이동체와 이동체 외부와의 통신을 수행하는 것을 목적으로 한 망을 말한다. 이동체의 위치의 추적, 기지국의 설정, 루트 설정 등 이동체를 대상으로 한 특유의 기능이 필요하게 된다. 이것에는 열차 전화, 자동차 전화, 선박 전화 등이 있다.

Mobile station (이동국)

항공기국, 선박국, 육상 이동국, 휴대국 등, 이동중 또는 특정되어 있지 않은 지점에 정지중에 운용하는 무선국의 총칭. 단, 우주국, 인공 위성국은 포함하지 않는다.