《主 題》

주파수 공용통신(TRS)과 FHMA 기술

안 달 준
(아남산업주식회사)

■ 차 례 ■

Ⅰ. 주파수공용통신(TRS) 시스템 개요
Ⅱ. FHMA 기술
Ⅲ. 결론

Ⅰ. 주파수공용통신(TRS) 시스템 개요

1. 주파수 공용통신(TRS)의 개념

주파수 공용통신(TRS : Trunked Radio System)이란 각 사용자가 특정한 주파수를 전용하여 사용하던 종래의 무선통신 방식과 달리 무선중계국에 할당된 복수의 RF 채널을 다수의 가입자가 공동으로 이용하게 하는 방식으로서, 주파수 이용률 및 경제성이 매우 높은 무선통신시스템이다.

주파수의 효율적인 활용을 위하여 사용되는 방법으로는 셀룰러 방식과 트렁크 방식이 있다. 셀룰러 방식은 주파수를 공간적으로 나눈 것으로 지역을 셀단위로 구분하여 한 조의 주파수를 공간적으로 재사용하여 주파수효율을 높인다. 반면에 트렁크 방식은 일반 전화통신에 사용되는 중계(Trunk)의 개념을 도입하여 주파수를 시간적으로 나누어 동일 지역내의 다수의 그룹이 다수의 주파수를 시간별로 공용함으로써 효율적인 통화를 이루어지게한다. 이 방식은 시간별로 다수의 그룹이 중계국과 주파수를 공용함으로써 중계국시설이 감축되고 이에 따라 부대 운용경비도 절감된다.

현재 주파수 경영통신방식은 미국, 일본, 유럽 등 세계 전역에 걸쳐 활발히 운용되고 있는데, 크게는 공공시스템과 사설시스템으로 나눌 수 있다. 공공시스템은 대부분 각급 정부기관에서 설치한 것으로 경찰, 소방, 의료, 철도 등 각종 공공기관에서 연계, 운용되고 있다. 사설시스템은 민간 사업자가 주파수를 할당 받아 시스템을 설치하여 이를 희망하는 이용자에게 서비스를 제공하는 것으로서, 운송업, 제조판매업, 수리관계업, 토목건설업, 서비스업 등의 자영업에서 주로 비용 절감을 통한 기업경영의 생산성 향상수단으로 이용되고 있다.

주파수공용 통신 시스템은 그림 1.1과 같이 중계국과 다수의 가입자군으로 구성되며, 각 가입자군은 기지국과 다수의 이동국으로 구성되어 있다. 중계국은 기지국과

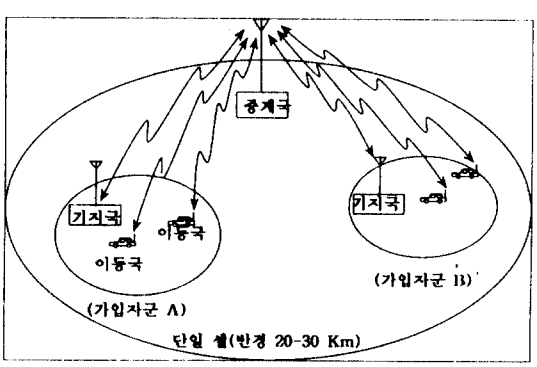

그림 1.1 주파수 공용통신시스템의 개념도

이동국 및 이동국 상호간의 통신을 중계하기 위하여 공동으로 이용하는 무선국으로, 제어채널을 통하여 호의 접속과 사용되지 않는 채널의 검출 및 채널의 할당등의 회선제어를 담당한다. 기지국은 이용자의 사무실등에 설치하는 무선국으로 가입자군과 기지국은 일대일 대응한다.[1]

주파수 공용통신 시스템은 반경 20~30km의 통화 영역권이 다수개 모여 단일 통화 영역뿐 아니라 타 통화 영역에서도 통화가 이루어지도록 되어 있는데, PSTN 가입자와의 통화와 함께 단일 통화 영역에서만 통화 서비스가 제공되는 단일 영역 그룹 호출과 여러 통화 영역이 함께 통화로가 연결되어 통화 서비스가 제공되는 광역 그룹 호출이 있다. PSTN 가입자와의 통화와 단일 영역 그룹 호출은 하나의 통화로만 점유하지만 광역 그룹 호출은 동시에 여러개의 통화로를 점유하게 되는 특징이 있다.

TRS시스템이 PSTN과 접속되고 자체 가입자가 분산되어 있는 경우 TRS시스템과 연동되고 데이타베이스(database)를 공유하기 위해서는 네트워킹이 가능한 망 교환부에서 기지국을 제어해야 한다.

2. 주파수 공용시스템의 서비스 특성

초기의 주파수공용 통신시스템은 서비스 기능이 다양하지 못하였으나 하드웨어 가격의 하락으로 시스템 구현 비용이 저렴해짐에 따라 다양한 기능의 추가가 가능하게 되었다. 현재 상용화된 시스템들은 시스템 제공업체가 가능한 서비스 기능에 차이가 있으나 대체로 다음과 같은 서비스들이 가능하다. 주파수 공용통신시스템의 서비스 특성을 나열하면 아래와 같다.

① 가입자는 중계국의 어느 채널이라도 사용이 가능하다.

② 통화중에는 채널을 전용할 수 있으므로 타사용자로부터의 혼선이나 간섭이 없어서 통화품질이 우수하다.

③ 1회 통화시간의 제한(1 - 3분)으로 채널당 사용자 수를 극대화할 수 있으며 통화 폭주시에도 대기시간이 그다지 길지 않다.

④ 중계국을 공동으로 이용하기 때문에 비용부담이 적다.

⑤ 다양한 통신기능(일제통화, 그룹통화, 개별통화, 긴급통화 등)이 가능하다.

⑥ 장치비, 사용료 등 비용이 저렴한 대중통신 수단으로 운수업, 제조업, 제조 및 서비스업, 건설현장, 경비업체, 연안선박 등에 주로 사용된다.

3. 셀룰러시스템과 주파수 공용시스템의 비교

셀룰러방식은 일반 가입자의 전화와 같은 기능으로서 사용되고 그룹 통신망의 구성이 없다. 반면 주파수공용방식은 어떤 특정한 목적을 위하여 여러 사용자들이 그룹을 형성하여 통화할 수 있다. 다음 표 1.1은 기존 시스템의 일반적 특성을 비교한 것이다.

표1.1 주파수 공용방식과 셀룰러방식의 비교

항 목	셀룰러방식	주파수공용방식
통신대상	누구와도 통신가능	동일소속가입자와 통신가능
통화방식	다이얼에 의한 송수신	PTT에 의한 상호통신
통화시간	제한없음	제한
그룹통화	불가능	가능
중 계 국	소구역 다수 중계방식	대구역 다수 중계방식
서비스지역	서비스지역 어디서나	특정한 구내 영역
주파수대역	상향 824-849 하향 869-894	상향 806-821 하향 851-866
출 력	기지국 20W 이동국 3W	기지국 3-80W, 10-35W 이동국 15W
음성채널수	8-16	5, 10, 15, 20
통신보안	낮다	높다
주파수활용 효 율	30가입자 / 채널	100 가입자 / 채널

4. TRS시스템의 발전방향과 디지틀 시스템

주파수공용통신을 포함한 대부분의 이동무선통신은 전통적으로 아날로그 통신방식을 사용하였으며 특히 FM 변조방식이 가장 선호되어 왔다. 그러나 아날로그 방식은, 특히 FM방식의 경우에, 요구되는 채널당 대역폭이 매우 커서(약 30KHz내외) 주파수 이용효율이 낮다는 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하기 위하여 새로운 디지틀 시스템들이 출현하게 되었는데 그 대표적인 예로는 디지틀

셀룰러 시스템(미국의 IS-54 TDMA, IS-95 CDMA, 유럽의 GSM, 일본의 PDC등)이 있다. 그러나 주파수 공용통신 시스템의 경우 디지틀 방식으로의 전환은 비교적 느린 편으로 최근에 와서 몇몇 시스템이 디지틀 방식으로 전환할 움직임을 보이고 있다.

현재 이동통신의 수요가 급격히 증가하여 기존의 아날로그 TRS방식으로는 수용능력의 한계에 직하게 되어 수용능력의 확대를 위하여 디지틀방식이 요구되고 있으며, 현재 유럽지역에서는 Ericsson GE사의 EDACS, 북미 지역에서는 Motorola사의 ASTRO와 MIRS 그리고 Geotek사의 FHMA, 일본에서는 Motorola사의 MIRS등이 디지틀 TRS시스템으로 현재 실용화되고 있다. 현재 각국에서 상용화를 서두르고 있는 주파수공용시스템의 기본적인 사양을 요약하면 다음표 1.2와 같다.

할 수 있다.

매크로셀당 3~10섹터(통상 6섹터가 적당함)로 구성할 수 있고, 또한 5~10마일크로셀을 설치할 수 있다. 이 시스템의 특징은 수용용량을 증가시키기 위하여 채널 당 주파수 도약기법(frequency hopping)을 이용한다. 주파수 도약속도는 200 hops/sec이하로 낮으며, 통상 10개의 주파수로 채널당 10개의 회선(circuit)을 제공하고 있다. 음성은 IMBE음성 부호기(vocoder)를 사용하여 4.8kbps로 압축을 시킨다. 디지틀화된 음성신호는 채널코더(속도 1/2 및 제약거리 7인 길쌈부호(convoluton code)사용)를 통과한 후, π/4-QPSK 변조기에서 18k보우(36kbps) 속도로 변조되어 25kHz대역(one channel)을 통과하게 된다. 각 채널은 동시에 3개의 호가 접속되는 3-TDMA방식(부가 디지틀 셀룰러 방식)에 의하여 다중 접속된다. 음

표1.2 디지틀 TRS시스템의 비교

Items \ system	FHMA	EDACS	ASTRO	MIRS
Company	GEOTEK	Ericsson GE	Motorola	Motorola
Access method	FH/TDMA	FDMA/TDMA	FDMA (2*TDM)	6-TDMA
Frequency Band	800 / 900 MHz	800/900MHz	800/900MHz	800/900MHz
Bandwidth (kHz)	25 (2 × 12.5)	25 (2 × 12.5)	25 (2 × 12.5)	25
Modulation	π / 4 QPSK		QPSK C	16 - QAM
Vocoder	IMBE	AME	VSELP	KELP
	rate : 4.8kb/s		rate : 4.8kb/s	rate : 4.8kb/s
Data Rate	18kbps	9.6kb/s	9.6kb/s	
Error correction code	conv. code (r = 0.5, k = 7)		2.1kbps	
	rate 5.2kbps			
Coded bit rate	36 kb/s	9.6kbaud	11.2kb/s	
Interleaving	depth 12 or 24			
Capacity	27 times	1 times	2 times	6 times

5. FHMA시스템

본고에서는 설명하고자 하는 FHMA시스템은 미국의 Geotek사와 이스라엘의 Refael(군통신연구소)간의 합작기업에서 개발한 상용 무선주파수 공용시스템이다. 접속방법은 FH-TDMA이고, 무선 주파수 대역은 900MHz대이다. 800MHz대에도 가능하다. 따라서 시스템 운용 주파수대역에 무관하여 어떤 대역에서도 운용이 가능한 융통성있는 시스템이라고 할 수 있다. 하나의 매크로셀당 하나의 중심기지국을 중심으로 직경 70마일의 범위를 커버

성은 DSI(Digital Speech Interpolation)형태의 다중화를 사용하여 시스템용량을 15배로 증가시킨다. FHMA시스템은 매크로셀을 방사상으로 지형을 구분하고 독립된 안테나를 설치하여 섹터화한다. 각 섹터는 특정한 도약주파수 계열 그룹을 할당하므로서 동일 주파수내의 사용자는 충돌이 발생하지 않도록 한다. 공간 다이버시티 기능을 통해 기지국, 마이크로 사이트, 사용자 유니트에 설치하여 두 경로로 부터 유입하는 신호중 가장 강한 경로를 역동적으로 선택하게 하므로서 도심지에서 발생하는 페

이딩의 역할을 극복하고, 기지국과 가입자가 멀리 떨어져 있을 경우라도 통신의 고신뢰도를 보장할 수 있다. 결과적으로 기존의 아날로그 FM방식의 TRS에 비하여 섹터당 3×1.5×n=4.5n 배로 시스템 용량을 증가시킬 수 있다. 여기서 n은 섹타 수로, 통상 n=6일때 용량 증가비는 27배가지 가능하다.

Ⅱ. FHMA기술

1. 다원 접속 방식

1) 다원 접속 방식의 개요

이동통신에서는 한정된 주파수 자원으로 가급적 다수의 사용자를 수용할 수 있는 접속방식이 요구된다. 다원접속방식은 채널을 점유하는 방식과 채널을 공유하는 방식으로 크게 구분할 수 있다. 채널 점유방식은 전화 등과 같은 트래픽이 연속적인 통신에 적합한 접속방식이며, 아날로그 셀룰러 방식으로 사용되고 있는 주파수 분할 다원접속(Frequency Division Multiple Access : FDMA), 디지틀 셀룰러 방식으로 채용된 시분할 다원접속(Time Division Multiple Access : TDMA)과 부호 분할 다원접속(Code Division Multiple Access : CDMA) 방식들이 있다. 채널을 공유하는 방식은 충돌을 허용하여 각 사용자가 독립적인 패킷신호를 랜덤하게 전송하기 때문에 랜덤 접속방식이라고 하며, 알로하(ALOHA), ICMA(Idle Channel Multiple access)등을 들 수 있다. 주파공용시스템에서 이동국이 송신을 시작할 때 기지국으로 무선 채널을 할당받기 위하여 제어신호를 송신하는데, 이 때 사용되는 것이 랜덤 접속방식이다.

2) 다원 접속 방식 비교

FDMA는 기술적으로 가장 단순하여 시스템 구현이 비교적 용이하다. 채널 간의 독립성이 좋고 주파수 범위를 벗어나지 않는 한, 채널 상호간 간섭 영향을 끼치지 않는다. 신호 속도가 늦기 때문에 다중파간의 지연차에 기인하는 다중경로 페이딩의 영향이 적다. 단, 협대역화나 고주파화로 되면 주파수 안정도가 나빠지게 된다.

TDMA방식을 고려하는 이유 중의 하나는 FDMA에 비해 다중화된 대역이 확대되어 주파수 안정도가 완화되기 때문이었다. 또, TDM 다중화로 인하여 기지국의 송신기술을 줄일 수 있어 경제적 효과도 TDMA의 특징으로서 중요하다.

TDMA방식에서는 이동국과 기지국과의 거리가 일정하다고 볼 수 없기 때문에, 버스트와 버스트간의 시간이 일정하지 않다. 따라서 가드 타임을 설치할 필요가 있다. 너무 긴 가드 타임은 주파수 효율을 감소시키기 때문에 원근차를 흡수할 수 있는 범위에서 가급적 짧은 시간으로 설정해야 한다. 따라서 효율을 향상시킬 수 있는 방법은 가드 타임과 버스트 길이에 관계된다.

TDMA버스트 신호에 있어서, 진폭의 포락자가 급격히 변화하면 스팩트럼이 확장되어 인접 채널에 간섭의 원인이 된다. 그러므로 진폭이 완만하게 변화하도록 포락선의 제어가 필요하다. 너무 완만하게 하면 주파수 효율이 나빠지고 슬롯간섭이 초래되기 때문에 최적화해야 한다. 다수의 통신채널을 TDMA 다중화 하면 변조신호 속도는 적어도 수십 kbps 이상이 된다. FDMA에서는 고려되지 않았던 전파지연의 영향이 발생한다. 다중파 지연의 측정에 의하면 도심지에서는 약 1~2ms, 교외에서는 10ms의 시간 지연이 생기는 경우가 있다. 예를 들면, GSM방식의 신호속도는 약 270kbps로, 시변간격은 3.7ms이므로, 지연은 무시할 수 없다. 이러한 지연의 영향을 없애기 위하여 전송로의 전달함수의 역특성을 가지는 필터를 통과시키면 된다.

TDMA방식은 구현 측면에서 보면 기지국의 경제화에는 효과적이지만 그 대신에 송신 증폭기의 부가가 증가된다. 왜냐하면 신호속도가 증가되면 소요 출력도 비례하여 상승하기 때문이다. 결국 TDMA방식에서 다중 채널수는 기지국 경쟁성, 다중파 지연 대책, 이동국의 소형화 등을 고려하여 최적화된다.

CDMA는 신호를 확산하는 것으로서 잡음에 강한 특징이 있다. 정보 속도와 변조신호 속도와의 비를 G라 하면 잡음 내력은 10logG만큼 높아진다. 한편 CDMA에서는 다른 신호도 수신기에 들어와 잡음이 되는 문제가 있다. 하향 링크 상에서는 신호 및 간섭신호가 전송로 상에서 동일한 변동을 일으켜 C/I은 거의 일정하나, 상향 링크에서는 신호와 간섭신호의 변동이 독립적이기 때문에 송신출력 제어가 필요하다. 송신 출력 제어가 매우 정밀하면 CDMA 주파수 효율은 좋으나 정밀도가 낮아지면 효율이 떨어진다.

CDMA방식은 대역확산방식에 따라 직접 계열방식(DS : Direct Sequence)과 주파수도 약방식(FH : Frequency Hopping)이 주로 쓰이며 이 DS와 FH방식의 장

단점을 비교해보면 다음 2.1과 같다.

표 2.1 DS와 FH의 비교

직접계열(DS) 방식	
장　점	단　점
• 재밍에 강함 • 신호검출이 어려움 • 다경로의한 페이딩에 강함	• 확산부호발생기 필요 • 포착시간이 김 • 원근문제 발생 • 연속적인 주파수대역이 필요
주파수도약(FH)방식	
장　점	단　점
• 스펙트럼 확산용이(도약 주파수 증가) • 포착시간 짧음 • 원근문제 거의 없음 • 연속적인 주파수 대역이 필요치 않음	• 주파수 합성기 필요 • 히트 발생 (에러정정부호필요)

3) FHMA

FHMA는 주파수도약 대역확산(FHSS)방식과 TDMA 방식을 결합시킨 시스템 기술이며 주파수 도약에 기초한 대역확산기술의 하나로 한 주파수에서 다른 주파수로 느리게 동기적으로 도약하는 저속도약방식을 채택하고 있다. TDMA의 프레임에 미리 정한 상호직교성의 주파수 도약 패턴을 제공하기 때문에 주파수 히트가 발생하지 않는다. 그리고 저속의 주파수 도약기법을 이용하기 때문에 광역의 연속적인 대역을 필요로 하지 않는다. FHMA시스템은 앞에서 설명하는 FH-CDMA와 동일한 제반 특성을 지니고 있다.

유럽표준의 셀룰러 이동전화의 방식은 GSM시스템도 TDMA접속방식에 느린 주파수 도약을 결합하여 페이딩 및 간섭현상을 배제하고 있다. 그림 2.1에서 조속 주파수 도약패턴을 시간과 대역폭의 평면구성도로 표시하고 있다. 가로축은 시간을 세로축은 도약대역폭을 나타낸다. 한 오약당 1184비트(약 5ms)를 전송하는 저속 주파수 도약을 설명하고 있다. 20ms의 심볼구간 동안 4번의 주파수 도약이 이루어 지고 있다. 도약속도는 200 hops/sec 이다.

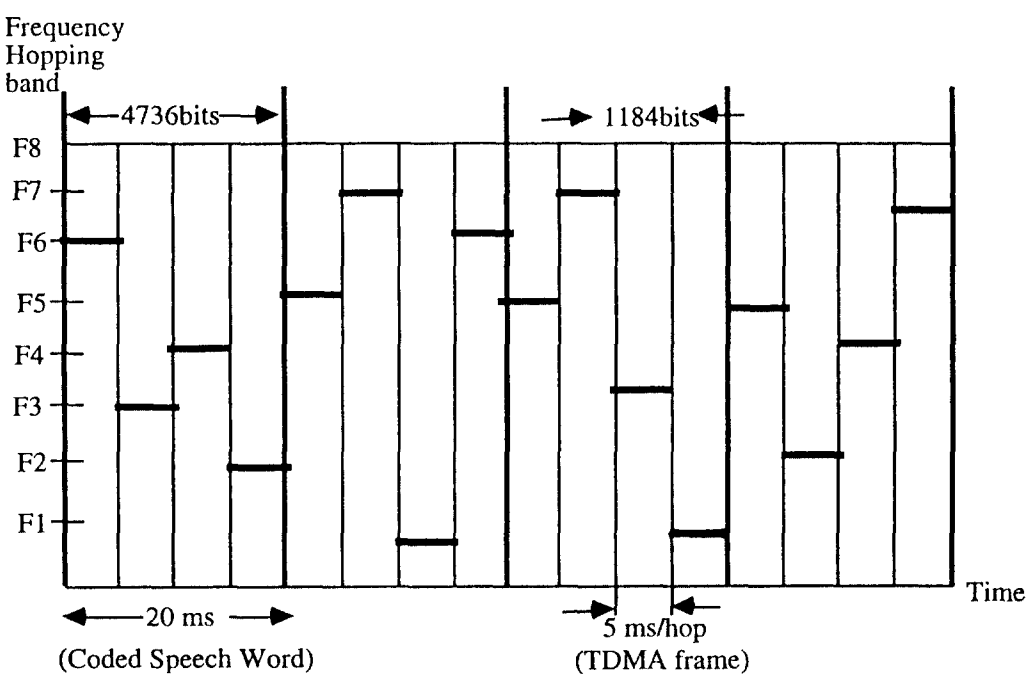

그림 2.1 저속 주파수 도약 패턴의 개념도

여기서 주목해야할 사항은 FH-CDMA방식에서는 도약패턴이 랜덤(random)하지만, FHMA방식에서는 도약패턴이 사정에 정해진 패턴을 사용한다는 것이다. 그 이유는 완전 직교성의 주파수 도약패턴을 이용함으로써 주파수 충돌(히트)의 발생을 완전히 배제하자는 것이다.

TDMA의 프레임에 미리 결정된 상호 직교성의 주파수도약 패턴을 제공하기 때문에 동일 섹터내에서는 주파수 히트가 발생하지 않는다. 그리고 저속의 주파수 도약패턴을 이용하기 때문에 FH-CDMA방식에서와 같이 광대역을 필요로 하지 않는다. FHMA의 모든 특성은 앞에서 설명하는 FH-CDMA와 같은 제반 장점을 가지고 있다.

2. FHMA시스템의 성능향상 기술

1) 매크로 셀의 섹터화(Sectorization)

FHMA시스템에서는 지리적으로 매크로 셀을 '섹터'의 형태로 방사상 구조로 나누며, 각 섹터는 기지국에 있는 섹터 안테나에 의해 제어된다. 주어진 어떤 섹터 안에 있는 사용자들은 일련의 특정한 주파수 도약 시퀀스를 사용한다. 이들 시퀀스는 '직교 시퀀스'로 동시에 같은 도약주파수로 전송되는 경우가 없기 때문에 히트가 발생하지 않는다.

FHMA시스템의 중요한 잇점은 섹터들 간의 간섭을 효과적으로 제어함으로써 각 섹터에서 같은 주파수를 재사용할 수 있으므로 다중섹터의 구조로 실현 시킬 수 있다는 것이다. FHMA시스템은 섹터간 주파수 재사용 비가 1이다. 앞에서 언급한 바와 같이 각 섹터는 서로 직교성을 갖는 서로 다른 일련의 도약 계열을 사용하기 때문이다.

분명히 직교성을 갖는 계열들의 집합은 서로간 최소의 상관도를 가진다. 그 최소 상관성으로 인해 인접 섹터들 간의 간섭을 통계적인 방법으로 조정할 수 있게 되어 결국 그 인접지역의 간섭을 오류 정정 부호로 제거한다.

FHMA시스템에는 주파수 도약을 인터리빙으로 처리, 섹터 내의 사용자의 위치의 랜덤성, 링크 양 끝에서의 전력 제어, 특정 지역에서의 페이딩 등이 시스템에 발생하는 오류를 더욱 불규칙하게 한다. 이들 요소들이 간섭을 더욱 불규칙하게 만듦으로서 오류 정정 부호가 채널의 간섭을 완전히 제거할 수 있게 만들어 준다.

사용되고 있는 채널의 단절을 피하기 위해 매크로 셀 내에 있는 이동 사용자는 섹터들 사이를 이동할 때 핸드오프를 하게 된다.

FHMA시스템에서는 전파취약지역과 저 트래픽 지역을 서비스할 수 있도록 하기 위하여 별도의 마이크로 사

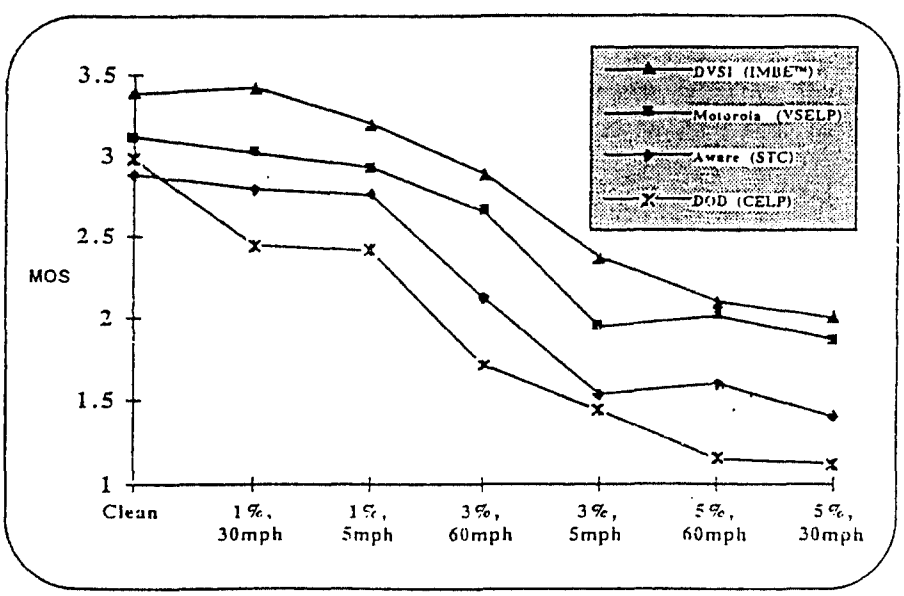

그림 2.2 채널 오류에 따른
APCO/MASTD/Fed음성부호기/복호기 평가

이트를 설치하고 있다. 고 트래픽 지역의 마이크로 사이트 지역적으로 구분된 하나의 다른 섹터가 만들어지는 결과와 같게되어 이로 인해 고 트래픽 지역은 무선선력을 감소시킬 수 있고, 대응되는 간섭을 감소시켜 추가적인 용량의 증가를 가져온다.

2) FHMA시스템에서의 다이버시티

FHMA시스템에서는 공간 다이버시티 기능을 기지국과 마이크로 사이트 및 가입자 장치에 실현하고 있다. 통신 링크의 양 끝단에 다양한 방법으로 두 전파 경로 중 가장 좋은 신호를 선택할 수 있는 안테나(splitantenna)를 구비한 두개의 전합 수신기를 설치하여 대도시에서 발생하는 페이딩을 극복할 수 있고, 기지국과 사용자간의 거리가 먼 경우에도 높은 품질의 통신이 이루어질 수 있도록 하고 있다.

3) IMBE음성 압축 기술

IMBE음성 부호기는 미국 MIT대학에서 전통적으로 음성 부호기에 사용되던 선형 예측 음성 모델(linear prediction model)보다 훨씬 더 성능이 우수하고 견고한 음성 모델을 고안해 내기 위하여 1980년대 초에 연구를 시작하여 얻은 결과이다. 그 결과로 다중 밴드 음성 부호화 모델(MBE model)을 고안해 냈으며 결과적으로 CELP, RELP, VSELP, LPC 10등의 선형 예측(linear prediction)방식을 기초로한 음성 부호기보다 많은 우수한 장점을 갖게 된다.

IMBE 음성 부호화 방식은 저속 데이타 전송에 의해서도 고품질의 음성을 재생할 수 있으며 배경 잡음 및 비트 오류에 상당히 강하다. 이러한 성질들 때문에 IMBE음성 부호기는 CELP를 포함으로 하는 음성 부호기보다 육상 이동 통신과 같은 응용 분야에서 탁월한 성능을 발휘한다.

1992년 봄 미국 통신 산업 협회(TIA)에서는 APCO/NASTD/Fed Project 25 라는 북미 육상용 이동 통신 시스템에 사용될 음성 부호기를 선정하기 위하여 4가지의 실시간 7.2kbps음성 부호기를 평가하였다. IMBE음성 부호기 뿐만 아니라, 모토롤라의 VSELP시스템, Aware사의 STC시스템 및 미국방성의 CELP시스템이 평가 대상이었다. 이 평가의 결과로서 그림 2.2에 나타낸 바와 같이 IMBE 음성 부호기는 거의 모든 시험 조건에서 괄목할 만하게 더 좋은 음질을 재생하였을 뿐만 아니라 연산 복잡도와 같은 다른 면에서도 큰 잇점이 있다는 것이 밝혀졌다. 여기에서 수직축은 평균 의견점수(mean opinion score, MOS)이며, 1에서 5까지의 점수를 갖는다.

4) DSI(Digital Speech Interpolation)

이 DSI기법은 음성 통신의 트래픽이 연속적이 아니라는 통신 특성을 이용한 것으로, 이러한 음성 신호의 휴지 시간에 다른 채널을 재할당하는 방식을 TASI(Time Assigned Speech Interpolation)방식이라고 불렀으며 이를 디지털 방식으로 실현한 것이 DSI 방식이다.

일반적인 전화 사용자는 사용 시간의 50%정도는 말을 하고 나머지 50% 정도는 듣기만 한다. 이를 '말하고 듣기(Talk Listen)'효과라고 하는데 이는 복신(full duplex)전화 채널의 각 채널이 시간적으로 반정도만이 음성 신호를 보내는데 사용된다는 것을 말해준다. 더군다나 통화자가 말하는 동안 각 분상 사이에서는 조금씩 쉬게 된다. 이 쉬는 시간은 전체 말하는 시간의 25~35%에 달하며, 듣기와 말하기가 각각 50%라고 한다면 전화 통화에서 실제로는 약 33~38%의 시간만 송신 채널을 사용하게 된다. 만약, 전화를 거는 사람이 상대편이 대답할 때까지 기다리는 시간과 같은 또 다른 요소들을 고려한다면 이 값은 더욱더 작아져서 0.25까지 내려갈 것이다. 이 숫자는 CCITT에서 제시한 숫자이나 실제 시스템을 설계하는 경우 0.35~0.4 정도의 값을 사용한다.

FHMA시스템에서는 이 DSI기법을 이용하여 채널효율을 증대시키고 있다.

5) 변복조 기법

이동통신에서는 FSK, PSK 등의 등진폭특성 신호가 가장 많이 선호되고 있다. FSK는 완벽하게 등진폭특성이나 대역폭이 상대적으로 넓으며 PSK 는 대역폭은 좁으나 필터를 거친 신호는 등진폭특성을 유지하지 못하고 포락선의 변동을 초래하게 된다. 양자간에는 이상과 같은 상반점이 있으나 특히 PSK의 경우는 등진폭특성도 좋을 뿐 아니라 대역효율도 우수하므로 과거의 위성통신 등의 무선통신에 많아 사용되어왔다.

PSK방식중에서 많이 쓰이는 종류로서는 QPSK와 OQPSK가 있는데, 특히 QPSK는 높은 대역효율과 구현의 용이성으로 인해 매우 인기가 있는 방식이다. QPSK 변조방식의 단점을 개선한 것이 OQPSK와 π/4 QPSK인데 OQPSK에 비해 등진폭특성이 우수하다. 즉, OQPSK와 π/4 QPSK는 QPSK와 대역효율은 동일하면서 등진폭특성이 더 우수한 장점을 지닌다. 한편 OQPSK와 비교할때 π/4-QPSK방식은 등진폭 특성은 비슷하나 복조방법이 매우 다양하고 복조 성능이 상대적으로 우수하여 OQPSK보다 늦게 개발되었음에도 불구하고 더 많이 보급되고 있다.

이러한 이유로 π/4-QPSK방식은 최근에 설계된 대형 이동통신시스템에서 널리 채용되고 있는데 그 대표적인 것들로는 미국의 디지틀 이동통신 IS-54 표준과 일본의 디지틀이동통신 표준인 PDC에 π/4-QPSK가 채택된 것을 들 수 있다. 유럽의 디지틀 이동통신용(GSM시스템)으로는 GMSK변조방식이 쓰이고 있는데 이것은 FSK의 일종으로서 등진폭방식이다. 이와 같이 현행 3대 세계 디지틀 이동통신 표준이 모두 FSK가 아니면 π/4-QPSK를 채용하고 있으므로 등진폭 변조방식이 세계적인 추세임을 알 수 있다[2], [3].

한편 TRS시스템은 디지틀방식으로의 전환이 아직 본격적으로 이루어지지 않고 있어 디지틀 변조 방식의 많은 예를 찾을 수 없다. Geotek의 π/4-QPSK방식을 제외하고는 예를 들어 일본의 디지틀 MCA시스템에서는 16-QAM방식을 채용하고 있고 Motorola사의 MIRS시스템은 16-QAM을 채용하고 있다. 16-QAM과 π/4-QPSK를 비교해보면 가장 큰 특징적 차이점은 16-QAM이 다레벨 다치(multi-level, multi-value)변조인데 반하여 π/4-QPSK는 다치(심벌당 2-bit)이긴 하나 다레벨은 아니라는 점이다.

16-QAM신호는 일반적으로 다레벨변조이므로 페이딩의 영향을 심하게 받는것으로 알려져 있다. 반면 16-QAM은 심벌당 4-bit(2^4=16이므로) 를 전송할 수 있어서 단위 대역당 전송효율은 우수한 편이다.

16-QAM의 페이딩에 대한 약점을 보완하기 위한 여러가지 보상기법이 그동안 많이 연구되어 왔으며 그 결과가 최근의 논문에 발표되고 있다. 그러나 이러한 결과들은 아직 연구의 수준에 머무르고 있으며 실용화하기에는 상당히 무리가 있는 내용들이다. 따라서 아직까지 16-QAM을 실현한 상용시스템은 나오지 않은 셈인데 일본의 MCA나 Motorola의 MIRS가 16-QAM을 채용했다면 이들이 거의 최초의 예가 되는 셈이다.

6) 길쌈 부호화 방식

길쌈부호의 성능은 몇가지 차원에서 살펴볼 수 있으나 최근에 와서는 전체적으로 블럭부호보다 더 우수한 성능을 지니고 있는 것으로 평가되어 가장 많이 사용되는 부호가 되었다. 예를 들어 길쌈부호와 가장 많은 비교대상이 되는 우수한 블럭부호인 Reed-Solomon부호와 비교해 볼 때 길쌈부호는 부호이득(coding gain)이 Reed-Solomon부호보다 크고 복호방법도 더 간단한 편이다. 다만 길쌈부호는 Reed-Solomon부호보다 연집에러에 약한 점이 인정되는데 이 문제는 뒤에 나오는 인터리빙(interleaving)을 통하여 해결이 가능하다[4].

길쌈 부호도 일반적으로는 다른 부호 방식과 비슷하게 용장도가 클수록 부호화 이득(coding gain)이 커진다. 그러나 정확한 부호이득은 구속장(constant length) K의 값, 그리고 복호방식에 따라서도 상당히 좌우되므로 간단히 주어지기는 어렵다. 현재까지 연구된 결과들은 보통 전형적인 값 혹은 상한 값으로 많이 주어진다. 아래 표 2.2에 연판정복호(soft decision decoding)를 사용한 경우의 몇가지 전형적인 부호이득치를 보여주고 있다.

표2.2 길쌈 부호의 성능 특성

E_b/N_0(dB)	BER	k/n	1/3		1/2		2/3	
		K	7	8	6	7	6	8
6.8	10^{-3}	부호화	4.2	4.4	3.5	3.8	2.9	3.1
9.6	10^{-5}	이득	5.7	5.9	4.6	5.1	4.2	4.6

FHMA시스템에서는 K=7과 k/n=1/2이므로 부호이득이 전형적인 BER값 근처에서 약 3.8~5.1dB내외이며 이 값은 k/n, K값들과의 사이에 적절한 절충을 한 결과임을 알 수 있다.

7) 인터리빙과 에러정정부호와 결합 효과

앞에서 밝힌 바와 같이 길쌈부호의 단점 중의 하나는 연집오류에 대해 상대적으로 약한 점이다. 이러한 문제를 해결하는 가장 전형적이고도 강력한 방식은 인터리빙을 길쌈부호와 같이 적용하는 것이다. 인터리빙과 길쌈부호의 결합은 매우 효과적으로 연집에러에 대처할 수 있는 방안으로 많은 문헌에서 보고되고 있으며 또한 실제로 많이 적용되고 있다[5].

Ⅲ. 결 론

이상으로 다중접속, 음성신호처리방식, 변복조 방식 및 부호화 방식에 각각의 성능을 비교 분석해 보았다. 변조, 복조, 부호화, 복호방식, 인터리빙 등의 수단은 궁극적으로 신뢰성이 있는 정보의 전송을 가능하게 하기 위한 것이고 다중접속 및 DSI방식은 유효회선용량을 증대시키기 위한 것이다.

FHMA시스템은 디지틀 주파수공용시스템으로써 주파수도약기법과, 섹터화, 시분할다원접속, 디지틀음성보간기법(DSI) 등을 이용하기 때문에 기존의 아날로그보다도 약 25~30배 가량 용량을 증가시킬 수 있다. 또한 매

크로 셀내에 마이크로 사이트를 설치하여 저 트래픽 지역에서는 음영지역의 문제를 해결하고 고 트래픽 지역에서는 음영지역의 문제를 해결하고 고 트래픽 지역에서는 추가적인 용량증가를 할 수 있다. FHMA시스템에서는 공간 다이버시티 기능을 기지국, 마이크로 사이트, 그리고 가입자들에 적용하기 때문에 대도시에서 발생하는 페이딩을 극복하고 기지국과 사용자간의 거리가 먼 경우에서도 높은 품질의 통신이 이루어질 수 있도록 하고 있다.

FHMA시스템은 또한 주파수도약 기법을 이용하기 때문에 직접 계열방식에서 발생하는 원근현상의 영향이 적어 강력한 전력제어를 행할 필요성이 있다. 주파수도 약 기법을 사용하면 느린 페이딩을 겪는 지역에서 양호한 통신을 수행할 수 있고, 시스템의 비화를 유지하는데 유용하다. 불량 수신지역에서 핸드오프를 결정할 때도, 주파수 도약 기법이 통신링크가 완전히 상실되기 전에 다른 주파수로 주파수 도약을 행함으로서 링크를 설정할 수 있기 때문에 유용한 장점을 가지고 있다. 그리고 Geotek사의 FHMA시스템은 추가적으로 전력제어를 행하여 신뢰성의 극대화를 도모하고 있다.

FHMA시스템은 수개의 섹터(통상 6개)로 구성되어 있고 각 섹터는 완전 직교의 주파수 도약 계열을 사용하고 있어 사용자간 간섭이 완전히 배제된다. 그러나 다른 섹터에도 유사한 주파수 도약패턴을 이용하기 때문에 섹터간에는 주파수 충돌이 발생할 수 있다. 이는 시스템의 성능를 저하시키지만 인터리빙(interleaving)을 갖는 매우 강력한 에러정정부호를 사용하기 때문에 에러는 거의 복구가 된다. 실제로 에러정정부호인 인터리빙이 주파수 도약(FH) 시스템과 결합하게 되면 충돌 뿐만 아니라 페이딩에 의한 간섭신호에 대해 매우 강력한 저지능력을 갖는 디지틀 통신시스템이 된다.

FHMA시스템의 구현에는 음성 신호 부호화에 IMBE 방식을 사용하여 일정 데이타 전송속도에 대하여 고품질의 음성의 재생이 가능하도록 하였다. 이 음성 부호화 방식은 앞에서 서술한 바와 같이 기존의 선형예측 방식들보다 음성재생 품질면과 연산복잡도 면에서 더욱 우수한 성능을 갖는 것으로 나타났다.

FHMA 시스템은 이상에서 요약한 바와 같이 이동무선채널상에서 일어날 수 있는 전송상의 문제점을 해결하기 위한 최선의 기술적 방식을 도입한 시스템으로 볼 수 있다. 우선 주파수도약(FH)방식은 다중접속과 동시에 페이딩 면역성을 제공해 줄 수 있다는 점이 충분히 논의되었다. 한편 주파수도약 방식의 문제점으로 지적될 수 있는 것은 간섭(특히 본간섭 등)에 의해 한 도약주파수 내의 비트들이 연집에러(burst error)를 낼 수 있다는 점이 있다. 이 간섭은 특히 사용자 용량을 늘이기 위한 셀의 다중섹터화(multi-sector)과정에서 일어나기 쉬운데, 이를 해결하는 가장 효과적인 수단은 길쌈부호와 인터리빙을 결합한 오류정정 기능이라고 볼 수 있다. Geotek사의 설계는 TRS시스템 DSI등의 기법을 적절히 구사하여 다중화, 페이딩 면역성, 채널의 비선형성 교정, 셀 용량의 극대화, 에러정정기능 사이의 최적화를 달성하고 있으며 음성 신호 부호와 기법인 IMBE기법과 DSI기법을 사용하여 높은 용량의 시스템구현을 가능하게 했다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 박재석, "주파수공용통신서비스의 발전과 우리의 대응", 전파진흥 제4권 2호 1994년

[2] S. Kato, et.al., "Implementation of Coded Modems", IEEE Communications Magazine, Decembr 1991.

[3] H. Furukawa, K. Matsuyama, T. Sato, T. Takenaka, and Y. Takeda, "A π/4 Shifted DQPL Demodulator for A Personal Mobile Communications System," Proceedings of IEEE PIMRC '92, Octobr 1992.

[4] J. L. Ramsey "Realization of Optimum Interleavers," IEEE Trans. Inf. Theory, Vol. IT 16, No. 3, May 1970.

[5] A. Kohlenberg and G. D. Forney, "Convolutional Coding for Channels with Memory," IEEE Trans. Inf. Theory, Vol. IT 2, 1968.

[6] F. Davarian, J.T. sumida, "A Multipurpose Digital Modulator," IEEE Communications Magazine, February 1988.

안 달 준

• 1960년 11월 16일생
• 1876년 8월 부산대학교 전자공학과 졸업
• 1981년 1월~1994. 8월:금성정보통신(주) 책임연구원
• 1994년 9월 현재 : 아남산업(주) 정보통신사업본부
기술이사.