

《特 輯》

# 디지털 셀룰러 기술

임 성 준,\* 임 명 섭\*\*

(\*ETRI이동통신연구실 실장, \*\*ETRI이동통신연구실 선임연구원)

■ 차 례 ■

1 서 론	5. 음성부호화
2 본 론	6. 디지털 변·복조 기술
1. 디지털 이동통신망 접속제어	7. 채널 부호화기
2. 가입자 정보처리	8. 적응등화기
3. 셀구성 계획	9. 세계 표준 현황
4. 다원접속	3 결 론

## 1] 서 론

현대사회가 고도 정보화 사회로 발전함에 따라 언제, 어디서나, 누구에게나, 어떠한 정보라도 전달하고자 하는 통신의 궁극적 목표를 구현시킬 수 있는 이동통신에 대한 필요성은 해를 거듭할 수록 더욱 높아져가고 있다.

이미 선진국에서는 이동통신용으로 주어진 서비스 가용 주파수 대역에서 아나로그 방식 셀룰러 시스템의 수용 용량이 포화상태에 이르고 있고, 국내에서도 올해말에 포화상태에 이를 것이 예상된다. 따라서 기존 아나로그 방식 셀룰러 시스템보다 가입자 수용 용량이 더 높은 디지털 방식의 셀룰러 시스템이 제안되어 이미 선진 각국에서는 개발을 완료한 상태이다. 또한 디지털 셀룰러 시스템은 공중 통신망이 점차 컴퓨터 통신, fax, 영상통신등 다양한 통신매체, 서비스의 다양화에 효율적 대처할 수 있도록 종합정보

통신망(ISDN)화 함에 따라 이에 연동하여 기존의 음성뿐 아니라 비음성계 서비스를 수용할 수 있는 장점이 있다.

본 고에서는 이와같은 디지털 셀룰러 시스템을 구현하기 위한 소요기술 및 세계의 표준 현황을 살펴보고자 한다.

## 2] 본 론

### 1. 디지털 이동통신망 접속제어

디지털 이동통신 시스템은 이동국(Mobile Station : MS), 기지국(Base Station : BS), 이동통신 교환기(Mobile Service Switching Centre : MSC), VLR(Visitor Location Register), HLR(Home Location Register), EIR(Equipment Identity Register), 가입자 인증센터(Authentication Centre : AC) 및 운용 보수 센터(Ope-

ration and Maintenance Centre : OMC)등으로 구성되어 있다.

디지털 이동통신 망의 가장 중요한 요구사항은 가입자의 이동성 및 정보의 기밀성 서비스 제공에 있다. 가입자 이동성을 보장하기 위해서 디지털 이동통신 망은 가입자 위치를 항상 추적할 수 있는 능력이 있어야 하며 핸드오버 처리 능력을 보유하여 통화중 호가 중단되지 않도록 하여야 한다.

이와 같은 디지털 이동통신 망의 요구사항들이 명확히 설정되고, 이에 대한 기능적인 특성들이 정의된 후에는 디지털 이동통신 망을 구성하는 요소(entity)들의 특성을 구체적으로 정의해야 한다. 그러므로 디지털 이동통신의 주요 망 기능들인 이동국 발/착신 호 처리, 위치 영역 갱신, 핸드오버 호 처리, 부가 서비스 처리 등의 접속제어 절차를 명확히 설정하고, 각 구성 요소들간의 신호 흐름도를 정의하여야 한다. 이에 의하여 그림 1.1의 디지털 이동통신망을 형성하

는 각 구성요소의 기능 및 구조, 각 구성 요소들 간의 인터페이스 및 신호방식, 그리고 타 망과의 연동 방안을 결정하여야 한다.

가. 이동 가입자 위치등록 제어

이동국의 발호 또는 착호의 접속을 위해서는 이동국의 현재 위치를 시스템에 알려주어야 한다. 이동국의 위치를 VLR 및 HLR에 저장하는 과정을 위치등록이라 하며, 시스템 지역내에서 이동국이 어디에 위치하고 있는가를 이동통신 시스템이 추적, 유지하는 것을 말한다. 위치레지스터(VLR, HLR)의 갱신없이 이동국이 로밍(roaming)할 수 있는 영역을 위치영역(Location Area)이라 한다. 이동국이 이전의 위치영역을 벗어나 새로운 위치영역에 진입하였을때 이동국은 위치등록을 시작하게 된다. 위치등록은 다음의 세가지 경우로 나누어 생각할 수 있다.

1) 디지털 이동통신 교환기와 VLR만이 관여된 위치영역 갱신

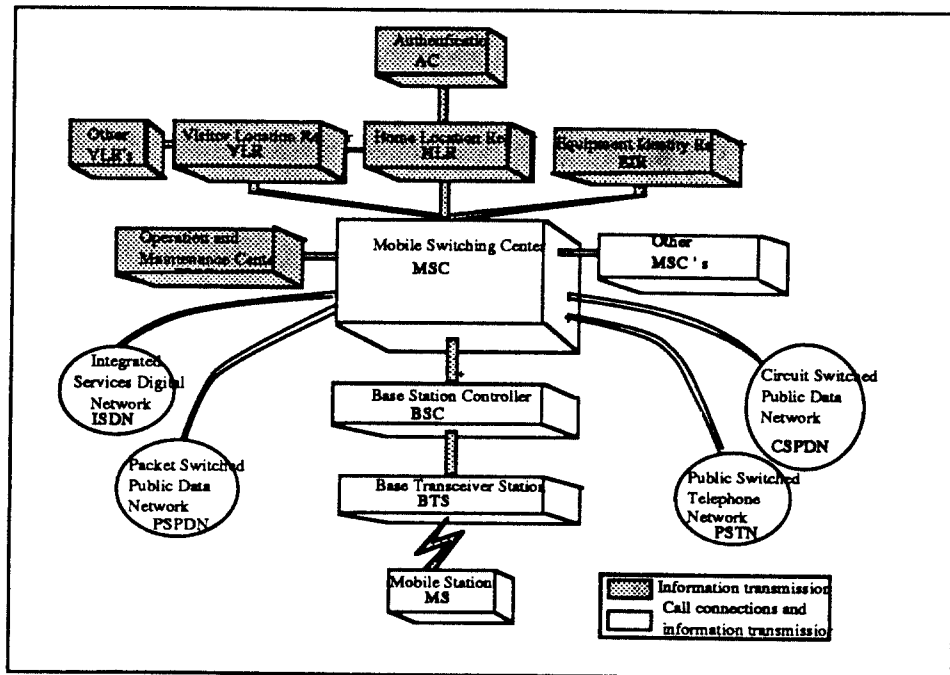


그림 1.1 디지털 이동통신망 구조

동일의 디지털 이동통신 교환기가 관장하는 위치영역들 사이에서 이동국이 위치영역 갱신이 일어나, 새로운 루우팅(routing)정보가 HLR에 제공될 필요가 없는 경우

2) 디지털 이동통신 교환기, VLR 및 HLR 이 관여된 위치영역 갱신

이동국이 새로운 VLR에 등록하거나, 다른 VLR영역 사이를 이동하여서, 새로운 루우팅 정보가 HLR에 제공되어야 하는 경우

3) VLR과 HLR만이 관여된 위치영역 갱신

VLR이 MSRN(Mobile Station Roaming Number) 을 재할당해야 할 경우 VLR와 HLR 사이에만 위치영역 갱신이 일어난다. 통화로 구성을 위한 호 접속시 외에도 위치등록시 많은 양의 신호 정보 전송이 요구되므로, 시스템에서의 위치등록 횟수를 줄여야 한다. 위치등록 횟수를 줄이기 위해서는 동일한 위치영역을 사용하는 영역의 크기를 크게하여야 한다. 그러나 동일한 위치영역을 사용하는 영역의 크기를 크게하면 불필요한 호출량이 늘어나 무선자원의 낭비가 생긴다. 따라서 동일한 위치영역을 사용하는 영역의 크기를 위의 두가지 경우를 고려하여 적절하게 정하여야한다. 또한 이동국이 위치영역 변경시에 새로운 위치를 검출하고 등록할 때까지의 사이는 기지국과 사이에 연결이 끊어진 상태이다. 따라서 이 사이에 발생한 이동국의 발호 및 착호는 호손실, 즉 접속할 수 없는 호가 되며 이 시간을 가능한 최소로 하여야 한다.

나. 이동 가입자 착신호 제어

고정 망에서와 이동통신 망에서 가입자에 대한 착신호 처리의 가장 큰 차이점은 이동통신 망 가입자는 이동성을 가지고 있으므로 시스템이 착신호 처리전에 가입자의 현재 위치를 먼저 파악하여야 한다는 것이다. 이동국의 현재 위치 정보는 MSRN(Mobile Station Roaming Number) 의 형태로 HLR에 저장되어 있다.

다. 핸드오버 호 제어

이동국이 통화중이 호 개시 셀로부터 이웃한

셀로 이동하였을 때, 그 호를 계속 유지시키기 위해서는, 이동국이 현재 위치하고 있는 셀을 관장하는 기지국으로부터 통화채널을 재 할당받아 호를 계속 진행시켜야 하는데 이와 같이 통화 채널을 전채하여 주는 과정을 핸드오버라 한다. 시스템에서 핸드오버 기능요청을 결정하는 파라미터에는 이동국과 기지국 사이의 수신 신호 강도, BER(Bit Error Rate) 및 이동국과 기지국 사이의 거리등이 있다.

이동국이 통화중에 새로운 셀 영역으로 이동하여 핸드오버 기능 수행을 요청하였으나 무선 채널을 새로이 할당받지 못하면, 사용하고 있던 무선채널을 계속 사용하므로 통화품질의 저하가 발생하거나 호 완료전에 호가 중단되므로 이동통신 서비스 질 저하의 가장 큰 요인이 된다.

디지털 이동통신 시스템의 용량 및 제공되는 서비스의 질은 셀 반경과 밀접한 관계가 있다. 셀 반경이 작아지면 주어질 서비스 영역내에서 주파수 재사용율이 커서 시스템의 용량이 증대되거나 핸드오버 빈도수도 증가되어 시스템에서 처리해야 할 정보의 양이 많아진다. 따라서, 디지털 이동통신 망 계획시 양질의 서비스를 유지하려면, 시스템의 정보처리 능력 및 통화량에 따라 셀 반경 및 셀당 무선 채널 할당수를 적절하게 정하여야 한다.

핸드오버에는 다음과 같은 종류가 있다.

-동일채널 간섭 및 인접채널 간섭등의 요인 또는 유지 보수등의 요인으로 현재 사용중인 무선채널을 사용할 수 없을때, 동일 기지국내의 무선채널들 사이의 핸드오버

-이동국이 하나의 기지국 영역에서 다른 기지국 영역으로 이동하였을 때 동일 이동통신 교환기가 관장하는 기지국 사이의 핸드오버

-서로 다른 이동통신 교환기가 관장하는 기지국 사이의 핸드오버는 서로 다른 이동통신 교환기가 관장하는 기지국 사이의 핸드오버를 나타낸다.

라) 부가 서비스(Supplementary Service)처리

부가 서비스란 기본적인 통신 서비스에 특성 일부를 변경하거나 추가하여 가입자에게 편의를

제공하는 서비스를 말한다. 부가 서비스의 종류에는 여러가지가 있으나, 그중 호 접속에 관련된 부가 서비스들을 몇가지 나열하면 다음과 같다.

- 착신 전송(Call Forwarding) : 호출된 가입자가 부재중이거나, 통화중일때, 혹은 사용할 무선 채널이 없을때와 같이 가입자에게 직접 호 접속을 할 수 없는 조건이 발생할 경우, 다른 곳으로의 호 접속을 할 수 있게 한다.

- 호 대기(Call Waiting) : 호출된 가입자가 통화중일 때 그 가입자에게 또다른 호접속 요청이 오고 있다는 사실을 알 수 있게 한다.

- 호 보류(Call Holding) : 가입자가 현재 통화하고 있는 호를 보류하고 다른 호의 접속을 시도할 수 있게 한다. 보류된 호는 계속 남아있어 후에 다시 통화를 재개할 수 있다.

- 호 전송(Call Transfer) : 가입자가 발신 혹은 착신한 호를 제3자에게 전송할 수 있도록 한다.

부가 서비스에 대한 모든 정보는 초기 등록시

HLR에 저장되며, 위치 등록시 VLR에게 전송된다. HLR과 VLR은 호 접속시 가입자에 대한 부가 서비스 정보를 검색하여 서비스가 활성화 되어 있다면, 이에 대한 처리를 할 수 있도록 이동통신 교환기에게 정보를 제공한다.

예를 들자면, 그림 1.2에서 이동통신 교환기가 해당 이동국에 호 접속을 하려고 하는데 이동국이 통화중임을 감지하였다면, 이동통신 교환기는 이 사실을 VLR에 알린다. VLR은 자신의 데이터 베이스를 검색하여 가입자가 "통화중 착신전송(Call Forwarding on Busy Subscriber)"이라는 부가 서비스가 활성화 되어 있다면, 이동통신 교환기에게 착신 전송할 곳의 주소를 보내어 그곳으로 호접속을 전환할 수 있게 한다.

부가 서비스 관련 처리는 이동국의 요청에 의하기도 하는데, 이동국은 HLR 및 VLR에게 다음과 같은 요청을 할 수 있다.

- 부가 서비스의 등록/삭제

- 등록된 부가 서비스의 활성화/비 활성화

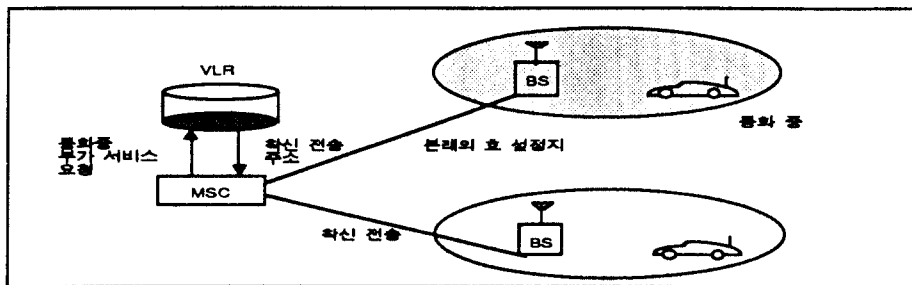


그림 1.3 부가 서비스 처리

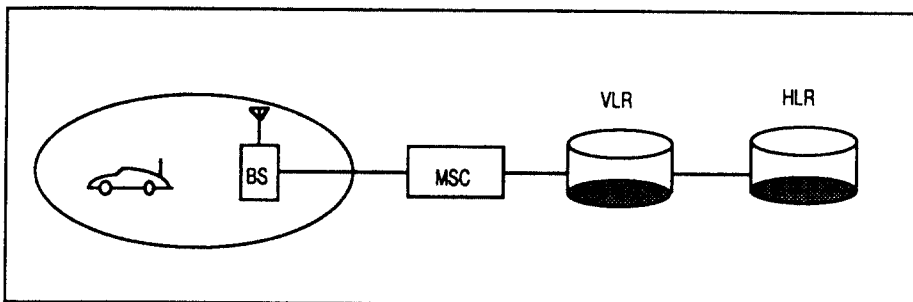


그림 1.4 부가 서비스 동작

- 부가 서비스 내용에 대한 질의
- 부가 서비스 개시

그림 1.3에서 보는 바와 같이 이동국의 부가 서비스 요청은 이동통신 교환기를 거쳐서 VLR에게 도달하게 된다. 따라서 VLR은 요청에 맞게 데이터 베이스 내용을 갱신하며, 만약 요청 내용이 HLR도 관여할 필요가 있다면, VLR은 그 내용을 HLR에게도 전해 주어 지리에 가답하게 한다.

2. 가입자 정보처리

가입자 정보처리란 이동통신 가입자로 하여금 언제 어디서나 통신을 가능케 해 주는데 필요한 제반 정보의 처리에 관한 연구를 말한다. 이러한 정보의 처리에는 가입자의 가입 조건에 대한 정보의 등록, 질의 및 갱신이 필요하고, 한편으로는 이동 통신망내의 각 기능요소(Entity), 즉 교환기와 데이터 베이스, 데이터 베이스와 베이스 베이스간의 정보교환을 필요로 한다. 그러므로 가입자 정보처리에는 크게 가입자 정보 관리를 위한 데이터 베이스를 구성하는 부분과 이동통신망내의 각 기능 요소와 데이터 베이스 사이의 정보 교환을 위한 프로토콜로 이루어진다.

그리고 각 기능요소 사이의 정보교환을 위하여 No.7 공통신 신호방식, 분담처리 기능(Transaction Capabilities Application Part), 이동통신 응용부 기능이 요구된다. 플랙이 설정되는 시점에는 타이머가 구동되어 일정 시간이 지난 이후에도 플랙이 재기되지 않으면, 그 정보는 아무도 쓰지 않는 정보라고 간주하여 삭제하게 된다.

가. 가입자 정보관리 데이터 베이스의 데이터 항목

가입자 데이터란 어떤 특정 이동국이 서비스 제공, 식별, 인증, 루우팅(Routing), 호처리, 과금, 운용 및 유지보수에 필요한 모든 데이터를 말한다. 이들은 행정 관리 목적상으로는만 변경이 가능한 영구적인 데이터와 시스템의 정상동작의 결과로 변경되는 임시 데이터로 구분되어 있다.

- 1) 가입자 데이터의 정의
  - 가) 식별 및 번호 계획에 관련된 데이터
    - ① 국제 이동국 식별 번호(International Mobile Station Identity : IMSI)
      - 최대 15자리(Digit)로 영구적인 가입자 데이터
      - ② 국제 이동국 번호(International Mobile Station Number : IMSN)
        - 각국의 공중망인 PSTN / ISDN의 요구사항에 따라 가변적인 길이를 가지는 영구적인 가입자 데이터
        - ③ 임시 이동국 식별 번호(Temporary Mobile Station Identity : TMSI)
          - VLR이 할당하며 VLR 영역내의 이동국을 식별하기 위하여 사용됨.
          - 임시 이동국 식별 번호는 이동 가입자의 위치 보안을 지원하는 목적을 가진 임시 데이터나 이동국 타입에 관련된 데이터
          - ④ 이동국 분류(Category)
            - 영구적인 데이터
            - ⑤ 동작모드
              - 카드식 또는 비 카드식(Not card operated)을 나타내는 영구적인 데이터
              - ⑥ 선호호(perference)
                - 특정 상황시 PLMN에 대한 선호적인 액세스를 나타내는 영구적인 데이터
              - ⑦ 인증에 관련된 데이터
              - ⑧ 로밍에 관련된 데이터
                - ⑨ 이동국 로밍번호(Mobile Station Roaming Number : MSRN)
                  - 각국의 PSTN / ISDN에 따른 가변적 길이를 갖는 임시 가입자 데이터
                  - ⑩ 위치 영역 식별 번호(Location Area Identification : LAI)
                    - 공중 육상 이동 통신망내의 위치 영역을 식별하기 위한 코드로 가변적인 길이를 갖는 임시 가입자 데이터
                    - ⑪ VLR 주소
                      - 각국의 PSTN / ISDN에 따른 가변적인

길이를 갖는 임시 가입자 데이터

- 마) 부가 서비스에 관련된 데이터
- 바) [이동국 상태(Status) 데이터
- MS 등록/비등록(registered / deregistered)

파라미터

-이동국이 등록되었는지 비등록되었는지를 나타내는 파라미터로 임시적인 데이터

2) HLR에 저장되는 가입자 데이터

- 국제 이동국 식별 번호(IMSИ)
- 국제 이동국 번호(IMSИ)
- 이동국 로밍번호(MSRN)
- 이동국 등급(Category) 및 동작모드
- 선호(Preference)
- VLR 주소
- 위치 영역 식별 번호(LAI)
- 부가 서비스 타입
- 이동국 상태 데이터
- 기타

3) VLR에 저장되는 데이터

- 국제 이동국 식별번호(IMSИ)
- 국제 로밍번호(MSRN)
- 임시 이동국 식별번호(TMSИ)
- 이동국 등급 및 동작 모드
- 선호(performance)
- 인증 파라미터
- 위치영역 식별번호(LAI)
- 기타

4) 가입자 정보의 액세스

가) HLR의 액세스

특정 이동국에 대한 가입자 데이터는 다음을 참조로 하여 기억시키고, 추출시킬 수 있어야 한다.

- 국제 이동국 식별번호(IMSИ)
- 국제 이동국 번호(IMSИ)

나) VLR의 액세스

특정 이동국에 대한 가입자 데이터는 다음을

참조로 하여 기억시키고, 추출시킬 수 있어야 한다.

- 국제 이동국 식별번호(IMSИ)
- 이동국 로밍번호(MSRN)
- 임시 이동국 식별번호(TMSИ)

### 3. 셀 구성 계획(Call Planning)

이동통신에서의 수신 신호는 기지국과 이동국 간의 거리의 변화, 이동국 주변의 지형 및 지물에 의한 차폐현상, 다중파 간섭에 의한 페이딩 현상에 의해 큰 폭으로 변동하므로 실측에 의한 전송손실 측정과 이론적 해석에 의해서 주어진 품질 규정을 만족하도록 셀을 설계하여야 한다. 이동통신 시스템의 셀 구성 계획의 기본요소로써 전송손실 해석, 간섭현상 분석, 통화량 예측, 통화품질 규정등이 있다. 셀룰라 이동통신 방식의 기본 개념은 서비스 지역을 여러개의 셀로 분할하여 동일 주파수를 재사용하며, 통화량의 증가에 따라 셀을 다시 세분하여 주파수 대역을 증가시키지 않고 통화량을 증가시킬 수 있는 것이다. 그러나 주파수 재사용율이 증가함에 따라 동일 주파수 간섭 현상이 나타나기 때문에 전파 전송손실 해석이 매우 중요하다.

#### 1) 셀 구성 시스템

이동통신의 전파전파 해석 및 서비스 지역 예측을 컴퓨터 시뮬레이션 함으로써 이동통신 서비스 지역내 다수의 기지국을 배열하거나 또는 새로운 기지국의 추가 설치시 동일채널 간섭효과 배제등 수많은 경우를 고려한 반복적인 계산작업이 가능하다. 늘어나는 이동통신의 수요에 대비하고 전파이용의 최적화를 위하여 필연적인 수신 전계강도 계산, 전파 간섭 계산등을 수행하기 위하여 독자적인 셀 구성계획 시스템의 개발 및 운용이 필요하다. 셀 구성 계획의 전체적인 구성은 3가지로 구분되어 있으며 ETRI 이동통신 연구실에서 계획하고 있는 구성은 그림 3.1과 같다.

셀 구성 계획 시스템의 기능은 기술계산, 데이터 관리 및 그래픽 출력으로 나누어진다. 기술계산은 송수신점에 대한 거리 계산을 위한 측지기

표 3.1 이동통신의 전파전송 특성

| 전파해석 모델          | 전파경로      | 해석방법    | 비 고             |
|------------------|-----------|---------|-----------------|
| 자유공간 모델          | 직접파       | 이론적 해석적 | 이상적 모델          |
| 평지 모델            | 직접파       |         | 난송모델            |
| 구면 모델            | +단일반사파    | 실험적     | 지구의 곡면 효과       |
| Knife edge 모델    | 회절파       |         | 산, 삼의 영향        |
| Nakagami Rice 모델 | 직접파+다중반사파 | 통계적     | 해수면 반사 / 개방지    |
| Rayleigh 모델      | 다중 반사파    |         | 직기직 / 교외지, 지형지물 |

술, 전계강도 예측, 동일채널 전파간섭 계산 및 주파수 할당등이 있다. 데이터 관리기능은 지형높이 및 지형특성 데이터를 관리, 검색하는 기능, 기지국 주파수 관리, 안테나 재원 및 안테나 패턴을 관리하는 기능이 있다. 그래픽 출력 기능은 지형 단면도 및 입체도 작도, 서비스지역 예측도 및 셀 패턴도 작도, 동일 채널 간섭도등을 작도할 수 있다.

2) 이동통신에서의 전파환경 특성

이동통신에서의 전파환경 특성을 표 3.1에

도시하였고 기지국과 이동국의 안테나 복사패턴, 실효 높이, 지형지물은 이동통신 시스템 설계요소로써 중요한 사항이다. 이러한 조건중에서 특히 자연현상인 전파 전송을 해석하는 것을 송신 출력, 통화 유효거리, 간섭조건, 통화품질등에 이용되는 기본 변수로써 이동통신기술의 기본을 이룬다. 실제의 대지 지면은 지형지물의 기복이 심하고, 도심지 건물 및 이동체의 주행에 따라 급속히 변동하는 페이딩, 현상 때문에 이론적인 해석에 기초한 여러 방식들에 부가하여

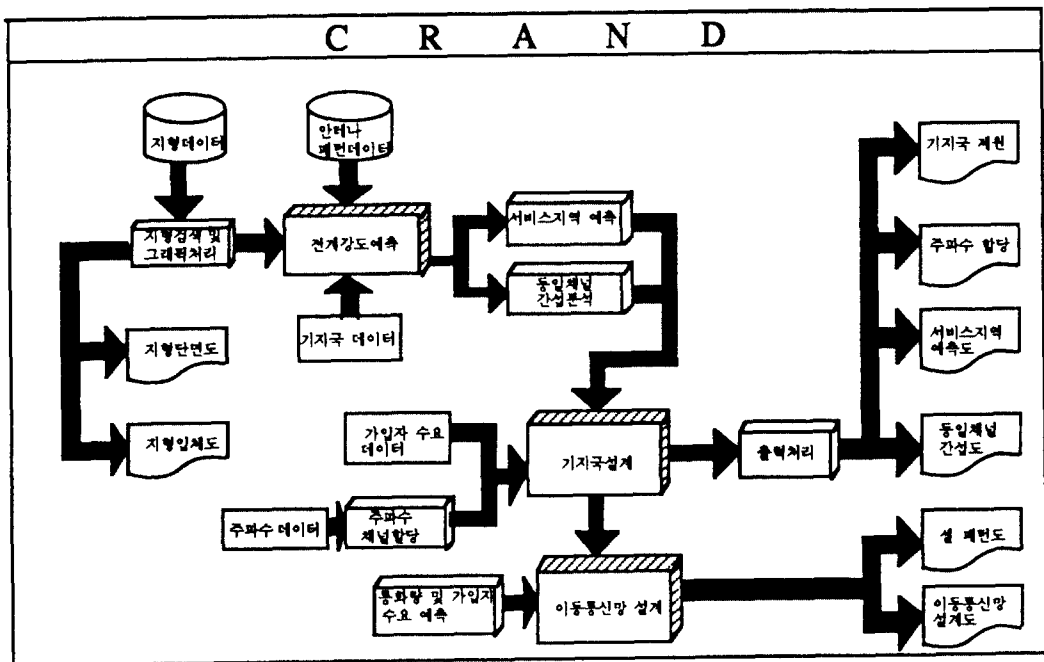


그림 3.1 셀 구성 시스템

많은 실측에 의한 데이터의 통계적인 보정이 필요하다.

지구의 대지면이 평탄하지 않고 지형, 지물에 의해서 기복이 심하고 장애물에 의해서 전송 손실의 특성이 변동되므로 이론적인 해석에 부가하여 실측치에 의한 보정을 하여야 한다.

일반적으로 사용되는 주요 예측 모델은 이론적인 평지 전송손실에 준 시가지의 지형 요소를 고려한 실험적인 모델인 Egli 모델, FCC에서 이동통신 서비스 반경을 결정하기 위한 Carey 모델, 1955년 일본 NTT에서 수많은 전송 실험 결과를 정량화하여 세계적으로 이동통신 시스템의 설계 기준으로 많이 사용되고 있는 Okumura 모델, 1965년 Rice에 의해 발표되어 프로그램으로 실현한 Longley-Rice 모델, TIREM(Terrain Integrated Rough Earth Model)등이 있다.

4. 다원접속

다수의 가입자가 한정된 무선 회선을 공유하여 접속되는 demand assigned multiple access 방식은 크게 주파수 분할 FDMA(Frequency division multiple access) 시분할 다원접속, TDMA(Time division multiple access) 그리고 코드분할 다원접속 CDMA(Code division multiple access)로 나누어질 수 있다.

기지국과 이동 단말기 사이의 무선접속은 호 손율은 2%로 한 무선 서비스구역(cell)에서 평균 가입자당 호 점유시간 및 채널수가 정해지면 Erlang B 표에서 서비스 가능 가입자수를 산출할 수 있다.

가. FDMA 방식

FDMA 방식은 현재 서비스 되고 있는 애널리로그 이동통신에서 사용하는 방식으로서 이동기에 각 채널을 할당하는 업무는 기지국의 채널 제어기에 의하며, 여러개의 주파수 분할 채널을 확보하고 접속을 요구하는 대로 먼저 접속을 처리해주는 구조를 갖고 있다. 그리고 주파수 분할 다원접속은 한개 이상의 제어채널을 통해 이동국의 초기호, 호의 처리요구, 다이얼링(Dialling)과 같은 제어정보를 전송한다.

나. TDMA 방식

TDMA 방식은 송수신내에 할당된 일정한 타임슬롯을 이용하여 상대국으로 송출하고 각국은 공간상에서 송신신호가 중첩되어 상호간섭을 일으키지 않도록 각 송신시간을 조정하여 통신하는 방법으로 현재 유럽의 GSM, 미국의 TIA에서 표준안으로 채택하여 개발중에 있다.

특히 미국방식은 현행의 애널리로그 이동통신 시스템인 AMPS 시스템과 공존할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 Hughes 사에서는 digital half rate 음성코딩과 DSI(digital speech interpolation) 방법을 써서 아나로그 방식에 비해 1/5배의 용량을 갖는 extended TDMA 방식을 개발하였다. 이러한 시분할 다원접속에서는 기지국에서 이동국으로 디지털 정보를 보낼때 어려움이 따른다. 왜냐하면 셀내에 불규칙하게 분포되어 있는 이동국에서 기지국으로의 전파지연이 서로 다르기 때문에 인접 타임슬롯과 충돌하지 않게 하기 위해서는 완충시간(Guard Time)을 두어야 한다. 이것은 기지국에서는 거리에 다른 전파지연 시간을 측정하여 계산하는 방법과  $T_g/R/C$  ( $T_g$ : 완충시간,  $R$ : 셀반경,  $C$ : 전파속도) 식과 같이 셀의 최대 전파지연 시간으로 계산된 완충시간으로 미리 타임슬롯내에서 배정하는 방법 등과 같은 동기 기술이 매우 중요하다.

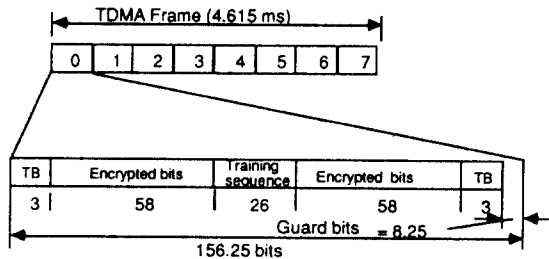
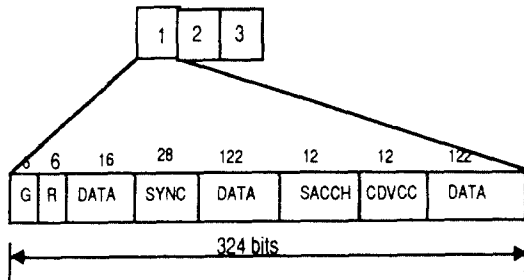


그림 4.1 GSM시분할 다원접속 프레임 구조

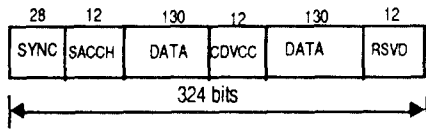
다. CDMA 방식

앞의 두 방식에 비해 코드분할 다원 접속 방식은 각 가입자당 orthogonality가 높은 특정 코드





이동기에서 기지국으로 전송되는 time slot의 format



기지국에서 이동기로 전송되는 time slot의 format

그림 4.2 TIA의 직분할 다원접속 프레임 구조

를 부여함으로써 같은 시간에 같은 주파수를 같은 반송파를 사용하여 동시 전송에 가능함으로써 스펙트럼 사용효율이 가장 뛰어난 방법이다. 이 방식은 대역확산 통신방식(Spread spectrum communication)에서 쓰이는 Direct sequence 방법을 이용하는 방식이다. 미국 Qualcomm사에서 CDMA 방식을 이용해 제시한 방식은 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

(1) 용량산출

(1-1) 낮은 비트에너지대 잡음비

코드분할 다원접속은 Direct Sequence 방식을 사용하는 대역확산 통신이다. 대역확산 통신에서 간섭신호대 원하는 신호의 전력비는 다음과 같이 정의된다.

$$\frac{J}{S} = \frac{W \cdot N_o}{R \cdot E_b}$$

- J : 간섭신호의 전력
- S : 원하는 신호의 전력
- W : 신호 전송 대역폭
- No : 잡음 전력 밀도
- R : 신호 전송속도
- Eb : 비트 에너지

N명의 가입자가 동일한 반송 주파수를 공유하며 통신하는 코드분할 다원접속에서는 N-1개의 가입자가 간섭잡음으로 작용하므로 간섭신호대 원하는 신호의 전력비는 다음과 같다.

$$\frac{J}{S} = \frac{\sum_{k=1}^{N-1} N_k}{S} = \frac{W \cdot N_o}{R \cdot E_b}$$

이때 N명의 가입자가 동일한 신호전력을 갖도록 power 세어가 이루어진다면, 즉 N1=N2=...=NN=S 이므로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\frac{J}{S} = \frac{(N-1)S}{S} = N-1 = \frac{W \cdot N_o}{R \cdot E_b}$$

즉, 수용가능한 가입자수 N은  $\frac{W \cdot W_o}{R \cdot E_b}$  로 주어진다.

(1-2) 음성신호의 묵음순간 활용

음성 부호화율은 낮은 전송속도로 가변하여 전송함으로써 다른 가입자를 전송시킬 수 있고 또한 음성신호의 묵음 순간에는 다른 가입자에게 간섭영향을 덜 주게 되어 Eb/No 값이 작아도 되므로 음성의 묵음 부분이 차지하는 비율 d (묵음이 되는 통계적 비율) 증가된 용량이 다음과 같이 얻어진다.

$$N_2 = \frac{W \cdot N_o}{R \cdot E_b} \cdot \frac{1}{d}$$

(1-3) 선택화에 의해 용량어둑

120도의 지향성 기지국 안테나를 사용하면 진 방향에서 수신되는 간섭신호 양의 1/3만 수신하므로 Eb/No 값이 1/3만큼 줄어들기 때문에 시스템 용량은 3배로 늘어난다.

선택 이득을 G라하면 전체용량은 다음과 같다.

$$N = \frac{W}{R} \cdot \frac{N_0}{E_b} \cdot G$$

$$N_s = \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b} \cdot F$$

(1-4) 주파수 재사용 효율

여러개의 cell에서 동일한 반송 주파수를 쓸 경우 cell site의 한 가입자가 수신하는 전체 간섭신호는 아래 그림에서와 같이 동일 cell에서의 간섭 정도를 100%로 했을 때 거리에 따라 수신 신호 레벨이 감소하므로 인접 cell의 간섭은 아래 그림과 같이 주어진다.

이때의 간섭 신호대 원하는 신호비는 다음과 같이 주어진다.

$$\frac{J}{S} = N - 1 + 6Nk_1 + 12Nk_2 + 18Nk_3 + \dots = \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b}$$

$$= N[1 + 6k_1 + 12k_2 + 18k_3 + \dots]$$

따라서 주파수를 재사용 효율인자 F를 다음과 같이 정의한다면,

$$F = \frac{1}{1 + 6k_1 + 12k_2 + 18k_3 + \dots}$$

이때 용량 N<sub>s</sub>는 다음과 같다.

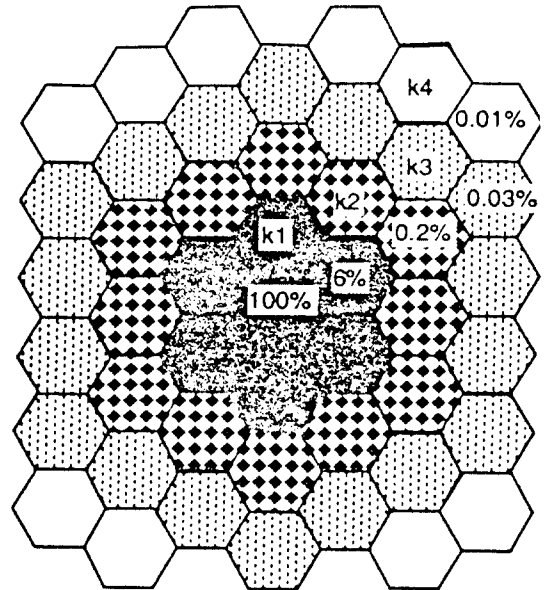


그림 4.3 CDMA cell의 인접 cell 간섭

따라서 (1-1, 2, 3, 4)에서의 모든 효과를 고려한 전체 용량은 다음과 같이 정의된다.

표 4.1 다원접속 방식별 시스템의 상대적 용량 비교

| 시스템 \ 파라미터          | AMPS   | GSM                  | TIA                  | Qualcomm |
|---------------------|--------|----------------------|----------------------|----------|
| 다원접속방식              | 애널로그FM | TDMA<br>(8Time Slot) | TDMA<br>(3Time Slot) | CDMA     |
| 채널할당                | 30KHz  | 200KHz               | 30KHz                | 1.25MHz  |
| 셀당섹터수               | 3      | 3                    | 3                    | 3        |
| 주파수재사용효율            | 1/7    | 1/3                  | 1/4                  | 0.6      |
| 음성튜닝요인              |        | 0.5                  | 0.5                  | 0.5      |
| User / cell         | 6      | 17                   | 31                   | 118      |
| 상대적용량<br>(애널로그FM기준) | 1      | 2.8                  | 5.1                  | 20       |
| 상대적용량<br>(TDMA기준)   |        |                      | 1                    | 3.67     |

$$N_{total} = \frac{W}{R} \cdot \frac{1}{\frac{E_b}{N_0}} \cdot \frac{1}{d} \cdot F.G$$

그리고 각 시스템은 대역폭은 1.25MHz로 가정하고, 코드분할 다원 접속의 경우 정보 전송율을 9.6kbps,  $E_b/N_0$ 를 6dB로 했을때 다원접속 방식별 시스템의 상대적 용량비교는 아래표와 같다.

(2) Power Control

CDMA digital cellular system이 기존 FDMA나 TDMA 방식보다 가입자 수용 용량이 월등히 높은 이론적 근거는 해당신호(desired signal)와 동일 반송파로 전송되어지는 간섭신호들이 동일한 level로 수신되어야 한다는 실제조건이 따르므로, cell site와 mobile 사이에 송·수신 level이 기준 level로 유지되도록 다음과 같은 power control이 요구된다.

(2-1) Reverse-link open-loop power control  
mobile 측에서 cell로 site부터의 수신 power를 측정하여 무선 전송로상의 특성변화에 따른 갑작스러운 수신 감도 레벨의 변동을 일정한 레벨로 유지

(2-2) Reverse-link closed-loop power control  
cell site에서 mobile 측의 송신 power 측정하여 기준 레벨과 비교후 증·감 메시지 전송

(2-3) Forward-link power control

열악한 상황에서 cell site의 신호를 수신하는 mobile측으로 부터의 송신신호 증·감을 요구하는 제어정보에 따라 cell site의 ERP(Effective Radiated Power)제어

(3) Diversity Control

CDMA에서는 다음의 6가지 diversity 기법을 적용할 수 있다.

- Time Diversity-Symbol Interleaving
- Frequency Diversity-Wide Band Signal
- Antenna Diversity-In Cell-Site
- Path Diversity-Multipath Rake
- Cell Diversity-Soft Handoff

· CDMA only applicable

(4) Soft Hand-off

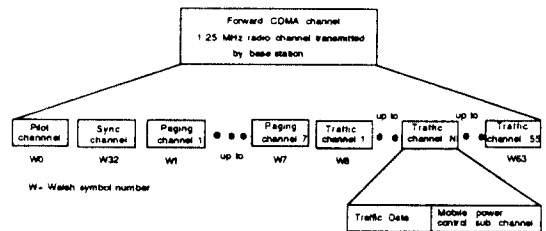
인접 cell에서도 같은 주파수를 쓰므로 주파수를 절제할 필요가 없다. mobile이 두개의 셀 site 접이영역에 있는 경우 call은 두 cell site에서 신호세기 상태에 반 양쪽에서 교대로 서비스를 받고 완전히 새로운 cell site에 호 성립이 되면 Hand-off가 완결하다.

(5) Call Set up

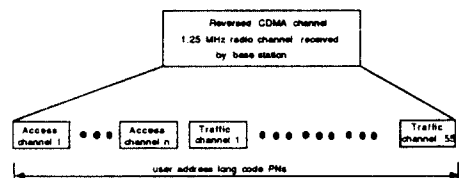
각각의 cell site는 "pilot carrier" 신호를 전송한다.

mobile은 이 pilot carrier를 수신하여 초기 시스템 동기화 및 cell site로 부터 전송되는 반송파의 주파수와 위상 추적 정보를 얻는다.

그리고 나서 각기 고유한 spread spectrum code를 갖는 cell의 set up 채널을 수신하여 cell의 ID, 시스템 timing 정보, mobile 착신정보 및 다른 제어 정보를 얻는다. call set-up을 위한 제어 채널의 구성은 다음과 같다.



(a) 기지국에서 전송되는 logical forward CDMA channel



(b) 기지국에서 수신되는 logical reverse CDMA channel

그림 4.4 CDMA 채널 구성

### 5. 음성 부호화

음성부호화 즉 아날로그 음성신호를 디지털 신호로 변환시키는 방법은 크게 waveform coding 와 source coding 및 앞서 2가지의 혼합형인 hybrid coding이 있다. 이동통신에서는 한정된 주파수 대역때문에 16Kbps 이하의 저 전송속도의 음성 부호화가 요구되므로 waveform coding은 채택되지 않는다. 또한 파워부호화 방식은 음성 특징 계수들만을 전송하므로 낮은 전송속도로 음성을 부호화 할 수 있다. 음질이 이동통신에서 요구되는 주관적 test 기준인 MOS (Mean Opinion Score) 값이 떨어지므로 디지털 이동통신용 음성 부호화기로는 적합하지 못하다.

현재 북미에서는 8Kbps 이하의 CELP, VSELP 등이 제안되고 있고, 유럽에서는 13 Kbps의 RPE-LTP등이 개발되어 있다.

복합 부호화 방식은 과형 부호화방식과 파워 부호화방식의 장점을 동시에 사용하는 방법으로, 일반적으로 두 부호화 방식 사이의 전송속도 (4.8Kbps~16Kbps)로 음성을 부호화하며, 선형 예측필터를 이용하여 인접한 음성 표본값들 사이의 상관관계를 제거하여 백색잡음과 유사한 특징을 갖는 잔여신호(Residual Signal)를 구하여, 선형예측 필터계수와 잔여신호를 부호화하여 전송함으로써 파워 부호화방식에서 음질저하의 원인들인 유/무성음 판별과 pitch 검출이 필요 없게 된다. 잔여신호는 입력음성보다 신호레벨의 변동범위가 작아, 적은 전송 비트로 부호화가 가능하므로 복합 부호화방식은 과형 부호화 방식보다 낮은 전송속도로 부호화가 가능하다.

#### 가. CELP 음성 부호화기

잔여 신호를 분석/합성부호화 기법에 의한 잔여신호대치 알고리즘을 사용하여 부호화하는 형태에 따라 MPE-LPC(Multiple Pulse Excited LPC)RPE-LPC(Regular Pulse Excited LPC), LPC CELP(Code Excited)등이 있다. CELP 음성 부호화기는 Stochastic Coder라고도 불리는데, CELP 음성 부호화기도 RPE-LPC 방식

과 마찬가지로 MPE-LPC 방식과 비교할 때 잔여신호를 표현하는 방법만이 다르다. CELP 음성 부호화기는 M개(일반적으로 1,024개)의 서로 다른 백색잡음열로 구성된 코드북(Codebook)이 있는데, 코드북의 백색잡음열 각각을 이용하여 합성된 음과 입력음성과의 인지도차가 최소가 되는 최적의 백색잡음열을 구하여 그에 해당하는 대표값(Codeword)으로서 잔여신호를 대치하여 부호화한다는 점이 특징이다.

또한, 일반적으로 CELP 음성 부호화기는 4~8Kbps의 낮은 전송속도에서 사용되어지므로, 시변 디지털 필터계수들을 1Kbps 미만의 전송속도로 부호화해야만 하는 어려움이 있는데, 시변 디지털 필터계수들을 양자화하여 생기는 오차가 커질수록 재생되는 음의 음질이 크게 저하된다. 그러므로, 낮은 전송속도로 디지털 필터계수를 부호화할 때는 일반적으로 사용되는 스칼라 양자화기 대신 벡터 양자화기를 사용하여 양자화오차를 최소화시켜야만 만족할 만한 음을 재생시킬 수 있다. 위와 같이 CELP 음성 부호화기는 비교적 낮은 전송속도에서 만족할 만한 유질의 음을 얻을 수 있다는 장점이 있으나 코드북 탐색에 많은 계산량이 요구되므로 실시간 처리가 가능하려면 효율적인 코드북 탐색 알고리즘이 필요하다. 즉, 낮은 전송속도로 음성을 부호화하여 주파수 효율을 증대시키고, 고음질의 음을 재생하는 CELP 음성 부호화기를

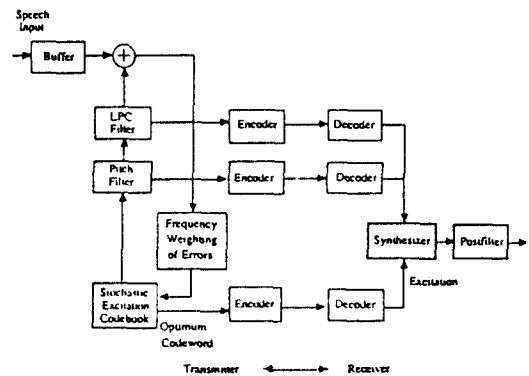
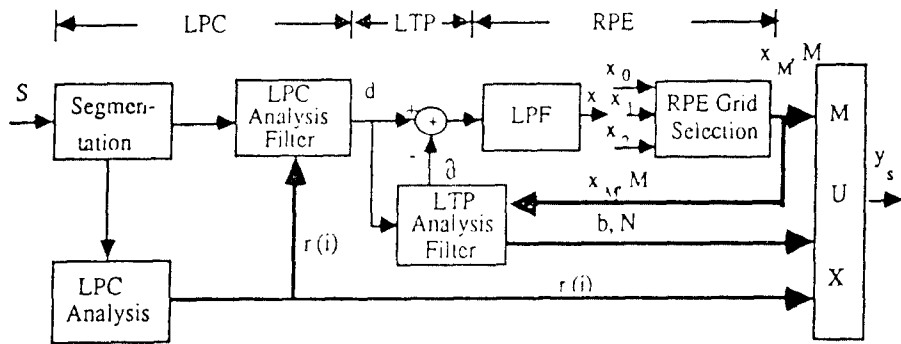
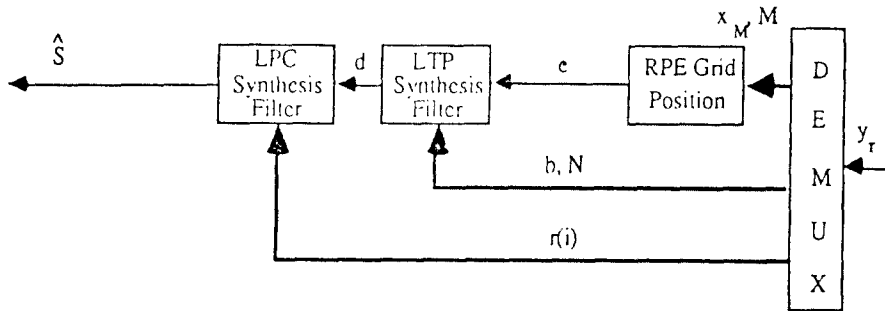


그림 5.1 CELP 음성 부호화기



(a) Encoder



(b) Decoder

그림 5.2 RPE-LTP 음성 부호화기 블록도

구현하려면 효율적인 코드로부터 탐색 알고리즘과 시변 디지털 필터계수들의 효과적인 양자화 방법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

나. RPE-LTP 음성 부호화기

유럽에서는 13Kbps RPE-LTP(Regular Pulse Excited-Long Term Prediction) 방식을 디지털 이동통신 시스템의 음성 부호화기로 선택하였다. RPE-LTP 음성 부호화기의 블록도는 그림 5.2와 같다.

RPE-LTP 음성 부호화기의 Encoder 부분에서도 다음과 같은 정보를 추출하여 양자화 한다.

- 음성신호의 스펙트럼 정보
- LTP 정보
- 구동 신호 정보

6. 디지털 변·복조 기술

기존의 아날로그 셀룰러에서는 무선 전송로상의 가산성 잡음에 영향을 덜받아 수신된 음질이 양호한 아날로그 FM(Frequency Modulation) 방식을 사용하여 아날로그 음성신호를 주파수 편이  $\pm 12\text{KHz}$ 로 주파수 변조하여 한 회선의 대역폭을  $30\text{KHz}$ 로 사용한다. 또한 제어신호의 경우는  $10\text{Kbps}$ 의 NRZ(non-return-to-zero) 디지털 신호를 manchester 부호로 변환하고  $\pm 8\text{KHz}$ 의 주파수 편이를 하여 FSK(Frequency-shift-keying) 변조를 한다. 앞에서 언급했듯이 디지털 셀룰러는 비음성계 서비스 수용이 가능하도록 음성을 디지털화 해야 한다. 따라서 무선 음질이 toll quality를 유지하면서 전송속도를 최대한 낮은 음성 부호화가 이루어져야 한다. 이와 같이 디지털화된 음성신호를 그대로

종전의 FM 방식으로 변조하면 출력 스펙트럼은 1회선당 30KHz 대역폭을 초과하여 인접회선 누설전력이 -70dB 이상이 되고 따라서 인접회선에 간섭을 유발시키므로 스펙트럼 효율이 높은 디지털 변·복조 기술이 적용돼야한다. 또한 휴대용 단말기에 적용시 전력효율이 우수한 비선형 C급 증폭기와 연동하여 쓸 수 있는 변복조 방식이어야 한다.

현재 디지털 방식의 셀룰러 육상 이동통신에서 제시되고 있는 변·복조 방식은 정진폭 특성을 갖는 FM계열의 GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)와 정진폭 특성을 갖지않는 선형변조 방식의 PM(Phase Modulator) 계열의 여러가지 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식이 있다.

가. GMSK

아나로그 FM변조 신호는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y_{fm}(t) = A \cos(\omega_c t + \beta \sin \omega_m t)$$

윗 식에서 변조신호가 이진 NRZ(Non Return Zero)의 디지털 신호이고, FM 변조도  $\beta$ 가 0.5이면 연속된 위상변화를 갖는 FSM(Frequency Shift Keying) 신호가 되며, 이런 변조방식이 MSK(Minimum Shift Keying) 변조방식이다.

MSK 방식의 특징은 변조파의 진폭이 일정하고 위상 변화가 연속적이다. 그러나 전송 데이터의 한 주기에서 다음 주기로 천이할 때 주파수의 변화가 연속적이지 못하므로 변조파의 부엽(side lobe) 스펙트럼이 넓어진다. 따라서 기저대역의 NRZ 신호를 가우시안(gaussian) 저역통과 여파기로 필터링 함으로써 한 주기에서 다음 주기로의 bit 천이 순간에 주파수의 불연속성을 제거하여 부엽의 스펙트럼을 줄일 수 있는 변조방식이 GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying) 변조방식이다.

GMSK 변조기의 구성은 그림 6.1과 같이 NRZ 신호를 가우시안 저역통과 여파기로서

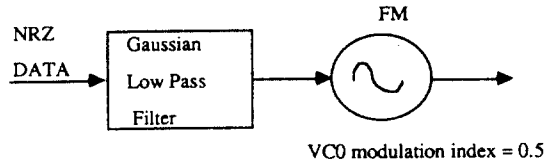


그림 6.1 가우시안 저역통과 여파기를 이용한 FM 변조

필터링한 후 변조도가 0.5인 아나로그 FM 변조기로 변조함으로써 쉽게 구성할 수 있다. GMSK 변조기의 가우시안 저역통과 여파기의 주파수 전달함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$H(f) = A \exp\left\{-a \left(\frac{f}{B_0}\right)^2\right\} = \left|\frac{V_p}{V}\right|$$

여기서,  $B_0$  : 3dB 대역폭

$V_p$  : 여파기의 최대출력

$V$  : 주파수  $f$ 에서의 출력

이때  $f=B$ 에서 3dB 감쇄가 이루어지려면  $V_p = \sqrt{2} V$ 가 되어야 하므로  $a$ 는  $\ln \sqrt{2}$  임을 알 수 있다.

윗식을 역 푸리에 변환을 취하면 시간 영역에서의 응답특성을 얻을 수 있는데 그 모양이 같다. GMSK 변조기의 가우시안 저역통과 여파기의 임펄스 응답은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$h_b(t) = A \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B_b \exp\left\{\frac{-2\pi^2 B_b^2 t^2}{\ln 2}\right\}$$

$A$  : 상수

$B_b$  : GLPE의 3dB 대역폭

가우시안 저역통과 여파기에 입력되는 NRZ 신호는 구형파 펄스의 연속임으로 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$c(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n \Pi\left(\frac{t-nT}{T}\right)$$

$$a_n = \begin{cases} 1 : \text{mark} \\ -1 : \text{space} \end{cases} \quad \Pi(t/T) = \begin{cases} 1 : |t| < T/2 \\ 0 : |t| > T/2 \end{cases}$$

이때 NRZ 신호의 가우시안 저역통과 여파기의 응답은 필터의 임펄스 응답과 필터 입력 신호와의 컨버류션(Convolution) 이므로

$$\begin{aligned}
 g(t) &= \Pi(t/T) * h_b(t) \\
 &= A \cdot \frac{\sqrt{2\pi}}{\ln 2} B_b \int_{t-T}^{t+T} \exp\left(-\frac{2\pi^2 B_b^2 X^2}{\ln 2}\right) dx \\
 &= \frac{A}{2} \left[ \operatorname{erf}\left(-\sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \pi B_b \left(t - \frac{T}{2}\right)\right) \right. \\
 &\quad \left. + \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \pi B_b \left(t + \frac{T}{2}\right)\right) \right]
 \end{aligned}$$

여기에서,  $g(t) = g(-t)$

$$\begin{aligned}
 \operatorname{erf}(y) &= \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^y \exp(-u^2) du \\
 \operatorname{erf}(y) &= \operatorname{erf}(-y)
 \end{aligned}$$

따라서 연속적인 NRZ 신호의 가우시안 저역통과 여파기의 응답은 아래와 같이 쓸수 있다.

$$b(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_n g(t - nT)$$

연속적인 NRZ 신호에 대한 GMSK 변조파 신호는

$$y_{gmsk} = \sqrt{\frac{2E_b}{T}} \cos\left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{2T} \int_{-\infty}^t b(t) dt\right)$$

다음으로 GMSK 변조파의 GLPE 대역폭에 따른 전력 스펙트럼의 형태에 대해서 살펴보면 가우시안 저역통과 여파기의 3dB 대역폭인 B와 전송속도의 역수인 주기 T를 곱한 BbT에 따른 전력 스펙트럼은 그림 6.2와 같다.

그림 6.2에서 알 수 있듯이 GLPF의 대역폭이 좁아짐에 따라 변조파 신호의 부엽 스펙트럼이 작아지는 것을 알 수 있다.

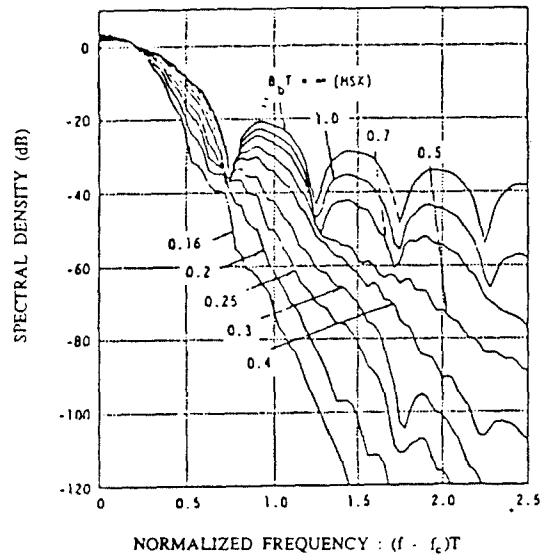
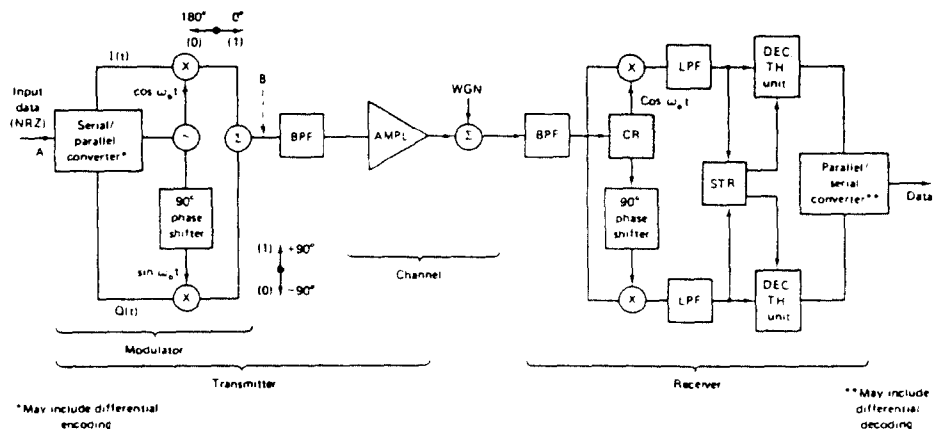
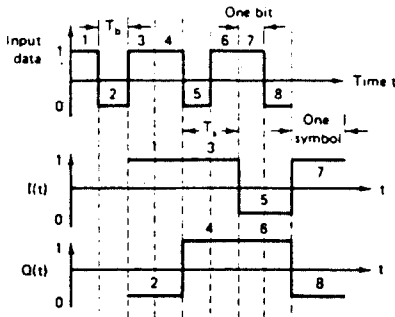


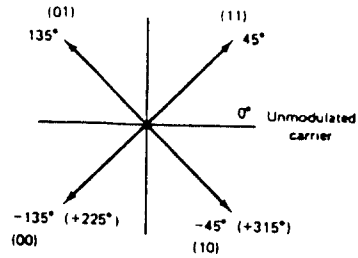
그림 6.2 GMSK 전력 스펙트럼



(a) QPSK 구성도



(b) 입력 데이터 조합



(c) 입력 데이터 조합에 따른 위상

그림 6.3 QPSK 방식

나. QPSK 방식

무선전송을 위한 디지털 변.복조기는 스펙트럼 효율과 전력효율이 높아야 한다고 언급했듯이 GMSK 방식보다는 상대적으로 QPSK 방식이 회선망 접속 대역폭이 적으므로 주어진 서비스 가용 주파수 대역에서 더 많은 가입자를 수용할 수 있다. 종래의 QPSK 방식은 그림 6.3과 같이 구성된다.

출력 스펙트럼은 GMSK 방식보다 협대역 특성을 갖지만 비선형 증폭기를 통과했을 때 부엽의 특성이 재생되므로 전력효율이 낮은 선형 증폭기를 사용해야 하는 단점이 있다.

종래의 QPSK 방식에 비해 OQPSK(offset QPSK)는 I와 Q값이 위상천이시 항상 90도가 되므로 입력신호의 심볼주기 T의 1/2T 만큼 I축과 Q축에 차이를 둔다. 이 방식은 비교적 비선형 증폭기를 사용시 재생된 부엽의 크기가 작다.

이동무선 통신 환경하에 coherent 수신 방식은 fast fading에서 random FM 효과로 인한 BER 특성의 저하로 고속 이동통신 단말기에서는 채택 되지 않고 대신에 differential detection이나 discriminator detection 방식같은 non coherent 방식이 제안되고 있다. 그런데 OQPSK 방식은 상대적인 위상차가 위 두가지 non coherent 방식에서는 검출되지 않으므로 Pi/4 QPSK 방식에 제시되었다. 이 방식은 기존 아날로그 셀룰러

방식 수신부에서 사용되는 discriminator를 활용할 수 있다는 장점이 있다.

이 방식은 북미 디지털 셀룰러 TIA(Telecommunication Industry Association) IS.54에 명시된 방식으로 구성은 그림 6.4과 같다.

입력 데이터의 조합은 다음과 같은 위상값에 대응되며,

| $X_k$ | $Y_k$ | $\Delta\Phi$      |
|-------|-------|-------------------|
| 1     | 1     | $\frac{-3\pi}{4}$ |
| 0     | 1     | $\frac{3\pi}{4}$  |
| 0     | 0     | $\frac{\pi}{4}$   |
| 1     | 0     | $\frac{-\pi}{4}$  |

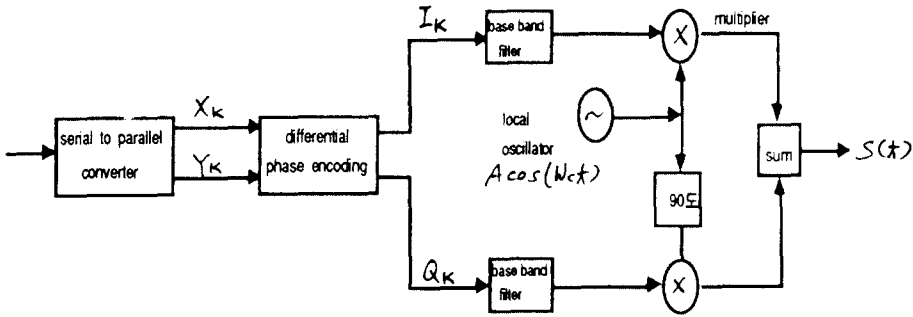
differential phase encoder에서 다음과 같이 정의된다.

$$I_k = I_{k-1} \cos[\Delta\Phi(X_k, Y_k)] - g_{k-1} \sin[\Delta\Phi(X_k, Y_k)]$$

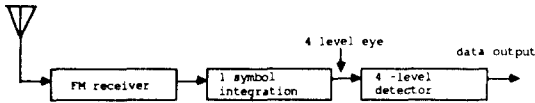
$$g_k = I_{k-1} \sin[\Delta\Phi(X_k, Y_k)] + g_{k-1} \cos[\Delta\Phi(X_k, Y_k)]$$

여기서 baseband filter의 전달함수 특성은 다음과 같다.

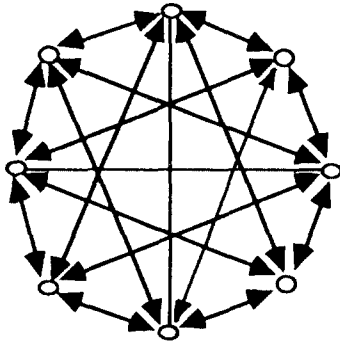




(a)  $\pi/4$  QPSK 송신도



(b)  $\pi/4$  QPSK discriminator 방식 수신도



(c) 위상 천이도

$$g(t) = \frac{\sin(\pi t/T)}{\pi(t/T)} \left[ \frac{\cos(d\pi t/T)}{1-4\alpha^2(t/T)^2} \right]$$

T : symbol period

$\alpha$  : roll-off factor (0.35)

결과적으로 출력은 다음과 같이 주어진다.

$$S(t) = \sum_n g(t-nT) \cos \phi_n \cos W_c t - \sum_n g(t-nT) \sin \phi_n \sin W_c t$$

$$\phi_n = \phi_{n-1} + \Delta \phi_n$$

### 7. 채널 부호화기

이동통신 환경하에서는 다경로 전파 및 이동체 속도로 인한 페이딩 현상이 나타난다. 이러한 페이딩 현상은 디지털 이동통신에서 연접에러 및 진발에러를 유발하여 통화 품질을 일화시키는 주요 원인이 되기 때문에 이에 대한 대책 기술이 필요하다. 이것은 지 전송을 음성부호화 일수록 각 음성정보 비트들의 중요성이 커져 전송이 이를 보호해주는 페이딩 대책 기술이 더욱 요망된다.

기존의 이동통신, 즉 아날로그 이동통신에서는 제어정보에 대해 BCH부호 및 반복부호로 채널 부호화가 사용되고 있다. 이동통신의 디지털화가 되어감에 따라 제어정보 뿐만 아니라 음성 정보에도 에러에 대해 보호해주므로 에러 정정능력이 크고 연접에러 정정능력이 큰 채널부호화 방식인 RS(Reed-Solomon)부호, 길잡부호(Convolutional code)등이 기본되고 있다. 그런데 음성 및 채널부호화를 DSP 칩을 이용하여 소프트웨어로 실현함에 따라, 경관정복호(hard decision decoding)보다 연관정복호(Soft decision decoding)을 포함으로써 3dB 정도의 부호이득(coding gain)을 얻을 수 있다. 그리하여 경관정복호에서는 RS 부호가 여러정정 능력이 우수하나 연관정복호로 채널부호화를 실행하면 RS 부호보다 길잡부호가 유리하며 정보의 중요도에 따라 부호화율을 쉽게 변동할 수 있는 장점이

있다. 또한, 다경로 전파(multi-path fading)에 의한 연접에러를 산발화하기 위해 2내지 3프레임을 모아 인터리빙을 수행해, Viterbi 복호가 갖는 연접에러에 대한 약점을 보완하면서 우수한 정정 능력을 보이고 있다.

이와 같은 이유로, 앞으로 디지털 이동통신에서 인터리빙을 겸한 Viterbi 복호방법을 채택하고 있다. 1989년에 제출된 CCIR의 자료에서도, GSM 및 북미 표준화에서 채널부호 방식으로 인터리빙을 겸한 1/2 길쌈부호를 제시하고 있다.

그런데 디지털 이동통신의 채널부호화에서는, 음성정보 및 제어정보 그리고 데이터 정보에 대해 에러제어를 수행함으로써 이에 대한 효율성을 높이기 위해 각 음성정보 비트의 중요도 내지는, FDMA 혹은 TDMA 등 다원접속(multiple access) 방식에 따른 각 제어 정보의 중요도, 그리고 데이터 정보의 경우는 데이터 양에 따라 에러 정정 능력을 다르게 갖도록 실현하고 있다. 따라서 음성부호화 방식(RPELTP, CELP)에 따라, 부호화된 각 음성정보 비트에 에러를 발생시킨후, 음성왜곡에 미치는 정도를 고려하여 채널 부호화를 실현하고 제어 정보는 제어신호의 중요도 그리고 데이터 정보의 경우 데이터 양에 따라 부호화율이 다르게 선택성 채널 부호화를 구현한다.

Viterbi 복호는 수신된 비트열에 확률적으로 가장 근사한 경로를 선택하는 maximum likelihood 복호화 과정이다.

Viterbi 복호는 두가지 경우로 수행되는데, 이중 한가지는 Hamming 거리에 의한 경관정 복호와 복조기 출력의 양자화값 및 Euclidean 거리에 의한 연관정 복호등이 있다.

경관정 복호(hard decision decoding)은 trellis 다이어그램상의 가능한 경로들과 수신된 비트열과 비교하여 Hamming거리가 가장 작은 경로를 선택하는 경우이다. 복조기의 출력이 2-level인 경우는 복조기 출력 Z(T)가 "0"이나 "1"로 2-level 양자화되어 복호기에 입력된다.

연관정복호는 복조기의 출력의 3-level 이상으

로 양자화되어 복호기에 입력된다. 또한 Euclidean 거리에 의한 연관정복호는 가능한 경로상의 심벌과 수신된 심벌간에 비교를 통해 가장 근사한 심벌을 선택하는 복호방법이다.

### 8. 적응 등화기

이동 무선통신 전송로의 특성은 전파가 전송되는 송,수신점간에 존재하는 산이나 구릉, 숲 등의 자연환경 및 빌딩같은 인위적인 차폐물에 의해서 반사되어 오는 다중경로파 및 이동체가 고속으로 주행시 발생하는 doppler 효과에 의해서 수신되는 파의 진폭특성은 rayleigh fading으로 특징지을 수 있다.

종래의 아나로그 FM방식에서는 안테나를 이용한 diversity 방식으로 이 현상에 대한 신호 왜곡을 보정하였으나 디지털 변조방식에 의한 TDMA방식이 적용될 때에는 coherent bandwidth 보다 대역폭이 넓은 고속의 데이터 전송시 주파수 선택성 fading(time dispersion)현상으로 심볼간 간섭이 나타나고 BER이 증가한다. 따라서 이 심볼간 간섭현상을 보상하기 위해 equalizer를 적용해야한다. fading 채널의 특성은 시변함수로 표시되므로 적응등화기를 써야한다. 유럽에서는 그림8.1과 같이 decision feedback equalizer를 쓰고 있다.

### 9. 세계 표준 현황

(CCIR document 8/564-E/1989,Nov)

| FEATURE   | GSM                        | North America              | Japan  |
|---|----------------------------|----------------------------|--|
| Class of omission<br>- traffic channels<br>- control channels                 | 271 KP7W<br>271 KP7W       | 40KOGWDT<br>40KOGID        | tbd<br>tbd   |
| Transmit frequency bands(MHz)<br>- base stations<br><br>- mobile stations     | 935 - 960<br><br>890 - 915 | 869 - 894<br><br>824 - 849 | 810 - 830<br>(1.5GHz tbd.)<br><br>940 - 960<br>(1.5GHz tbd.) |
| Duplex Separation(MHz)  | 45                         | 45                         | 130<br>48 (1.5GHz)   |
| RF Carrier spacing(KHz)   | 200                        | 30                         | 25 interleaved 50  |
| Total number of RF duplex channels  | 124                        | 832                        | tbd  |
| Maximum base station exp(W)<br>- peak RF carrier<br>- traffic channel average | 300<br>37.5                | 300<br>100                 | tbd<br>tbd   |

|   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| Nominal mobile station transmit power(W)<br>peak - average  | 20 - 2.5<br>8 - 1.0<br>5 - 0.625<br>2 - 0.25   | 9 - 3<br>4.8 - 1.6<br>1.8 - 0.6<br>tbd - tbd                               | tbd  |
| Cell radius(km)<br>- min<br>- max   | 0.5<br>35<br>(up to 120)   | 0.5<br>20  | 0.5<br>20  |
| Access method<br>- traffic channels/RF carrier<br>- initial<br>- design capability  | TDMA<br>8<br>16  | TDMA<br>3<br>6   | TDMA<br>3<br>6   |
| Modulation<br>- transmission rate(kbit/s)   | GMSK(BT = 0.3)<br>270.833  | PI/4 diff. encoded QPSK (roll off = 0.25)<br>48.6                          | PI/4 diff. encoded QPSK (roll off = 0.25)<br>37 - 42                                       |
| Traffic channel structure<br>- full rate speech codec<br>- bit rate(kbit/s)<br>- error protection<br>- coding algorithm<br>- half rate speech codec<br>- initial<br>- future<br>- data<br>- initial net rate(kbit/s)<br>- other rates(kbit/s) | 13.0<br>9.8kbit/s FEC<br>+ speech processing<br>RPE - LTP<br><br>- coding algorithm<br><br>tbd<br>yes<br><br>up to 9.6<br>up to 12 | 8<br>5kbit/s FEC<br><br>CELP<br><br>tbd<br>yes<br><br>2.4, 4.8, 8.6<br>tbd | 6.5 - 9.6<br>5kbit/s FEC<br><br>tbd<br><br>tbd<br>yes<br><br>1.2, 2.4, 4.8<br>8 and higher |
| Channel coding  | Rate on half convolutional code with interleaving plus error detection   | Rate one half convolutional code   | tbd  |
| Control channel structure<br>- common control channel<br>- associate control channel<br>- broadcast control channel   | yes (3)<br>8 F&S<br>yes (3)  | shared with AMPS<br>Fast & slow<br>yes                                     | yes<br>Fast & slow<br>yes  |
| Delay spread equalization capability (us)   | 20   | 60   | tbd  |
| Handover<br>- mobile assisted<br>- inter system capability with existing analogue system  | yes<br>no  | yes<br>between digital and AMPS  | yes<br>no  |
| International roaming capability  | yes<br>>16 countries   | yes  | yes  |
| Design capability for multiple system operation in same area  | yes  | yes  | yes  |

Note tbd. = to be defined  
diff. = differentially

### [3] 결 론

본 고에서 언급한 디지털 셀룰러 이동통신 시스템은 기존의 아나로그 셀룰러 방식의 단점을 보완하기 위해 여러가지 기술이 개발되어 그 서비스 시기가 다가오고 있으나, 기존의 아나로그 방식과 새로운 디지털 방식간 airinterface

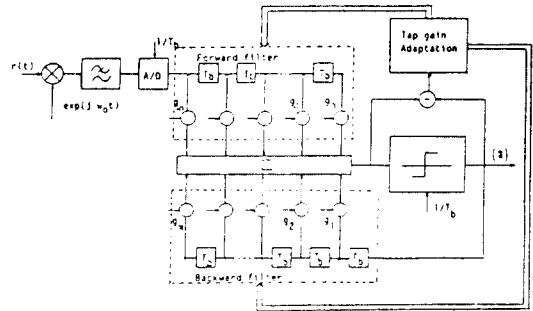


그림 8.1 decision feedback 적응 등화기

상의 호환성 난이도, 북미, 유럽, 일본을 중심으로한 각각의 표준방식의 제정, 이동통신용의 새로운 가용 서비스 주파수대의 확보 그리고 고속으로 이동하는 차량용 이동통신이 아닌 CT2, CT3, DECT, PCN등의 개인휴대통신으로의 발전추세에 맞추어 최종적으로 통합 이동통신망을 구축하기 위한 FPLMTS(future public land mobile telecommunication system) 또는 UMTS(universal mobile telecommunication system)의 구성 등 많은 문제점 및 연구과제가 산적해 있다.

그러나, 가입자 수용용량이 월등이 뛰어난 CDMA 방식 디지털 셀룰러 시스템 개발, 무선 서비스 구역이 u-또는 p-cell화 하면서 cell간 가입자의 이동성의 보장 및 부가서비스 기능을 만족시킬 수 있는 지능망의 개발, ASIC 및 battery 기술발달로 휴대용 무선통신 단말기의 경박단소를 이룩함으로써 저가격의 유도로 인한 이동통신의 대중화, 모토로라에서 계획하고 있는 저 궤도 인공위성망을 이용한 전 세계 통합 이동통신망의 구현등 디지털 이동통신은 여러가지 변모를 겪으면서도 계속 발전해 나갈것이다.

### 참 고 문 헌

1. Network Architecture, GSM Recommendation 3.02
2. P.L. Rice, A.C. Longley, K.A. Norton, A. P. Baris, "Transmission Loss Prediction for Trospheric Com-

- munication Circuits," NBS Tech, Note 101, Jan, 1 967.
3. CCITT, Public Land Mobile Network Interworking with ISDN and PSTN, CCITT Blue Book, 1988.
  4. CEPT, GSM Recommendation, 1988.
  5. CCITT 권고안 Q.1000-Q.1032, "Public Land Mobile Network Interworking with ISDN and Interfaces", 1988. 11.
  6. CCITT 권고안 Q-1051-Q.1063, "Public Land Mobile Network Mobile Application Part and Interfaces", 1988. 11.
  7. GSM 권고안 9,02, "Mobile Application Part Specification Requirements on interworking between the ISDN or the PSTN and PLMN", 1984. 4.
  8. B. Millinder, 'An Overview of the GSM System', Digital Cellular Radio Conference Proc. Hagen, Oct. 1988.
  9. GSM Recommendation 04.08  
-Mobile Radio Interface Layer 3 Specification, 19 89.
  10. GSM Recommendation 05.02  
-Multiplexing and Multiple Access on the Radio Path, 1989.
  11. EIA / TIA IS-54  
-Dual-Mode Station-Base Station Compatibility Standard, 1990.
  12. CEPT / GSM, "GSM Fullrate speech Transcoding," Recomm. 06.10
  13. I. A. Gerson, "Vector sum excited linear prediction (VSELP) speech coding at 8Kbps," ICASSP, April 1990.
  14. T. Miki, "Experimental study of GMSK discriminator detection,"
  15. 한국 전자 통신 연구소 90년 연말 보고서 "디지털 이동통신 시스템 개발"
  16. 한국 통신 학회 "digital cellular" proceeding 1990. 11
  17. digital cellular radio conference proceeding 1988. 10.

#### 저자약력

- 임성준 (한국전자통신연구소 이동통신연구실 실장)
- 임명섭 (한국전자통신연구소 이동통신연구실 선임연구원)