

## 이동국의 구현 방안

李 孝 珍

金星情報通信(株) 移動通信室 室長

최근들어 가입자 수요가 급증하여 수용량이 한계에 다달은 셀룰라 이동통신은 디지털화라는 큰 전환기를 맞고 있다. 특히 디지털화에 따라 핵심 기술을 감당할 무선 단말기는 급변하는 사용자 요구를 만족시키기 위하여 최첨단의 구현 기술들을 필요로 한다. 무선통신 분야의 기술 수준이 낮은 국내 전자 산업은 특히 부품 기술의 낙후로 단말기의 국산화율이 매우 저조한 형편이다. 본 글에서는 도래하는 디지털 방식의 무선 단말기에 사용되는 여러 기술들과 구현 방법에 대해 고찰함으로써 국내 디지털 무선 통신 기술의 발전을 위한 방안에 대해 같이 생각해 보고자 한다.

### I. 개 요

현대 사회가 정보의 신속한 교환이 요구되는 정보화 사회로 감에 따라 장소의 제약을 극복하기 위한 이동통신이 대두하게 되었다. 무선통신 기술을 근간으로 하는 이동통신은 유한 자원인 전파를 효율적으로 이용하기 위한 기술로 전개되고 있다. 특히 주파수를 공간적으로 재사용하기 위한 셀룰라(cellular) 개념의 도입으로 말미암아 공중통신으로서의 위치에 이르게 되었으며 머지않은 미래에 언제·어디서나 누구와도 다양한 정보교환이 가능한 개인 통신으로 발전하게 될 것이다. 이러한 요구에 발맞추어 셀룰라 이동통신은 디지털화라는 큰 전환기를 맞고 있는데, 이는 디지털 방식의 우수성으로 인하여 전자 산업 전반에 걸쳐 나타나는 추세이기도 하다. 더욱이 일부 지역에서는 현재의 아날로그 셀룰라 방식으로 급증하는 사용자 수용하기에 한계점에 다달아 그 개발이 더욱 시급한 형편이다.

디지털화에 따른 가장 큰 변화는 기지국(BS: base station)과 이동국(MS: mobile station)간의 무선 인터페이스(radio interface) 기술에 있다. 아날로그 통신 방식을 디지털 통신 방식으로 전환함에 따라 새로운 신호 처리 기술들이 요구되어 새로운 구현 기술들이 개발되고 있다. 이는 바로 이동국(MS: mobile station) 핵심 기술의 변화를 의미한다. 과거에 아날로그 신호를 다루던 회로들은 디지털 신호를 처리하는 VLSI(very large scale integrated circuit) 칩으로 구현되고 고주파(RF: radio frequency) 회로는 디지털 신호처리(DSP: digital signal processing)의 도움으로 더 단순화되고 집적화가 이루어지고 있다. 이와 같은 디지털화의 잇점은 사용자 용량을 크게 늘릴 수 있으며 열악한 무선 환경을 극복하여 통화 품질을 개선시켜 준다. 뿐만 아니라 대규모 집적화, 저전력 소모가 가능하여 소형·경량 및 장수명 전지 사용의 단말기 구현이 가능하며, 고신뢰성과 정확한 특성으로 인하여 양산 효과를 기대할 수 있다. 또한 다양한 데이터 서비스가 가능해지며 비화성이 높아진다. 이는 결과적으로 사용자들에게 더 사용하기 편하고 고기능을 갖는 단말기를 제공하여 더 큰 시장 수요를 만들어 낼 것이다.

이동국은 무선을 통한 네트워크 인터페이스(network interface) 뿐 아니라 사용자와의 맨·머신 인터페이스(MI: man-machine interface)도 담당하게 된다. 휴대성(크기, 중량, 외양), 통화의 편이성, 통화의 신속성(사용가능 통화시간, 재충전 시간), 조작의 편이성 등은 휴먼 인터페이스의 중요한 요건이 된다. 네트워크 인터페이스의 요건은 통화 연결품질(실패율, 지연 시간 등), 통화 음질, 서비스 영역등을 포함한다. 이 사항들은 때론 동시에 만족시킬 수 없으므로 모든 요구 사항들간의 균형을 유지해야 된다. 이동국에는 차량등에 설치하는

형, 사람이 지니고 다니는 휴대형 및 양자 겸용이 있으나 본 글에서는 최근 사용이 늘고 있는 휴대형 단말기에 초점을 맞추고자 한다.

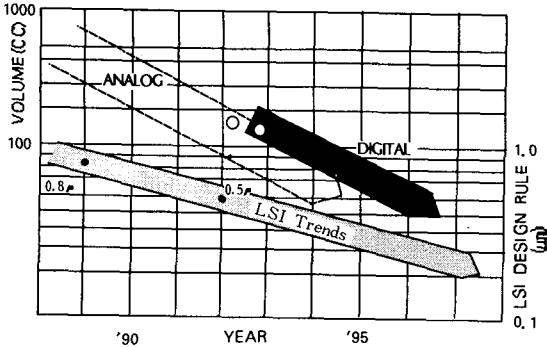


그림 1. 휴대 단말기의 소형화 추세

휴대형 단말기에 있어서 휴대성은 가장 중요한 요건이 된다. 그림 1은 휴대형 단말기의 크기 추세를 보이고 있다. 현재 휴대형 단말기의 세계적인 추세는 200cc 정도이며 초소형으로 150cc의 크기도 이미 개발되었다. 사람이 휴대하기 위해서 100~150cc 정도가 적당하며, 그 비중은 1.5 정도가 한계로 보여지고 있다. 다음으로 중요한 것은 사용가능 통화시간과 대기시간이다. 한번의 충전으로 가능한 일반 휴대 단말기의 통화 시간은 총 30분, 대기 시간은 8시간 정도로, 이는 하루 종일 사용하기에는 충분치 못한 시간이다.

한편 휴대형 단말기가 점차 소형화 될 수록 외양의 중요성이 부각되고 있다. 휴대형 단말기의 기본 요건은 손에 잡기 쉽고, 휴대가 용이하며, 통화하기에 편리한 모양이어야 한다. 특히 사람의 귀와 입의 거리를 고려할 때 스피커와 마이크의 길이는 15cm 이상은 되어야 하므로 접는 형이 많이 사용되고 있다. 이상 언급한 사항들을 고려할 때 이동국에 요구되는 주요 설계 조건은 다음과 같다.

- (1) 소형, 경량일 것 : 이동국의 필요 조건이지만 휴대형 단말기에서 특히 중요하다.
- (2) 소비 전력이 적을 것 : 전원이 전지인 휴대형 단말기에서 특히 중요하다.
- (3) 경제성에 중점을 두고 설계할 것 : 이동국은 기지국 장치에 비해서 수가 많고 시스템 전체의 경제성에 단말기의 가격이 큰 영향을 미치므로 중요하다.
- (4) 조작이 간단할 것 : 단말기는 일반인이 직접 조작하는 것일 것, 또 주행중의 탑승물안에서나 보행중에 있

어서 안정하게 사용할 수 있기 위해서도 중요하다.

(5) 전자 환경 대책에 유의해서 설계할 것 : 자동차용 으로서는 설치형의 경우 자동차용 전자기기와 전원도 공유한다. 또한 휴대형의 경우에는 노상 또는 기타 전자 기기와 근접할 기회가 많다. 이들 환경에서 단말기의 안테나, 전원선, 기구를 경유해서 기타 기기에 전자파 장애를 발생시킬 수가 있다. 그리고 기타 기기로부터 방해를 받지 않도록 할 필요도 있다.

## II. 소요 기술 분석

이동국 주요 기능은 음성 및 제어 신호의 송신 및 수신 기능이다. 송신 기능은 음성등을 음향전기 변환, 변조, 주파수 변환, 전력 증폭을 행하여 전파로써 송출하는 기능이고, 수신은 전파로부터 전기 신호로 수신하여 증폭, 주파수 변환, 복조, 전기음향 변환을 행하여 음성등을 얻는 기능이다. 이와 더불어 회선접속, 절단, 통화절체, 위치 등록등의 무선 인터페이스와 맨·머신 인터페이스를 위한 제어 기능이 포함된다.

이동국의 기본 구성은 그림 2에서 보는 바와 같이 무선(RF/IF)부, 기저대역처리(baseband processing)부 또는 모뎀(MODEM : modulation and demodulation)부, 음성 또는 오디오 신호처리(speech /audio signal processing)부 그리고 제어부로 구성된다. 디지털 방식에서 음성 신호 처리부는 음성 부호화(speech coding)를 의미한다.

본 장에서는 특정 방식에 관계없이 일반적인 소요 기술에 대해 간략히 살펴본 후 각 방식에 따른 기술적인 고려사항을 언급하고자 한다. 이에 앞서 일반적인 디지털 방식에 있어 송수신 기능의 전반적인 구조를 살펴보면 다음과 같다.

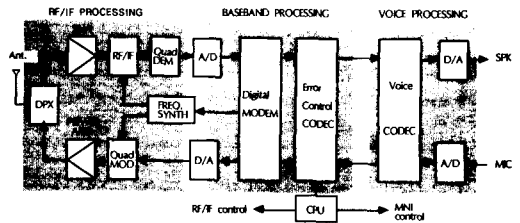


그림 2. 이동국의 구조

스피커를 통해 들어온 입력 신호는 아날로그 디지털 변환기를 통하여 디지털 신호로 변환된 후 음성 부호화에 의해 전송률이 압축된다. 이 데이터는 제어 데이터와 함께 오류정정(error correction) 부호화에 의해 여러 형태로 바뀌어진 후 디지털 변환기에 의해 채널 전송에 적합한 신호로 변환된다. 이 신호는 원하는 주파수로 천이되고, 원하는 출력으로 증폭되어 안테나를 통하여 전파로서 전송된다. 안테나를 거쳐 전기 신호로 수신된 신호는 적당한 크기로 증폭되고 복조를 위해 낮은 주파수대로(또는 기저대역) 천이된다. 디지털 복조부에서는 반송파와 비트 타이밍 동기로 맞추어 디지털 신호를 검출해 낸다. 이 과정에서 페이딩(fading) 등과 같은 무선 채널 현상을 극복하기 위한 기술이 사용될 수 있다. 검출된 디지털 신호는 적절한 형태로 분류되어 오류정정 부호화 과정에 의해 전송 오류의 검출 및 정정이 이루어진다. 제어 데이터들은 제어부에 의해 이용되며 음성 데이터는 음성 복호화기에 의해 디지털 음성신호로 합성된다. 이 신호는 디지털 아날로그 변환기와 스피커를 거쳐 사용자에게 전해진다.

이동국 장치는 이와 같은 송수신 기능외에 무선 신호 및 데이터를 제어하고 표시조작부등의 휴먼 인터페이스와 전원 공급등을 제어하는 복잡한 기능을 수행한다.

## 1. 무선부

전파를 통한 전송을 위하여 고주파 신호를 처리하는 무선부는 송신 및 수신부와 안테나, 그리고 여러 주파수 채널을 사용하게될 경우 주파수 합성부가 포함된다. 셀룰라 단말기는 일반적으로 수많은 협대역 주파수 채널로 신속히 동조할 수 있어야 하므로 높은 안정도와 선택도를 갖는 주파수 합성(frequency synthesis) 기술이 요구된다. 또한 하나의 안테나로 양방향 통신을 하므로 듀플렉서가 필수적이다. 한편 휴대형 단말기에서는 저전력화가 매우 중요하다. 전체 전력 소모의 큰 비중을 차지하는 전력 증폭기의 효율이 최대 관건이 된다.

### 1) 안테나

비교적 기술의 발전이 늦었던 안테나 기술은 이동통신의 진보에 따라 비약적인 발전을 이루고 있다. 이동단말기의 소형화를 위하여 안테나의 소형화가 이루어져야 하나 그 성능을 떨어뜨려서는 안된다. 왜냐하면 무선장치에 있어서 안테나는 눈이나 귀와 같으므로 그 성능이 매우 중요하다. 안테나의 효율을 더 높인다면 전파가 약한 곳에서도 통화가 가능할 뿐 아니라 송신출력을 낮출 수 있어서 저전력화에 기여할 수도 있다. 이와 같이 안테나는 무선 장치의 소형화, 고성능화를 도모하는데

있어서 중요한 역할을 한다.

그러나 안테나는 일반적으로 소형화 할수록 그 성능이 저하되는 어려움이 있다. 또한 도체 역할을 하는 인체에 가까이 하면 그 특성이 변하므로 안테나의 설계시 이를 고려해 주어야 한다. 또 다른 문제는 안테나의 성능평가인데, 시뮬레이션 기술 등의 발전에 의해 이와 같은 문제점들을 점차 극복해 나가고 있다. 최근에는 내장형 안테나로 판상형(板狀形) 역 F 안테나가 많이 쓰이고 있으며 집적화의 추세에 따라 유전체 필터와 일체형으로 구성된 RF 필터 내장형 안테나가 개발되었다.

### 2) 듀플렉서와 고주파 필터

복신(full-duplex) 통화를 하는 이동국은 하나의 안테나를 통하여 양방향 통신을 하기 위해서는 송수분파기(duplexer)가 필요하다. 엄밀히 말하면 송신과 수신 주파수를 달리하는 주파수 분파방식(FDD, frequency division duplexing)에서 필요한 기능으로 시분할 다중접속(TDMA: time division multiple access) 방식에서 송수신 구간을 달리함으로써 간단히 위치를 대체할 수 있다.

기본적으로 대역통과필터(BPF)의 결합으로 이루어져 있는데, 송신부와 수신부 사이의 분리(isolation)가 잘 되기 위해서는 서로 큰 감쇄(attenuation)를 갖도록 하고 임피던스 정합(matching)이 잘 이루어져야 한다. 듀플렉서의 삽입 손실(insertion loss)은 듀플렉서에서의 전력 손실 뿐 아니라 수신부 초단의 잡음지수(noise figure)에도 영향을 미치므로 최대한으로 낮출 필요가 있다. 삽입손실을 낮추기 위해서는 공진기의 무부하를 Q로 올리는 것이 좋으나 일반적으로 무부하를 Q로 올리려면 공진기의 크기가 커진다. 따라서 듀플렉서의 소형화를 도모하기 위해서도 유전체 공진기의 소형화 기술이 개발되어야 하며 최근에는 SAW(surface acoustic wave) 필터나 multi-mode 필터 등의 신소재를 이용한 부품 기술의 관심이 증대되고 있다.

필터로서 가장 이상적인 구성은 이상적인 코일과 이상적인 콘덴서에 의한 공진기를 얻어서 무손실, 불요복사(supirious) 응답이 없는 기본 주파수만의 이상적인 필터특성을 얻어내는 것이다. 그러나 UHF(ultra high frequency)대 이상의 주파수대가 되면 이러한 집중정수(lumped parameter) 단독으로 존재할 수가 없게 되며, 분포용량, 잔류 인덕턴스 등을 고려한 분포정수(distributed parameter) 회로로 보지 않으면 안된다. 동시에 고주파에서는 도체의 표피효과에 의해 코일의 Q가 저하되고, 그러므로 공진회로의 무부하 Q도 그것에 따라서 저하된다. 주파수가 높아져 회로를 분포정수로

서 다루게 되면 필터는 분포정수형의 공진기 특성이 그대로 필터의 특성이 된다.

이동통신 장치의 추세에 따라 고주파 필터는 소형화와 GHz대의 고주파화가 진행되고 있다. 최근 유전체 공진기의 소형화를 위해서 monoblock forming, multi-layer, 전극(electrode) patterning 및 processing, 시뮬레이션에 의한 전자파 분석, 새로운 유전체의 생산과 측정 등 다양한 기술이 개발되고 있으며, 이러한 기술 등에 의해 monoblock형 필터, coaxial 공진기 필터, BDLS(balanced double layer stripline)형 필터, 다층 lumped constant형 필터 등이 개발되었다. 향후에는 고주파 필터를 다른 주변 회로들과 MIC(microwave integrated circuit)나 HIC(hybrid IC)로 복합화 하므로써 소형화와 더불어 접속손실을 줄임으로써 성능향상을 꾀할 수 있다. 또한 필요한 주파수대에서 감쇠량을 크게 하는 것과 같이 필터의 특성을 유극화(有極化) 하므로써 필터의 단수를 줄일 수가 있는데, 그 때문에 저손실에 필요한 감쇠특성을 갖는 필터를 소형화 시킬 수가 있다.

근래에 와서는 압전기판 위의 빗살형 전극에 의해 여진되는 표면파를 이용한 SAW 필터가 고주파대로 이행됨에 따라 고주파 필터의 소형화에 큰 기여를 하고 있다. 또한 협대역, 저손실, 큰 감쇠량의 우수한 특성을 가지며 실장면과 설계면에서도 매우 유리하다.

중간주파수(IF: intermidate frequency) 대역의 필터로는 세라믹(ceramic) 필터와 크리스탈(crystal) 필터를 이용하고 있는데, 최근에는 SAW 필터도 IF 대역으로의 이행이 이루어지고 있다. 세라믹 필터는 압전 세라믹스-Pb(ZiTi)O<sub>3</sub>-의 전기기계 변환소자로서의 압전성과 고체공진을 이용하여 안전성과 우수한 선택특성을 얻을 수 있다. 최근에는 면실장화에 대응한 4소자 래더(ladder)형 필터가 상품화되어 소형화의 추구가 가속되리라 본다. 크리스탈 필터는 수정진동자(crystal) 발진의 정도(精度)가 온도 특성과 ageing 변화를 포함하여, 그 특성이 뛰어나도록 역으로 고유의 주파수에 정도가 잘 공진하는 것을 이용하여 특징의 주파수대만을 통과시키는 역할을 담당하고 있다. 특히 최근에는 MCF(monolithic crystal filter)가 주로 이용되고 있는데, 1개의 수정편(水晶片)에 공진주파수로부터 약간 비키어 놓은 통상 2개의 전극을 설치하여 통과대역폭을 확대한다. 최근에는 면실장화에 대응한 박형의 제품이 개발되고 있다.

### 3) 고주파 전력 증폭기

휴대형 단말기에 있어 대개의 전력은 송신중의 전력

증폭기에서 소모된다. 따라서 전체 전력 소모를 줄이기 위해서는 전력 증폭기의 고효율화가 최대 관건이 된다. 일반적으로 고주파 전력 증폭기로는 간단하면서도 효율이 좋은 C급 바이어스(bias) 회로를 사용한다. 그러나 C급 증폭기는 비선형 특성을 지니므로 진폭 왜곡에는 민감하지만 주파수 효율이 좋은 QPSK(quadrature phase shift keying), QAM(quadrature amplitude modulation)등의 변조방식을 사용할 수 없다. 반면에 유럽에서 채택한 GMSK(Gaussian minimum shift keying)등의 주파수 변조방식은 진폭 성분으로 정보를 전송하지 않으므로 비선형 증폭기의 사용이 가능하다. 그러나 비선형 증폭기는 진폭 왜곡뿐 아니라 상호 변조(intermodulation)를 일으켜서, 인접 채널에 영향을 미치고 전력 누설을 초래하며 수신에서 대역내에 상호 변조 성분을 만들므로 선형 증폭기의 개발이 필요하다. 선형 증폭기는 비선형 증폭기에 비해 효율이 좋지 못하므로 선형 증폭회로의 고효율화가 요구되는데, 최근에는 DSP를 이용한 비선형 증폭기의 선형화가 주로 연구되고 있다.

고효율을 실현하기 위한 기본적인 방법은 C급 바이어스로 동작시켜 전류를 작게하는 방법이며, 회로 구성이 간단하기 때문에 종래보다 많이 이용되고 있다. 그러나 엄밀히는 부하 임피던스를 고려하여 적절히 설계시 증폭용 소자를 극대화하여 원하는 고주파의 전류이득을 얻을 수 있도록 되어야 하며, 깊은 바이어스로서는 이득의 저하가 생기는 등의 문제가 있기 때문에 실제로는 고효율을 얻는 것이 용이하지 않다. 근래에는 고주파 특성이 우수한 GaAs FET(Gallium Arsenide field effective transistor)를 이용한 F급 증폭기 기술이 재인식 되고 있는데, 이는 C급 이상의 고효율을 의미한다. 이 방식은 전압, 전류의 파형을 각각 구형파 및 반파(half wave)가 되도록 스위칭(switcing) 모드로 동작시키고, 부하 회로의 임피던스 특성을 우수 고조파 및 기수 고조파에 대해서 각각 short 및 open으로 되도록 하여, B급 또는 AB급 바이어스로 설계한다. 3차 이상의 고조파 출력과 출력 레벨은 낮기 때문에 2차 고주파만을 고려하여 회로를 구성하는 경우 60% 이상의 효율을 얻을 수 있다.

그러나 실제에 있어서 이와 같이 이상적으로 임피던스 정합을 해주는 것은 불가능하므로 두개의 FET를 이용한 HRA(harmonic reaction amplifier)가 개발되었는데, 이 방식은 두 FET의 출력 회로 사이에 transmission line을 연결하여 형성된 정재파(standing wave)에 의해 이상적인 임피던스 정합을 달성할 수 있

다. 또한 이 방식은 입력 신호가 있을 때만 2차 고조파에 의한 정재파가 발생하므로 안정적인 특성을 갖는다.

선형 증폭기를 구현하는 방법에는 크게 두가지가 있다. 하나는 비선형 증폭기의 drain이나 collector 전압을 고효율 DC 증폭기를 이용하여 입력신호의 포락선에 비례하도록 조정하는 것인데 이를 DVC(drain voltage controlled amp.)라고 한다. 최근에는 DVC에 오차 보정을 위한 feedback loop를 형성하여 안정화를 꾀한 LSA-BC (linearized saturation amp. with bidirectional control)가 개발되었다.

또 다른 방법으로는 고효율의 비선형 증폭기의 선형화 하는 것인데, 이 기법에는 feed-forward, feedback loop, LINC(linear amplification with nonlinear components), predistortion 방식이 있다. 이 방법들은 과거에는 아날로그 회로를 이용하였으나 근래에 와서는 DSP를 이용하여 보다 간단히 구현할 수 있게 되었다. 특히 많이 연구되고 있는 것은 feed-back loop 방식으로 RF 단의 신호를 제한시켜 DSP로써 신호 왜곡을 보상해주는 방법으로 cartesian feedback loop 방법과 adaptive linearization 방법이 있다.

이 외에도 전력증폭기에는 출력을 적절히 제어하기 위하여 출력의 일부를 검출하는 커플러(coupler)부와 출력신호가 안테나를 통해 전파될 때 안테나와의 비정합으로 인한 반사파 유입을 막기 위한 분리기(isolator)가 첨가된다.

#### 4) 저잡음 증폭기(LNA : low noise amplifier)

수신측의 초단에 사용하는 증폭기는 원하는 신호의 세기로 크게 해 주는 동시에 잡음의 증폭은 최소한으로 해 주어야 한다. 이러한 저잡음 증폭기의 성능은 수신 감도의 전체 성능에 큰 영향을 미치므로 주의깊게 설계되어야 한다. 트랜지스터의 정확한 잡음 파라미터를 고려하여 설계하여야 하며, 일반적으로 이득과 잡음 지수를 동시에 좋게할 수 없으므로 최적선택이 중요하다. 이동 통신용 LNA는 위성 통신용과는 달리 이득을 크게 필요로 하지 않으므로 보통 1~2단으로 구성하여, 전력 이득이 15~20dB, 잡음 지수가 1.5~3dB 정도로 해 준다.

소자는 GaAs MESFET가 입력단 정합이 까다로와 Si bipolar가 많이 사용되며 HEMT(high electron mobility transistor) 소자는 비싸고, 초 고주파에서 사용되므로 고 이득과 저 잡음 특성을 갖는 새로운 트랜지스터의 개발이 요구된다.

LNA 외의 소신호 증폭기로는 중간주파수 증폭기와 전력증폭기 전단의 구동증폭기가 있다. 특히 IF 증폭기

는 전력이득제어기(AGC : automatic gain controller)에 의해 이득이 가변되어, 전계검출회로(RSSI : received signal strength indicator)를 통하여 신호세기 강도에 대수적으로 비례하는 신호를 발생시킨다.

#### 5) 직교 변조기(quadrature modulator)

믹서(mixer)는 주파수를 변환하는 기능을 담당한다. 능동소자와 수동소자로 구현하는 두가지 방법이 있는데, 이득을 가지며 국부 발진기(local oscillator)의 입력 레벨이 낮은 능동 믹서가 많이 이용된다.

QPSK 계열이나 GMSK 등의 변조 방식은 디지털 셀룰라에서 사용되는 직교위상을 갖는 두개의 믹서가 필요한데 이를 직교 변조기라 한다. 최근에는 기저대역 처리신호를 직교변조기를 거쳐 바로 RF 대로 변조 및 주파수 천이를 행하는 방식이 이용되기도 한다. 향후에는 디지털 신호처리로 직교변조를 한후 아날로그 영역에서 주파수 천이하는 방식이 사용될 전망이다. 이렇게 함으로써 중간 필터와 증폭기를 제거함으로 전력소모를 줄일 수 있다.

최근에는 직교 변조기로 1 칩화가 이루어 졌는데 저 전력 소모가 이루어져야 할 것이다. 직교 변조기의 구조는 IF 대에서는 Si bipolar에 의한 Gilbert형 이중평형 믹서(DBM : double balanced mixer)가, RF 대에서는 GaAs MESFET에 의한 DPDT(double-pole double-throw) 스위치 DBM이 이용된다.

#### 6) 직접변환(direct conversion) 방식

수신부에서의 고효율화 방안으로는 전력 감소와 부품 감소를 동시에 꾀하는 direct conversion 방식이 제시되고 있다. 이 방식은 종래의 super heterodyne 방식에 의한 주파수 downconversion에서 중간 주파수를 처리하는 IF부를 제거하여 RF 단에서 주파수 천이 결과 반송파 좌우 주파수 성분이 기저 대역에서 바로 출력되는 방식이다. 따라서 기저 대역에서 중첩된 신호를 분리해야 하며, 복조시 불요복사 성분을 제거해야 한다.

직접변환 방식은 phasing 수신 방식과 Weaver 수신 방식이 있다. Hilbert 변환 회로가 필요한 phasing 수신 방식은 실제 구성시 정확한 90° 지연을 구현 해주기 힘들므로 불요복사 성분이 완전히 제거되지는 못하는데, 이 성분은 인접채널에 간섭 성분으로 작용한다. 이와 같은 단점을 보완하기 위한 방법으로 제시된 Weaver 방법은 불요복사 성분을 해당 신호의 대역으로 국한시키고, 차단 주파수에서 감쇄 기울기가 급격한 필터를 요하지 않으며, 광대역의 90° 지연회로가 필요없는 장점이 있다.

특히 이 방식은 디지털 방식에서 구현이 용이하므로

향후에는 널리 쓰일 전망이다. 디지털 방식을 이용하면 고 정밀도의 자동주파수제어(AFC: automatic frequency control) 회로로 이용하여 주파수 변환에 정확한 반송파 신호로 제공하거나, 위상 오차로 디지털 처리부 내부에서 보상해 줌으로써 구현해 줄 수 있다.

#### 7) 주파수 합성부(frequency synthesizer)

셀룰라 전화는 다수 채널을 사용할 뿐 아니라 송수신 주파수를 달리 사용하므로 주파수 합성부가 사용된다. 더욱이 점차 협대역화가 이루어지고 신속한 핸드오프(handoff)가 요구되므로 그 성능이 매우 중요시 된다. 발진 주파수의 오차는 인접채널 간섭을 유발하고 복조시 왜곡요인과 밀접하므로 높은 주파수 안정도가 요구된다. 또한 인접채널의 신호가 주파수 변환되어 자기 채널의 수신 신호에 영향을 미치지 않도록 측파대의 위상 잡음을 억압시킬 필요가 있다. 뿐만 아니라 TDMA 방식에서는 송수신 슬롯 사이에 주변 기지국들의 신호 레벨을 측정하기 위하여 신속히 다른 주파수 채널로 동조할 수 있어야 하므로 빠른 주파수 변환 속도(1ms 정도)가 요구된다.

주파수 합성부는 phase detector, loop filter, VCO(voltage-controlled oscillator)로 이루어진 위상동기루프(PLL: phase locked loop) 회로와 frequency divider, prescaler로 구성된다. 주파수 합성기의 기준 입력 주파수는 높은 안정도가 요구되므로 온도특성을 회로측에서 보정하는 TCXO(temperature compensated crystal oscillator)가 사용되는데, 요즘에는 디지털 방식으로 제어되는 DTCXO(digital TCXO), VCXO(voltage-controlled crystal oscillator) 등이 개발되어 있다. 높은 안정도를 유지하기 위한 다른 기술로는 기지국으로부터 송신된 신호를 이용, 모뎀에서 디지털 방식으로 제어하는 AFC에 의해 높은 정확도를 얻을 수 있다.

주파수 합성기도 이동통신 장치의 소형화, 저소비 전력화 추세에 따라 저소비 전력화와 집적화가 진행되고 있으며 PLL의 1-chip화를 목표로 하고 있다. VCO는 위상잡음이 적은 고주파를 만들기 위하여 Q가 높은 유전체 공진기나 micro-stripline 공진기를 이용한 HIC가 보편적으로 이용되고 있는데, 현재 MMIC화도 진행되고 있다. 저전력소비를 위한 방법으로 소모전류를 줄이기 위하여 frequency divider로 swallow counter를 사용하고 prescaler는 고속 bipolar 및 GaAs 반도체가 이용되고 있다.

최근에는 저전력 소모와 신속한 주파수 변환이 가능한 DPLS(digital loop preset synthesizer)가 개발되었다. 이 방식은 위상동기 발진부(PLO: phase locked

oscillator)와 DLP(digital loop preset)부로 구성되어 있다. 주파수 변환을 행하지 않는 정상시에는 PLO부만이 동작하고, 주파수를 동작할 경우에는 DLP부가 PLO부에 위상과 주파수 제어 전압을 고 정밀도로 preset한다. PLO부의 주파수 변환의 초기에 있어서 과도현상이 억제되는 것이 가능하여 주파수 변환시간의 단축이 가능하다. 이 방식에서는 주파수 제어전압의 예측을 위하여 퍼지(fuzzy) 추론을 이용한다. 향후에는 GaAs 디지털 기술을 이용하여 디지털 방식에 의한 직접 디지털 합성(DDS: direct digital synthesis) 방식이 실용화 될 것이다.

## 2. 기저대역(Baseband) 처리부-MODEM 부

기지대역 처리부는 압축된 정보 및 제어 데이터 등을 채널을 통하여 효율적이면서도 안전하게 전송하기 위한 처리과정 및 채널을 통한 수신 신호로부터 올바른 데이터 검출 과정을 다룬다. 디지털 통신 방식을 사용함으로써 채널 사용 효율을 높이고 오류정정부호 등을 사용함으로써 전송데이터의 에러를 줄이는 것이 가능해졌다. 이동통신 환경에서의 모뎀은 유선망에서의 것보다는 훨씬 채널변화에 강건하여야 한다.

### 1) 디지털 변복조 기술

디지털 변조는 디지털 데이터를 채널 전송을 위한 파형으로 변환 해주는 것을 말하며, 통신 방식의 성능(bit error rate 등), 주파수 이용 효율등에 직접적인 영향을 미친다. 정진폭 특성을 갖는 주파수 변조의 일종인 GMSK 변조 방식은 직교 검파의 특성을 유지 하면서도, 베이스 밴드 영역에서 대역을 제한시키고 협대역화를 도모한 것으로서 복조 방식을 다양하게 선택할 수 있는 장점이 있다. 유럽 방식의 표준으로 채택된 이 방식은 비교적 간단히 구현할 수 있으며 진폭 왜곡에 강하므로 고효율의 비선형 전력 증폭기를 사용할 수 있는 장점이 있다. 이에 비해 DQPSK(differential QPSK) 방식은 주파수 이용 효율이 높은 반면에, 선형 변조 방식에 속하므로 고효율을 갖는 비선형 증폭기를 사용하기가 곤란하다. 최근에 이동통신용으로 제안된  $\pi/4$ -shifted DQPSK는 포락선의 변동이 작아 전력 증폭기의 비선형 영향을 비교적 적게 받고, 버스트 형태의 신호를 갖는 TDMA 방식과의 정합성이 양호하므로 미국과 일본의 디지털 셀룰라용 변조방식으로 채택되고 있다.

순수한 디지털 펄스 신호는 비교적 넓은 대역을 점유하므로 이를 협대역화 하기 위해 premodulation 필터로 펄스의 파형을 정형해 주어야 한다. 이와 같은 방법

을 PRS(partial response signaling)라고 하는데, 협대역화의 댓가로 어느 정도의 심볼간 간섭(ISI: inter-symbol interference)가 초래되기 마련이다. 주로 많이 사용하는 필터로는 Gaussian 필터와 (square root) raised cosine 필터인데 raised cosine 필터의 임펄스 응답 특성은 심볼 주기마다 영이 되므로 심볼간 간섭을 최소화 할 수 있다. 이러한 파형정형 필터는 고속의 디지털 필터에 의해 정확하며 선형위상의 특성을 갖도록 구현해 줄 수 있다.

복조 방식으로는 일반적으로 동기(coherent) 복조방식이 주파수 변별기에 의한 검파보다 성능이 우수하므로 널리 사용되고 있다. 한편 이동통신의 채널환경에서는 주파수 변별 방식도 상대적으로 적은 열화를 보인다. 동기 검파를 위해서는 AGC(automatic gain control)로 수신 신호의 진폭을 일정하게 해주어야 될 뿐만 아니라 수신 신호로부터 반송파를 복원해야 하는 어려움이 있다. 특히 무선채널의 수신 신호는 페이딩에 의한 진폭의 변화가 심하므로 이를 견디낼 수 있어야 한다.

## 2) 대역확산(spread spectrum)

대역확산 통신 방식은 같은 주파수대에 있는 다른 신호와 간섭이 일어나도 서로 영향을 거의 미치지 않도록 이미 변조된 신호를 다시 변조하여 새로운 파형을 생성시키는 방법을 말한다. 이를 위해서는 광대역의 진폭변조 또는 주파수 변조를 사용하여 매우 넓은 대역에서 신호가 생성되도록 한다. 이를 Shannon의 이론에 따르면 전송 대역폭이 충분히 넓으면 아무리 신호 대 잡음비가 낮아도 오류없이 전송이 가능하다는 것에 근거한다. 이러한 대역확산 방식은 비화성이 높고 기존 시스템과 공존할 수 있는 등의 장점이 있으며, 이동통신에 응용되면서 새로운 장점 등이 부각되고 있다.

대역확산 변조방식의 종류로는 직접확산(DS: direct sequence) 방식, 주파수 도약(FH: frequency hopping) 방식, 시간 도약(TH: time hopping) 방식, 펄스화 FM(pulsed FM/chirp) 방식, 하이브리드 방식 등이 있는데 이동통신용으로 직접확산 방식이 제안되어 있다.

직접확산 방식은 협대역 변조신호에 의사 잡음 부호(pseudo noise sequence)를 곱함으로써 bit 신호를 다시 chip이라고 하고 하는 미세한 디지털 신호를 쪼개어 광대역의 신호로 확산(spreading)해 낸다. 확산신호는 다른 수신기들에게는 잡음 신호처럼 여겨지나 같은 의사잡음 부호를 동기화 맞추면 원래의 변조신호를 검출해 낼 수 있다. 이 역확산(despreading) 과정에서 타 변조신호들은 낮은 레벨의 잡음으로 확산되어 큰 영향

을 주지 않는다. 직접확산 방식의 chip rate는 매우 높기 때문에 부호 동기가 매우 어려운 기술이다.

## 3) 동기(synchronization) 기술

전송된 변조신호로부터 데이터의 올바른 검출을 위해서는 송신측과 수신지역에 의한 타이밍을 맞추는 필요가 있는데 이를 동기라고 한다. 동기는 복조 과정의 일부로 기저 대역 신호의 추출을 위한 반송파 위상 동기, 디지털 신호의 검출을 위한 비트 타이핑 동기가 있으며, 직접확산 변조방식에서는 역확산을 위한 부호 동기가 필요하다. 또한 올바른 데이터열의 추출을 위한 슬롯(slot)이나 프레임 등의 워드(word) 동기가 있다. 동기 과정은 초기폭락 및 지속적인 추적을 포함하는데 이는 복조시에 얻어지는 동기 오차에 의해 조정된다. 이러한 동기 과정은 매우 다양한 구조가 개발되어 있는데 기본적으로 PLL과 같은 구조를 가진다.

반송파 동기로는 square loop이나 Costas loop 계열이 많이 쓰이는데 최근에는 ACT(adaptive carrier tracking) 방식에 의한 복조방식도 제안되었다. ACT는 일반적인 반송파 재생회로와는 달리 재생 반송파의 위상을 독립적으로 직접 제어하고 랜덤 FM 잡음을 보상하는 것에 의해 페이딩 환경하에서 복조 특성을 향상시키고 있다. 비트 동기로는 early late gate 등의 wideband 동기나 상관기(correlator) 대신 필터를 사용하는 narrowband 동기가 쓰인다. 부호동기로는 지연동기루프(DLL: delay locked loop) 등이 많이 쓰인다.

## 4) 오류정정 부호화(error correction coding) 기술

디지털 통신을 사용하게 되는 큰 이유중에 하나로 디지털 데이터의 전송시 적절한 redundancy 데이터를 섞어주면 수신시 채널 전송 오차를 검출 또는 정정해 줄 수 있는데, 이는 전송오차를 줄이기 위해 송신 전력을 올려야만 하는 아날로그 통신과는 달리 rate의 증가로 전송 오차를 줄일 수 있으므로 interference-limited된 셀룰라 환경에서는 더욱 유리하다.

채널부호화 방식에는 일정 길이의 블럭단위로 부호화하는 블럭코드(block code)와 컨벌루션 코드(convolutional code)가 있는데 같은 rate에서 컨벌루션코드가 성능이 우수한 반면에 복호과정은 훨씬 더 복잡하다. 이동 통신용의 채널 부호로는 세계적으로 컨벌루션코드를 채택하고 있으며, 복호방법으로는 Viterbi 알고리즘을 많이 사용한다.

채널 부호를 사용하면 음성부호화로 압축한 대역을 다시 늘리게 되므로, 그 비트 중요도에 따라 분류한 후 중요한 비트들만을 채널 부호화함으로써 rate의 증가를 최소로 줄이는 방법을 쓴다. 과거에는 먼저 '0'과 '1'로

경판정(hard decision)을 해준 후 복호해 주었는데 최근에는 판정에 앞서 데이터의 값을 '0'과 '1' 사이의 적절히 양자화 한후, 복호과정에서 가장 적절한 값으로 판정을 해주는데 이를 연판정(soft decision)이라고 부른다. 연판정은 경판정에 비해 3dB 정도 우수한 성능을 가지지만 훨씬 많은 계산을 필요로 하여 DSP의 구현이 필수적이다.

#### 5) FM 처리부

제 2차 IF 증폭기의 출력신호 limiter를 거쳐 신호진폭을 제한시킨후 주파수 변별기 등에 의해 복조한다. 복조회로는 세라믹 변별기, quadrature 검파기, Foster-seeley 검파기, 비검파기(ratio detecton), 지연선 검파기, 펄스카운트 검파기 등이 있다.

### 3. 음성신호처리(Speech Signal/Audio Processing) 부

#### 1) 음성 부호화(voice coding) 기술

기본적으로 디지털로 변환된 신호는 원래의 신호보다도 훨씬 넓은 대역을 갖는다. 4KHz의 대역을 갖는 음성 신호는 64Kbps PCM(pulse coded modulation)의 경우 64KHz의 대역을 갖는다. 실제로 변조까지 생각하면 아날로그 변조 신호의 대역은 FM(frequency modulation)이 30KHz, AM(amplitude modulation)이 8KHz로 기저 신호의 대역보다 커지지만, 디지털 변조는 변조 효율이 보통 1bps/Hz 이하로 기저 신호의 대역 보다 더 작아진다. 그러나 디지털 방식을 쓰면 음성 신호에 담겨 있는 redundancy를 제거하여 전송률을 줄이는, 즉 대역을 압축하는 것이 가능해진다. 최근에는 DSP 알고리즘의 발달로 음성의 생성 모델을 이용하여 4.8Kbps 이하로 대역을 압축하는 것이 가능해졌다.

이러한 부호화 방식의 구조는 사람의 성도(vocal tract)를 모델링하는 short-term filter와 음성의 주기적인 redundancy를 모델링하는 long-term filter, 그리고 필터의 입력 신호로 쓰이는 여기 신호의 부호화 과정으로 나뉘어진다. 필터 계수의 계산은 일정 구간 동안 데이터를 분석하여 이루어지며, 복호 과정에서 음성을 합성하는데 쓰인다. 필터의 입력 신호는 모델링이 불가능한 잡음 성분으로 VSELP(vector sum excited linear prediction)의 원형인 CELP(code excited linear prediction)는 미리 저장된 vector code를, RPE(regular pulse excited)는 필터로 예측되고 남은 잔여 신호를 등간격의 펄스열로 대치함으로써 이루어진다. 이러한 부호화 과정은 음질을 최상으로 좋게 하기 위하여 분석/합성(analysis-by-synthesis) 방식에 의해 합성 신호와 원신호의 오차가 최소가 되도록 하는데, 오차 기

준으로 인간의 청각 특성을 고려해줌으로써 S/N비는 다소 떨어지더라도 사람이 듣기에 좋도록 해준다. 이와 같이 사람이 느끼는 주관적 음질을 좋게 하기 위하여 VSELP에서는 복호화후 spectral postfilter를 사용하기도 한다.

#### 2) 불연속 전송(DTX: discrete transmission)

통화시간중 음성이 있는 구간은 실제로 40%에 불과하므로, 이를 이용하여 대화가 멈춰 있는 시간에는 RF 전송을 중단하는 것을 말한다. 이와 같이 하면 전력 소모를 줄일 수 있을 뿐 아니라 동일 채널 간섭을 줄여 주파수 재사용률을 늘릴 수 있다. 또한 채널 전송이 중단된 빈 채널을 다른 사용자가 공유하게 함으로써 셀 내에서의 통신량을 약 2배 가량 늘릴 수도 있다. 이를 위해서 부호화시 음성의 존재 유무를 검출하는 VAD(voice activity detection)이 필요하고, RF 전송이 중단되었을 경우에는 수신측서 송신측의 배경 잡음을 기억하고 있다가 인공적으로 합성해냄으로써 스위칭에서 기인하는 불쾌감을 없애주어 통화가 계속 연결되어 있다는 느낌을 주게 해준다.

#### 3) 반향제거(echo cancellation) 기술

좁은 공간에서 수화기의 소리가 너무 크거나 차안에서 핸드 프리 기능을 사용할 경우에는 수화기의 소리가 다시 송화기로 입력되어 수신자측으로 반향이 일어나므로 부호화에 앞서 이를 제거할 필요가 있다. 이를 위해서는 수신 신호가 존재할 때 송화기로 들어오는 신호에서 수신 신호 성분과 상관 관계가 높은 신호를 제거해 주어야 하는데 적응 필터 알고리즘을 이용한다. 이와 같은 음향적 반향외에도 hybrid transformer의 impedance matching에 의한 전기적 반향이 있는데, 셀룰라 시스템에서는 cell site에서 유선망과의 연결에서 발생한다.

#### 4) Audio processing 기술

오디오 처리부는 수신 오디오신호 처리부, 송신 오디오신호 처리부, SAT(supervisor audio tone) 처리부, DTMA(dual tone multi frequency) 발생기 등으로 구성되어 있다. 수신부로부터 수신된 신호에서 음성신호 및 SAT, 아날로그 모드 데이터 등의 신호가 포함되어 있어 음성대역 BPF를 사용하여 음성신호를 추출한다. 이 신호는 deemphasis 및 expander(1:2)를 통과하여 본래의 음성신호로 재생한 후 적당한 양으로 증폭되어 스피커로 보내진다.

마이크로폰으로부터의 음성신호는 음성대역 BPF를 거쳐 대역외의 노이즈를 감쇄시키고 압축기(2:1) 및 preemphasis를 통과한 후 deviation 리미터를 거치면



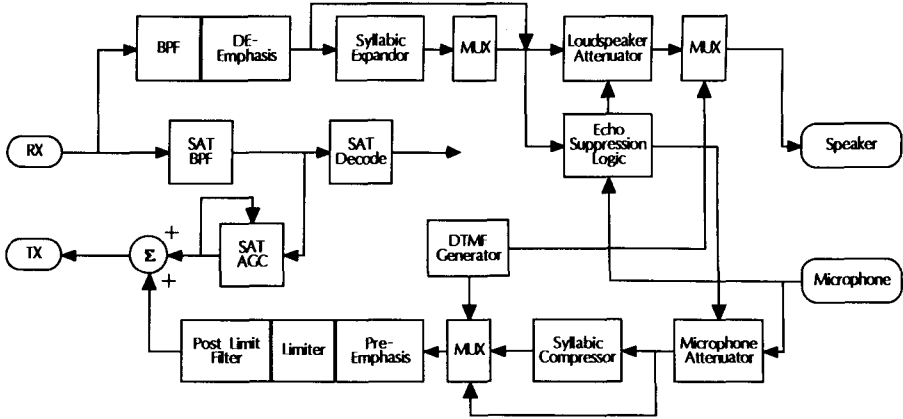


그림 3. Audio processing 부

상당량의 고주파가 발생하게 되므로 다시 저역통과필터 (LPF)를 거쳐 데이터 및 SAT 신호와 함께 변조부로 보내진다.

SAT 회로는 수신부로부터 복조된 미약한 SAT 신호를 검출하여 다시 송신시키는 구조로 되어있다. 수신 전계 강도가 매우 미약한 지역에서의 수신 SAT 신호는 주위의 노이즈 신호에 의해 많이 왜곡되어 있으므로 이를 검출하기 위하여 선택도가 매우 높은 PLL을 이용한다. 검출된 신호는 대역 제한용 BPF를 거쳐 변조기를 공급된다.

4. 무선 채널 극복 기술

이동환경에서의 무선채널은 다경로 페이딩에 의해 심각한 장애를 받는다. 기존의 아날로그 방식에서는 페이딩 마진(fading margin)을 고려하여 신호의 세기를 크게 해주는데, 이는 주파수 재사용거리를 작게 만드므로 바람직하지 못하다. 따라서 페이딩을 극복하기 위한 적절한 방법은 다이버서티(diversity)에 의한 신호처리 기술이다. 다이버서티란 상관관계(correlation)가 적은 여러 전송경로의 신호를 처리하여 페이딩에 의한 열화를 완화시키는 기술로서, 전송경로의 형태에 따라 다음과 같이 분류된다: (1) 공간(space), (2) 주파수(frequency), (3) 시간(time), (4) 편극(polarization), (5) 지향각(angle) 다이버서티. 이 중에서 이동통신에서 가장 많이 쓰이는 것은 흔히 안테나 다이버서티라고 하는 공간 다이버서티로 아날로그나 디지털에 관계없이 매우 효과적이다. 주파수나 시간 다이버서티는 채널효율이 떨어지므로 이동통신에서는 그리 적합하지 못하다. 그러나 디지털 방식을 사용함으로써 채널효율을 저하시키지 않고 이러한 효과를 낼 수 있는 뛰어난 기법

들이 개발되었다. 한편 CDMA와 같이 광대역을 사용하는 통신 방식은 근본적인 주파수 다이버서티의 효과를 갖는다.

1) 안테나 다이버서티

보통 다이버서티의 대명사로 쓰이는 안테나/공간 다이버서티는 수신 신호의 반파장 ( $\lambda/2$ )만큼 떨어진 위치에서 상관관계가 없는(상관계수 0.2 이하)-즉, 페이딩 패턴이 다른-신호를 수신하여 이 신호들은 적절히 처리하므로써 페이딩이 보다 감소된 신호를 얻을 수 있다. 이와 같이 여러 경로의 신호들을 처리하는 기술을 combining이라고 하며, 그 방식에 따라 selective, switched, maximal-ratio, equal-gain 안테나 다이버서티가 있다. 성능에 있어서는 maximal-ratio 방식이 가장 우수하지만, 경로간 위상동기 등 회로가 복잡하고 실시간 구현이 어려워 보통 selective 방식이 많이 사용된다. 그러나 selective 다이버서티는 2개의 수신단이 필요한 단점이 있다. 그러나 TDMA 방식을 사용하므로써 preselection 방식에 의해 하나의 수신단만을 가지고도 구현해 줄 수 있으며, 가장 최근의 기술로는 타임슬롯의 할당 직전에 두 경로의 신호를 측정하여 신호의 세기를 예측하는 PASD(predictive antenna selection diversity) 방식이 있다.

일반적으로 다이버서티 기술은 그 전송 경로의 수가 많을수록 우수한 특성을 보인다. 안테나 다이버서티의 경우에는 안테나의 수가 많을수록 좋지만 차량이나 단말기를 안테나의 발로 만들 수는 없으므로 보통 2개의 안테나만을 사용한다. 이러한 안테나 다이버서티는 수신측에서만 구현할 수 있으므로 단말기에의 적용이 유리하나 아직은 보통 기지국에서 사용되고 있다. 단말기의 설치시 900MHz대에서는 반파장의 길이가 16cm

정도 되므로 소형화에 장애요인으로 작용할 수 있다. 그러나 GHz 대를 이용하는 PCN(personal communication network)의 경우에는 파장이 훨씬 짧아져 설치가 더 용이해진다.

## 2) 인터리빙(interleaving)

디지털 셀룰라 방식에서는 페이딩에 의한 연접에러(수 비트 연속적인 burst 에러)를 극복하기 위하여 오류정정 부호화를 이용하는 것과 함께 에러가 연속적으로 발생하지 않게 프레임 신호를 여러개의 타임 슬롯에 인터리빙(interleaving)하여 송신하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 방식은 타임슬롯을 추가로 사용하지 않고도 시간 다이버시티의 효과를 갖는다. 유럽 방식은 다이버시티의 효과를 더욱 좋게하기 위하여 인터리빙과 함께 뒤에서 다물 주파수 도약(frequency hopping)과 맞물려 적용한다.

## 3) 등화(equalization) 기술

앞서 언급했듯이 이동 무선 채널에서는 다경로 특성 때문에 수신된 펄스 신호가 송신시의 펄스 간격보다 넓게 퍼지게 되어 심벌간 간섭을 겪게 된다. 이는 심벌의 간격이 적을수록, 즉 데이터의 rate가 높을수록 여러 심벌에 걸쳐 영향을 미치므로 더욱 더 심각하게 된다. 등화방식에는 transversal 필터의 구조를 갖는 선형 등화기와 비선형인 DFE(decision feedback equalizer)와 MLSE(maximum likelihood sequential estimation) 등화기가 있다. 비선형 등화의 경우엔 보통 prefilter의 처리후 이루어진다.

심벌간 간섭은 다경로 전파에 의한 지연에 의한 것이므로 판정 데이터의 귀환 루프를 통해 등화하는 DFE가 선형 등화에 비해 우수한 성능을 가진다. 가장 좋은 성능을 갖는 최적의 등화방식으로는 Viterbi 알고리즘을 이용하는 MLSE 등화기이다. DFE가 비교적 간단하면서도 성능이 좋으므로 많이 쓰이는데, 최근에는 고속의 DSP 회로 구현이 가능하므로 계산량이 많은 MLSE 등화기를 사용하는 추세이다. 선형 등화기와 DFE는 적응 필터를 이용하는데, transversal 필터 구조 대신에 그 등가 형태인 격자형(lattice) 필터를 사용하기도 한다. 또한 적응 알고리즘으로는 LMS(least mean square), RLS(recursive least square), Kalman 알고리즘등 매우 다양하게 있으므로 그 응용에 따라 수렴 속도, 복잡도, 성능, 구현상 잇점등을 고려하여 선택되어야 한다. 선형 등화방식에서는 비트 동기를 쉽게하기 위하여 등화기의 동작속도를 클럭 속도보다 빠르게 하는 fractionally-spaced 방식이 있다.

한편 변화하는 채널의 임펄스 응답을 추정하기 위하

여 이미 알고있는 preamble 또는 midamble 신호를 이용한다. 채널 특성의 추정을 위해서는 midamble을 사용하는 것이 더 좋으나, 대신에 양끝에 tail bit를 필요로 한다.

CDMA 방식은 고속의 chip rate를 갖는 디지털 신호를 전송하므로 time delay spread 현상에 의해 심각한 전송 왜곡이 생기지만, 확산 대역 통신이 갖는 근본적인 frequency diversity 특성으로 인하여 정보의 손상은 오히려 미비하다. 더욱이 고속의 chip rate에서 동작하는 등화기를 구현하기는 매우 힘들므로 CDMA 방식에서는 보통 등화기를 사용하지 않는다.

## 4) 주파수 도약(frequency hopping)

특정 주파수 채널에서 극심한 페이딩을 겪는 단말기는 같은 위치일지라도 다른 주파수 채널을 사용하게 되면 심한 페이딩을 겪지 않을 가능성이 높다. 유럽 방식에서는 한 시스템내의 모든 단말기들이 주기적으로 주파수 채널을 바꾸게 하는데, 이는 대역확산 통신 방식의 FH(frequency hopping) 방법과 비슷하다. 그러나 대역 확산 방식에서는 비확성을 목적으로 각 비트 구간내에서 고속으로 변환되나, GSM에서는 페이딩을 극복하기 위한 취지로 타임슬롯 단위로 변환된다. 이를 대역확산 통신 방식의 FH와 구별하기 위하여 slow FH 방식이라고도 한다. 이 방식은 엄밀히 말해서는 페이딩의 극복이라기 보다는 페이딩의 회피라고 볼 수 있다. 왜냐하면 이와 같이 하면 페이딩을 겪지 않던 단말기도 주기적으로 페이딩을 겪을 수 있으므로 시스템내의 모든 단말기에 페이딩을 확률적으로 분산시키는 효과를 갖기 때문이다. 이를 구현하기 위해서는 주파수 합성기가 통화 유지에 영향을 미치지 않을만큼 신속히 변환할 수 있어야 하며, TDMA의 경우에는 타임슬롯을 이용하므로 더욱 쉬워진다.

## 5) RAKE 수신기(receiver)

다경로 페이딩에 의한 지연 왜곡을 극복하기 위하여 수신단에서 여러 path로 적당한 시간만큼 지연시켜, 각 path에서 복조된 신호들을 결합(combining)시키는 방식이다. 이 방식은 등화처리가 어려운 직접확산방식에 많이 이용된다.

## 6) 간섭제거(interference rejection) 기술

대역확산통신방식이 간섭에 매우 강하지만 간섭신호가 확산신호보다 어느 정도 이상 강하면 통신에 어려움을 겪게 된다. 이를 극복하기 위한 방안으로 이동국간의 신속한 전력제어(power control)를 취하는 방법이 있으나 예상치 못한 간섭신호를 극복하기 위해서는 더 나은 방법이 요구된다. 이를 위한 방법으로는 복조에 앞서

적응신호처리(adaptive signal processing) 알고리즘을 이용하여 협대역 간섭 신호를 억압시키는 기술이 있다. 그러나, 이 기술은 동작 속도가 매우 높으므로 디지털 신호 처리가 곤란하여 SAW나 CCD 소자로 이용하여야 가능해진다. 또한 정확한 동작을 위해서는 최근 연구되고 있는 고속 디지털신호처리(high-speed DSP)를 이용해야 할 것이다.

이외의 주요 기술들로는 무선 인터페이스를 위한 궤환출력제어(feedback power control), 적응출력제어(adaptive power control), 간섭검출(interference detection), 기술등이 있으며 저전력 소모를 위한 간헐수신(intermittent receive) 기술이 매우 중요하다. 또한 휴먼 인터페이스를 위한 핸드 프리(hand free) 기술을 위하여 음성 인식 기술이 널리 사용될 전망이다.

### 5. 각 방식의 기술 비교

디지털 방식의 이동국은 아날로그 방식에 비하여 주로 음성 부호화와 모뎀 기능으로 인하여 큰 복잡도(complexity)를 갖는다. 미국의 TDMA 방식의 경우 계산량이 총 40 MIPS(million instructions per second)정도로 워스테이션과 맞먹는 양이다. CDMA(code division multiple access) 방식은 고속의 동작 속도로 인하여 이 보다 매우 큰 계산 능력이 요구된다. 그림 4는 각 방식의 이동국의 복잡도를 비교하고 있다. TDMA 방식은 버스트 신호의 제어와 동기화의 구현이 주 과제이다. 특히 동기화의 계산량은 전송률에 비례하여 270.833Kbps의 유럽 방식이 48.6Kbps의 미국 방식에 비해 5배의 계산능력이 요구된다. 이에 비하여 음성 부호화기는 유럽 방식이 6MIPS, 미국 방식이 16MIPS 정도이다. 또한 미국 방식은 선형 전력증폭기가 어려운 과제이다. CDMA 방식은 고속동작의 어려움외에도 고속의 출력제어 기술이 요구된다. 한편 TDMA에서와 같이 동기화가 필요하지는 않으나 RAKE 수신방식을 사용하므로써 수신부의 복잡도를 배가 시킨다. 음성부호기의 계산량도 TDMA 방식보다 다소 크며, 특히 컨벌루션 부호의 메모리가 커서 Viterbi 복호기의 계산량이 훨씬 크다.

### III. 구현기술 동향

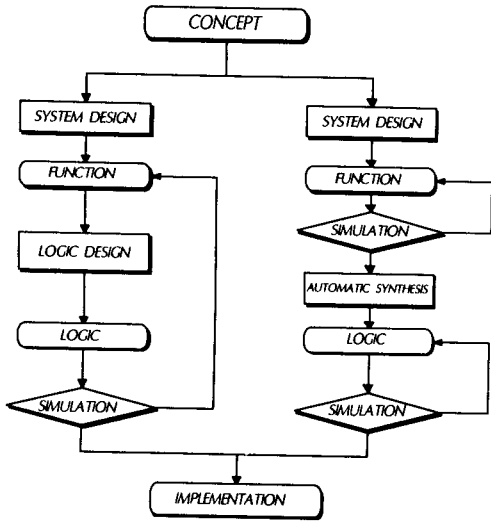
앞서 다룬 신기술의 도입과 디지털화가 이루어지면서 단말기의 소형 경량화, 저 소비전력화를 위한 새로운 구

Complexity Factors	AMPS or	TDMA	DS-COMA
	Narrow AMPS		
Transmitter Power control	×	×	×
Power Amplifier	×	×	×
VCO and Synthesizer	×	×	×
Analog Signalling Channel	×	×	×
Microprocessor Control	×	×	×
TDMA Control		×	
Delay spread Equalizer		×	
Voice Coder /Decoder		×	×
A /D and D /A Converters		×	×
Mobile Assisted Handoff		×	×
Convolutional Coder /Decoder		×	×
Interleaving		×	×
Linear RF Modem		×	×
Hands Free Echo Cancellor		×	×
RF Isolation			×
Dual Bandwidth IF			×
Viterbi Decoder			×
3 Branch Rake Receiver			×
Digital Signalling Channel			×
Pilot Acquisition and Maintenance in Standby			×
RELATIVE COMPLEXITY	1	25	4

그림 4. 방식에 따른 이동국의 구현 복잡도

현기술들이 개발되고 있다. 과거 아날로그 회로들이 디지털 신호처리화 되면서 VLSI 칩으로 집적화 되는 동시에 무선부 회로의 부담이 줄어들게 되었다. 디지털 회로와 같이 무선부 회로도 MMIC(monolithic microwave IC) 기술에 의해 집적화 되는 추세이며, 개별 부품 또한 소형화가 진전되고 있다. 또한 이러한 소자들의 장착기술인 패키징 기술도 눈부신 발전이 이루고 지고 있다.

한편 시스템이 집적화 되면서 개발 환경도 급변하고 있다. CAE(computer aided engineering) 장비의 발전으로 실제 상황과 거의 같은 시뮬레이션이 가능하게 되었으며, 로직합성(logic synthesis) 기술을 이용한 high-level design이 실용화 되고 있다. 이로 말미암아 시스템 설계 과정과 반도체 설계 과정의 간격이 줄어들어 개발기간이 단축되고 설계의 수정이 용이하게 되었다. 기존 방법과의 설계과정 흐름도가 그림 5에서 비교되어 있다.



(왼쪽: 기존방식, 오른쪽: 새로운 방식)

그림 5. VLSI 디자인 흐름도

1. 무선부

무선부의 주요한 기술 추세는 집적화에 있다. 반도체 레벨에서의 MMIC나 패키징 레벨에서의 HIC가 실용화 되고 있다. 더욱이 디지털 신호 처리의 도움으로 기능은 보다 강력해지고 그 일부는 디지털 신호처리부에서 담당함으로써 보다 간소화 되고 있다. MMIC 기술은 크기, 전력소모 등 많은 장점을 가지고 있으나 수율이 문제되어 아직은 일부에만 적용되며, 아직은 MIC나 HIC가 많이 사용되고 있다. 그림 6에서 MMIC와 HIC를 비교하여 놓았다.

반도체 소자로는 GaAs가 저잡음 특성을 갖고 저전력을 소모하므로 최근 부각되고 있으나, 가격이 비싸고 초고주파 대역에서 유리하므로 전력증폭기나 LNA 등 일부에서만 쓰이고 있다.

2. 디지털 처리부

디지털 처리부는 기능적으로 모뎀과 음성부호기 등의 디지털신호처리부의 제어기능을 담당하는 로직처리부가 있다. 고속의 디지털 VLSI 기술이 발달하면서 과거 아날로그로 처리해주던 부분들도 점차 디지털 신호처리로 구현되고 있다. 특히, 아날로그 신호와 디지털 신호 사이의 변환 기능을 담당하는 모뎀 회로는 과거에는 아날로그와 디지털 회로의 혼합으로 구성되었으나 근래에는 디지털 신호처리로 구현되는 추세이다. 따라서 IF단 또는 RF단과의 아날로그/디지털 변환기에 의한 연결이 필요한데 이를 기저대역코덱(baseband CODEC) 이라고 한다. 최근에는 직교변조기를 디지털 회로로 구현하는 전 디지털(all-digital) 방식과 듀얼모드(dual mode) 방식의 아날로그 FM 처리부와 오디오 처리부를 디지털 신호처리로 해주는 방식들도 제시되고 있다.

디지털 신호처리부의 구현으로 주문형 집적회로(ASIC: application specific IC)로 하는 것과 디지털 신호처리기(digital signal processor)로 하는 두가지 방식이 있다. ASIC은 전력소모와 속도면에서 우수하며, 칩 가격이 싸므로 대량생산시 저가격화를 위해서 꼭 필수적이나 개발에 많은 시간과 노력이 든다. 또한 아날로그 회로와 혼합(mixed)되어 구성할 수 있는 장점이 있다. 디지털 신호처리기는 소프트웨어로 구현되므로 디지털 신호처리기의 구현이 위험 부담도 적고 개발기

	HIC	MMIC
Advantages	Lower costs in general Easily repaired Testing and tuning easy Wide variety of elements Lower transmission line loss High Q performance	Small size and weight Improved reproducibility and reliability Broader frequency band performance Low cost in large quantity Circuit design flexibility
Disadvantages	Large size Limited bandwidth More parts Lower reliability	High materials costs Limited element values Higher transmission line loss No circuit tuning

그림 6. HIC와 MMIC의 비교

간이 단축되며, 더욱이 디지털 신호처리는 수정이 용이한 장점이 있다.

최근에는 이를 감안하여 특정 응용분야에 맞게 설계된 디지털 신호처리기(application-specific DSP)와 디지털 신호처리 코어(core)를 중심으로 하여 ASIC과 통합하는 주문형 디지털 신호처리기(custsm DSP)가 등장하였다. 특히 음성부호화기나 복조부와 같이 복잡한 신호처리 알고리즘을 사용하는 부분은 프로그램 가능한 디지털신호처리 코어를 기본적으로 해서 시간을 많이 소비하는 반복적인 기능이나 디지털 신호처리로 비효율적인 부분만 ASIC으로 구현하는 것이 효율적이다. 그러나, 이러한 방법들은 전력소모, 크기, 단가, 개발비 및 용이성 등을 고려하여 선택되어야 한다.

한편 디지털 신호처리기는 일반 CPU(control processing unit)에 비하여 매우 다양한 구조를 가지므로 그 선택이 매우 중요하다. 크게 고정소수점(fixed-point) 방식과 부동소수점(floating-point) 방식이 있는데 음성통신용으로는 16비트의 고정소수점 방식이 일반적이다. 부동소수점 방식은 dynamic range가 크고 truncation 오차가 작으므로 신호대 잡음비가 크다. 또한 C와 같은 고급 언어 레벨에서 프로그램을 개발할 수 있는 가능한 장점이 있으나 고정소수점 방식보다 속도가 느리고 가격이 비싸다.

이 외에도 아날로그 영역에서 동작하는 통신용 신호처리 소자로는 SCF(switched-capacitor filter), CCD(charge-coupled device), SAW 등이 있다. SCF는 주로 기존의 상용 모델 등에 쓰이고 CCD, SAW 소자들은 확산대역 통신에서 고속의 상관기로 쓰인다. 이들은 각기 크기, 전력소모, 사용대역(또는 동작속도), dynamic range 등에서 각기 다른 장점을 갖고 있어 모델의 구현에 응용할 수 있다. 더욱이 SCF, CCD 등은 단일칩(monolithic IC)으로 구현이 가능한 잇점이 있다.

CPU, ROM(read only memory), RAM(random access memory), EEPROM(electrically erasable ROM), gate array 로직으로 구성되는 제어부는 최근의 1-chip micro-controller의 ASSP(application specific standard product)화 추세로 무선전화용으로 다양한 주변 장치들을 집적한 IC들이 나오고 있다. 이러한 IC들의 기술추세는 저소비전력화 및 고속화와 다기능 집적화가 이루어지고 있다. ROM, RAM, EEPROM의 내장은 물론 A/D 및 D/A 변환기, PWM(pulse width modulator), bus interface 기능을 내장한 것들이 있으며 최근에는 디지털 신호처리 코어를 내장한 것도 개발되었다.

### 3. 소형 경량화 및 저소비 전력화 기술

앞서 언급하였듯이 이동국, 특히 휴대형 단말기는 기본적으로 갖추어야 할 성능 뿐 아니라 보다 사용자가 쓰기 편리하도록 하기 위하여 소형, 경량화와 저소비 전력화가 매우 중요한 설계 요인이 되어, 실제적으로 제품 경쟁력의 최대 관건이 되기도 한다. 전지를 사용하는 단말기의 경우에는 저소비 전력화로 전지의 소형화를 기대할 수 있다.

#### 1) 소형 경량화

단말기의 소형경량화 방안은 다음과 같은 방안으로 전개되고 있다.

- 회로의 고집적화
- 부품의 소형화
- 부품수의 절감
- 실장방법의 최적화

회로의 고집적화로는 RF부의 GaAs MMIC화, IF부의 LSI(large scale integrated) 또는 HIC화, 주파수 합성기, 모델, 제어부 등의 1칩 ASIC화가 있다. 부품의 소형화로는 고유전율 세라믹, SAW 필터에 의한 듀플렉서 및 고주파 필터의 소형화, 초소형 표면실장소자(SMD:surface mounting device)화, 안테나의 소형화, 고효율 전지에 의한 소형화 등이 있다. 뿐만 아니라 회로 구성을 간단히 함으로써 소형화를 이룰 수 있는데, 이와 같은 것들로는 직접변환 방식의 채용, 고성능 VCO(voltage controlled oscillator)에 의한 발전기용 필터 제거, isolator의 제거 등이 시도되고 있다. 실장 방법도 최적화 하기 위한 것으로 소자의 최대 높이를 가능한한 줄이고, 부품과 기판의 정렬을 최적화하며, 다층 인쇄회로기판(PCB:printed circuit board)에 의한 1 기판화, LCD(liquid crystal display)와 같은 표시조각부의 최적실장, laser soldering 등의 고밀도 장착 기술의 개발, RF 필터일체형 내장안테나 등이 있다. 이와 같은 예로서 최근 외국에서 개발된 최소형(150cc)의 아날로그 셀룰라 단말기의 주요 기술들을 도시하면 그림 7과 같다.

특히 근래에 와서 표면실장 소자와 고밀도 실장(packaging) 기술이 각광을 받고 있다. SMD는 고밀도 실장을 위하여 편이 아닌 표면으로 장착되는 소자로 저항, 콘덴서의 1005(1mm×0.5mm)의 초소형화, 이형부품 등 모든 부품의 SDM화, 치수의 표준화가 이루어지고 있으며 저항, 콘덴서를 복합화 한 SMD도 개발될 전망이다.

패키징이란 반도체 칩을 외부환경으로 부터 보호하며 칩과 기판 등을 연결하는 배선기술을 말한다. 이동성 및

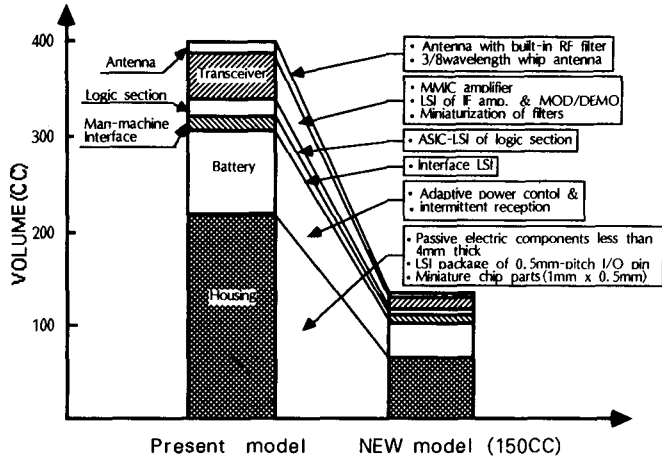


그림 7. 소형화 주요 기술

고신뢰도가 요구되는 이동통신에서의 패키지는 작고 큰 용량을 가지며, 액세스(access) 시간은 빠르고 저가격이어야 한다. 이러한 요구사항을 만족시키는 방안으로 크게 3가지 패키징 방법이 있다.

1차적으로 단일칩의 경박 단소화로써 VLSI를 이용한 고밀도화와 200 핀 이상의 다핀화, 0.5 $\mu$ m 이하의 fine pitch화, 1mm 이하의 두께 등으로 보드면적을 효율적으로 활용할 수 있다. 다음 단계로 HIC와 다중칩모듈(MCM : multi chip module)을 사용한 여러 칩의 집적화로서, 기존 PCB에 실장시 보다 면적을 축소화 할 수 있다. 이 때 HIC는 저가격, 보수 용이성, 다양한 부품사용 가능성 등으로 저밀도 및 상대적으로 큰 면적 등의 불리함에도 불구하고 계속 사용되고 있다. MCM은 보다 높은 처리속도와 저가격화, 고신뢰도, 최소 면적화의 장점으로 최근 각광 받는 기술이다. MCM은 bare chip(또는 flip chip)들을 미세 패턴이 형성된 기판위에 직접 실장하여 단일칩 패키지에 의한 보드 면적의 비효율을 줄일 수 있고, 단일 칩 패키지와 수 백개 이상의 I/O(input / output)를 다층 배선망 기판에서 수용하여, PCB의 배선 난이도를 크게 감소시켜 보드 면적의 효율화와 성능향상 및 신뢰도를 증가시킬 수 있다. 아직은 고성능컴퓨터 등의 초고속 처리소자에 사용되어 왔으나 앞으로는 통신기기 등에도 사용될 전망이다. 그러나 MCM은 설계시 전기적 잡음 및 열적 simulation 등에 의한 충분한 고려가 있어야 하는 어려움이 있다.

마지막으로 단일칩 또는 HIC, MCM 등을 인쇄회로 기판에 실장시 더욱 고밀도화와 고속성의 인쇄회로기판을 사용하여 최종적으로 패키지의 최소화 및 고성능, 고

신뢰도를 가져올 수 있다. 실제 2.54mm 간격의 랜드간에 배선을 2개 정도하는 배선밀도에서 최대 5개를 수용할 수 있는 P & SVH (pad & surface via hole) 기술이 적용되고 있다. 실제 이 기술을 사용하면 같은 층수에서 외형 사이즈를 30~40% 작게 할 수도 있다. 궁극적으로 반도체 웨이퍼 위에 모든 칩 및 보드의 기능을 구현해 보고자 하는 WSI(wafer scale integration) 방법이 있으나, 수율이 낮고 회로 수정이 용이치 못하므로 실용화 되기에는 많은 시간이 필요하리라 본다.

2) 저소비 전력화

저소비 전력회로는 부품수로 감소화 하고 집적화 하는 동시에 고효율 전력 증폭기, 절전형 PLL, 저전력 변조기, 전력소자의 개선에 의한 저전력 DC-DC 변환기 등 저전력 소모 부품이 개발되고 있다. 또한 소자로서 디지털회로에는 CMOS, 아날로그 회로에는 GaAs를 사용함으로써 소모전력 및 전압을 줄일 수 있다. 한편 제어부에서 간결 수신, 송신전력제어를 함으로써 전체 전력을 크게 줄일 수 있으며, 평균소모전류의 감소를 위하여 다중 CPU를 채용하거나, LSI화에 의한 시스템 클럭의 저속화도 시도되고 있다.


통화 시간을 늘리기 위하여 저소비 전력화 이상으로 중요한 것이 고효율 전지의 개발이다. 지난 20여년간 사용되어 온 NiCad(Nidcel Cadmium) 전지는 최근 큰 성능 향상을 가져왔다. 최근에는 cell-power density에서 훨씬 뛰어난 성능을 갖는 NiMH(Nickel-metal hydride) 전지가 개발되기 시작하였다. 이 전지는 에너지 효율이 고성능 NiCad 전지보다 25~30%, 표준 NiCad 전지보다 배 가까이 향상되었다. 수년간에 이 용량은 더

증가될 것이다. NiCad 전지보다 자체방전(self-discharge)이 크고 가격이 비싼 것이 단점이지만 머지않아 NiCad 전지 수준으로 떨어질 것이다.

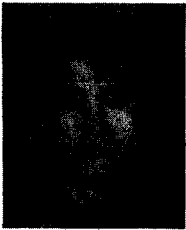
#### IV. 결 론

지금까지 짧은 지면을 통하여 디지털 이동국의 구현을 위한 기술 및 고려 사항에 대해 소개하였으나 많은 점에 있어 부족하리라 본다. 이제 막 아날로그 방식의 설계기술을 확보한 국내 실정으로 볼때 디지털 방식의

실현은 참으로 벅차게 보일지 모른다. 그러나 장기적 안목에서 핵심기술 확보에 투자한다면 충분히 국내 기술력으로도 개발이 가능할 것이다. 특히 국내 제품의 경쟁력 확보를 위해서는 자체기술을 확보함으로써 외국의 특허공세에 대응할 수 있어야 한다.

부품의 국산화를 위하여 소자 기술과 ASIC, MMIC 등의 VLSI 설계기술에 많은 투자가 이루어져야 할 것이다. 전자산업의 기술은 급변하고 있으며 모든 기술은 통합화 되어 “칩안의 시스템(system on silicon)”으로 구현되고 있다. 비록 많은 시간과 노력이 든다 할지라도 앞날을 위하여 기초기술 확보에 힘을 기울여야 할 때이다. 

### 筆者紹介



李 孝 珍

1960年 12月 11日生

1983年 2月 서울대학교 전자공학과

1984年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(석사)

1989年 2月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(박사)

1984年 9月 ~ 1986年 7月 금성전기 연구원

1986年 8月 ~ 현재 금성정보통신(주) 책임연구원

주관심분야 : Spread Spectrum System, Channel Coding, Digital Modulation / Demodulation