



이동통신과 스펙트럼 확산기술

金 泰 昱*
Kim, Tai Ha

I. 국내 이동통신 기술동향

우리나라에서 '84년 셀룰러 이동통신 서비스가 본격적으로 공급된 이후, 이동통신서비스 특유의 이동성, 광역성, 편리성으로 인해 그 수요가 폭발적으로 증가하게 되었고 '90년말 8만 가입자에서 '95년에는 2백만 가입자로 늘어나는 놀랄 만한 성장이 나타나고 있다. 이러한 증가율은 관련산업체와 연구기관, 정부에서도 어느 정도 예측되었던 사항이기는 하였으나 실로 엄청난 파급효과가 전 산업계에 밀려들게 되었고 공급이 수요를 충족시키지 못하는 상황에 까지 도달했다.

이러한 문제는 한국전자통신연구소의 예측을 초월하는 것으로 그나마 우리나라에서 디지털 이동통신 기술개발을 산, 학, 연 합동으로 추진하여 국내 기술로 개발 공급하게 된 것은 시기적절하였고 여간 다행한 일이 아니다.

'89년 정부에서는 이동통신 서비스의 활성화와 이에 따른 부족한 주파수대역 문제를 해결하기 위해 정보통신부(당시 체신부)에서 디지털 이동통신 시스템개발을 추진하게 되었으며 전자통신연구소와 통신산업체, 제조업체의 연합으로 디지털 이동통신 시스템 개발계획을 착수하게 되었다.

이때 국제공동 연구개발 기관으로 미국의 Qualcomm 사가 제안한 CDMA기술로 개발을 진행하게 되었고 '95년 성공적 상용시제품 개발과, '96년 1월에는 세계적으로 CDMA 방식의 최초 상용서비스를 공급하게 되어 CDMA 이동통신 기술력을 과

시하게 되었다.

- '89년:규격작성 착수(서비스, 시스템, 개발체계 등)
- '91년:Qualcomm 사와 공동개발 착수
- '95년:상용 시제품 개발성공
- '96년:상용 서비스 개시('96. 1)

그러나 이 시스템을 개발하게 되면서 산업계와 연구기관 등에서는 CDMA의 개발가능성과 시스템의 안정성 문제로 대내외 많은 시련을 겪게되었고 CDMA 뿐만 아니라 TDMA도 국내표준화되어야 한다는 문제로 전 통신산업계는 한바탕 혼란의 도가니 속에 몰아 넣게 되었다.

따라서 본고에서는 부호분할 다중접속(CDMA: code division multiple access)방식 기술의 근본이 되는 스프레드스펙트럼(SS:spread spectrum)방식의 기본원리와 특징에 대해 간단히 언급해 보고자 한다.

II. 스펙트럼 확산 통신방식

2.1. 개요

스펙트럼 확산통신 시스템(Spread Spectrum communication system:SS 통신 시스템)은 일반적으로 전송하고 싶은 정보신호를 그 Spectrum(대역)보다 월등히(수백~수천) 넓은 대역폭의 신호로 변조하여(확산:spread) 전송함으로써 고품질의 통신을 실현하는 방식이다.

* 전기통신기술사, 기술사사무소 스펙트럼통신기술 대표, 한국통신기술협회 RSG-9 부의장.

- FM 변조: 4KHz 음성신호를 30KHz로 전송 (아날로그 셀룰러)

- PCM: 4KHz 음성신호를 64Kbps로 전송

SS통신방식은 정보신호보다 충분히 넓은 Spectrum 폭을 갖는 Pseudo Noise(PN)code라고 하는 특정의 신호로 변조된 반송파를 정보신호로 변조하여 송신하고 수신측에서는 그 부호로 변조된 신호만을 선택, 수신하는 방식이다.

SS 통신방식은 특정의 부호로 변조된 부호만을 선택수신하기 때문에 뛰어난 비화성과 동시에 각종 방해파 및 잡음의 억제기능을 갖고 있으며, 또 이러한 기능으로부터 동일주파수 대역을 서로 다른 부호로 변조된 신호를 써서 많은 통신채널을 공유할 수 있다.

SS 통신방식은 오래 전부터 연구되어 왔으나, 복잡한 신호처리를 필요로 하기 때문에 장치가 대규모이며 또한 고가였으므로 비교적 경제적 제한사항이 규제되지 않는 군통신 업무에 활용되거나 통신비밀 보호와 전파방해 제거를 목적으로 하는 특수 용도에 사용되는 수준이었다.

그러나 최근의 전자기술의 발전과 반도체 기술 및 신호처리 기술에 힘입어 SS 통신용 장치의 소형화, 고신뢰도화, 저가격화가 예상되어 일반 통신에도 이용 가능하게 되었다.

또한 정보화 사회로의 진입과 더불어 각종 통신 채널의 확대와 통신품질의 향상에 의한 수요가 확

대되고 있으며 무선통신에서는 주파수 대역의 유효 이용이 중요한 과제가 되고 있다.

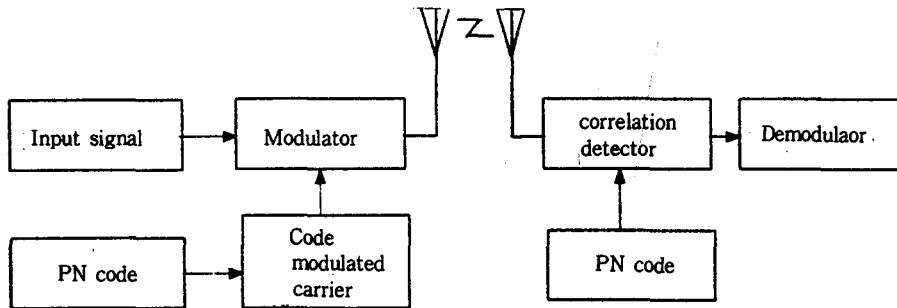
이러한 사회적 환경의 변화에 따라 아날로그 셀룰러 FM 통신 방식보다 가입자용량을 획기적으로 증대시킬 수 있는 디지털 셀룰러 이동통신시스템 개발이 필요하다고 '78년 미국에서 제안되기 시작하였다.

이를 계기로 SS 통신방식이 주파수 대역의 유효 이용이라는 점에서 주목하게 되었고 디지털 셀룰러 이동통신의 국내표준 뿐만 아니라 최근에는 국내 PCS(개인휴대통신서비스)에도 SS 통신방식을 이용한 CDMA 방식이 국가표준으로 고시되었다.

2.2. SS 통신방식의 기본원리

지금까지의 무선통신은 정보원으로부터 발생된 정보신호에 의해 정형파인 반송파를 변조하여 송신하고 수신기에서는 수신신호를 증폭한 후 복조기에 의해 정보신호를 재생하였으나, SS 통신에서는 정보신호보다 월등히 넓은 대역폭을 갖는 PN 코드로 변조된 반송파를 정보신호로 변조하여 송신한다.

수신기에서는 상관검출기(correlation detector)에 의해 수신을 목적으로 하는 부호와 완전히 상관이 있는 신호만을 선택 수신한 다음 복조기에 의해 정보신호를 재생한다.



〈그림 1〉 SS 통신방식 기본구조

SS시스템은 일반적인 디지털 통신시스템에 대역 확산 및 대역환원 기능을 추가하므로써 구성되는데 대역확산 시스템의 송신부는 디지털변조기와 전력 증폭기 사이에 대역확산기를 추가하고, 수신 부는 RF 초단 증폭부와 디지털 복조기 사이에 대역환원기를 추가하므로써 구성된다. 여기서 대역확산기와 대역환원기는 상호 엄격한 동기를 필요로 한다.

SS 시스템은 주파수 대역폭을 확산시키는 방법에 따라 기본적인 세 가지 방식, 즉 직접시퀀스(DS: direct sequence)확산, 주파수도약(FH: frequency hopping)확산, 시간도약(TH: time hopping)확산 방식 등이 있다. 이러한 대역확산 시스템은 신호방해(jamming)와 다중경로전파에 강하고 다원접속에도 이용된다.

대역확산 시스템의 처리이득(PG: processing gain)은 다음과 같다.

$$G_p = W_{ss}/W_d$$

여기서 W_d 는 전송하고자 하는 데이터 신호의 주파수 대역폭이고 W_{ss} 는 대역 확산된 전송신호의 주파수 대역폭이며 디지털 이동통신의 경우는 신호 속도 9.6Kbps에 대해 1.23 MHz로 대역폭이 확산되므로 약 21dB 정도의 확산이득이 된다.

2.3. DS 통신방식

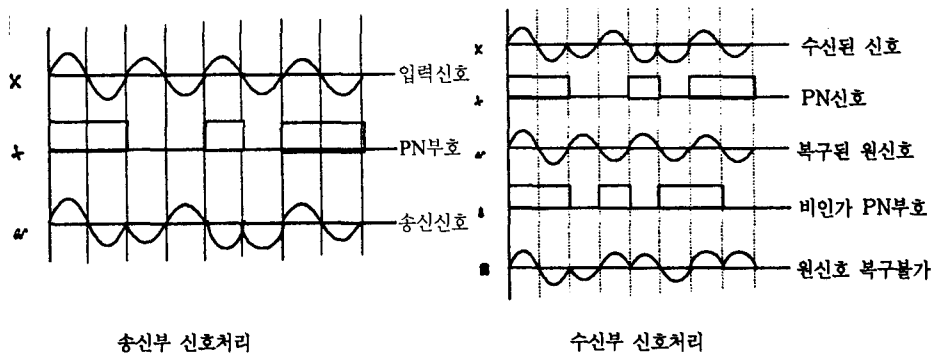
데이터 시퀀스로 변조된 반송파를 광대역 확산신

호(spreading signal)로 직접 변조하는 것으로 DS (Direct Sequence)라 한다. 이 ± 1 로 구성된 확산신호는 확산시퀀스, 즉 확산코드(spreading code)라 하며 주파수 대역 확산된 신호를 전송하면 이 전송신호는 잡음과 간섭, 신호방해 등에 변형되어 수신기에 도달하게 된다. 그러나 수신기에서는 송신기에서 사용한 것과 동일한 확산신호를 수신신호에 곱해주면 수신신호는 확산신호를 대역환원(despreading)을 수행하게 되고 이 신호를 복조기에서 원래의 신호로 복구하게 된다.

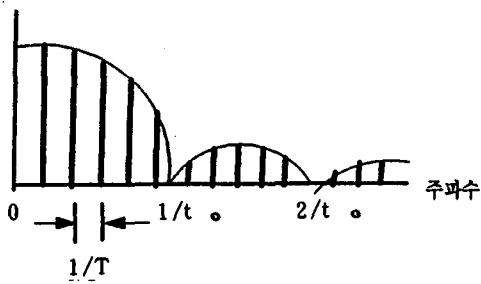
여기서 ± 1 을 곱하는 것은 위상을 반전시키는 것과 같으므로 위상변조인 BPSK, QPSK, MSK 등이 주로 사용되나 여기서는 BPSK변조기 일 경우에 대해 설명하고 있다. DS 방식의 대표적인 예는 BPSK(2상 위상변조)된 반송파를 쓴 경우이며, 송신부에서는 2진 PN 부호에 의해 0° 와 180° 위상이 반전되며 변조된다. 2진 위상 변조된 반송파를 정보신호로 변조된 신호가 송신된다.

수신기에서는 correlation detector에 의해 수신신호와 송신 PN 부호와 동일한 PN 부호를 곱해주면 원래의 신호로 복구하게 된다. 그러나 송신 PN 부호와 상이한 PN 부호를 곱하면 그림과 같이 신호 복구가 불가능하다.

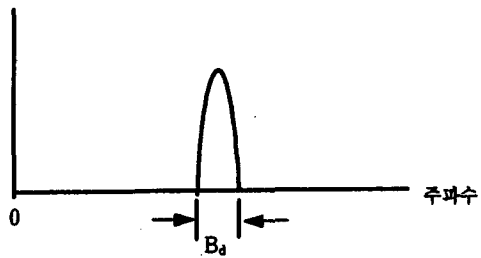
SS 통신시스템에서 PN 코드는 시스템에서 중요한 역할을 수행하고 있다. SS 통신시스템 또는 이



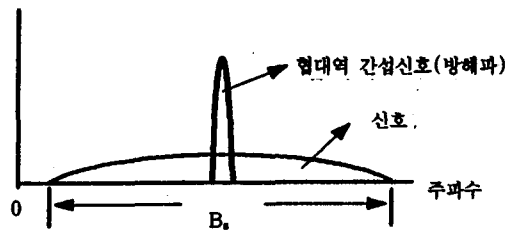
〈그림 2〉 SS 시스템의 신호처리



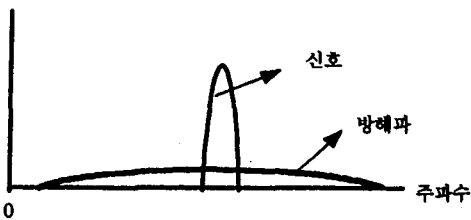
(a) PN코드의 스펙트럼



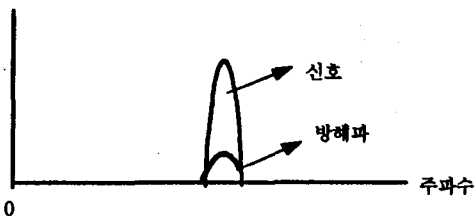
(b) 정보신호의 스펙트럼



(c) 수신신호의 스펙트럼



(d) 상관검파기의 역확산 스펙트럼



(e) 상관검파기의 출력 스펙트럼

〈그림 3〉 SS 통신의 스펙트럼 분포

를 응용한 부호분할다원접속 시스템에서는 각 사용자마다 고유의 PN 부호(확산 시퀀스)를 가지고 있으며 뛰어난 자기상관 특성과 상호간 낮은 상호상관(cross correlation)값을 가져야 한다.

불규칙시퀀스(random sequence)는 이러한 특성을 만족하고 있으나 수신신호를 역확산시키기 위해서는 송신시 사용한 PN 부호와 동일한 부호가 필요하게 되므로, 재생 불가능한 불규칙 시퀀스는 사용할 수 없는 특성이 있다. 그러므로 의사불규칙(PN: pseudo random)시퀀스를 발생시켜 확산 시퀀스로 사용하게 된다. 의사 불규칙 시퀀스를 PN 시퀀스라 하고, 이러한 PN 시퀀스를 이용한 시스템을 직접시퀀스(DS: Direct sequence) 확산대역 시스템이라 하며 DS 시스템의 동작 기능별 스펙트럼 분포는 다음과 같다.

III. SS 특징과 장점

가. 비닉성과 비화성

수신기에서 역확산되기 전의 스펙트럼은 SS 신호가 잡음레벨보다 낮으므로 중심주파수나 확산부호에 관한 정보가 없으면 신호의 존재조차 알 수 없다. 그러므로 군 통신에서 자국의 신호를 숨길 필요가 있으므로 적합한 통신방식이라 할 수 있다. 만일 신호가 노출되었다 할지라도 확산부호를 알지 못하면 원래의 신호를 복구할 수 없어 비닉성, 비화성에 장점이 있다고 할 수 있다.

나. 내 간섭성

노이즈에 신호가 파묻혀 있으므로 간섭이나 방해에 강하다. 또한 기존의 이동통신의 핵심적인 기술이 cell 계획임을 감안할 때 이러한 업무가 획기적으로 개선될 수 있다. 이것은 동일 주파수를 인접 셀 간에 사용해도 PN 부호만 다르다면 사용할 수 있기 때문이다.

다. 페이딩 감소

송신 주파수 대역이 광대역(확산에 의해)이므로

페이딩에 의한 일부대역의 수신신호가 불량해도 다른 주파수에 정보를 추출할 수 있으므로 특히 주파수 선택성 페이딩이나 다중경로 페이딩에 의한 신호감쇄 현상을 줄일 수 있다.

이러한 이유로 SS 통신방식은 오래 전부터 군 통신과 위성통신에 활용되어 왔던 기술로 군 통신용으로는 군사정보의 보호와 적으로부터 전파신호 탐지보호를 위해 사용되어 왔고, 위성통신에서는 위성체의 제어용 신호보호와 관리에 사용되었으며, 특히 GPS(Global Positioning System)에 활발히 사용되고 있다.

민수용으로 사용되기 시작한지는 얼마 되지 않았으며 디지털 이동통신용으로 이 기술을 이용한 CDMA 디지털 기술은 공식적으로 우리나라가 최초로 서비스되고 있다고 할 수 있다.

이 기술의 장점은 당초 미국의 Qualcomm 사에서 제안한 SS-CDMA 방식(우리나라 표준)은 인접 cell 간 동일주파수 사용가능, 음성신호 부호화

(QCELP) 방식에 의한 전송정보 압축 등에 의해 기존의 TDMA(시분할 다중접속) 방식보다 4~5 배의 주파수 이용 효율이 높고, 기존 아날로그(FDMA-FM)보다 약 20배 정도의 주파수이용효율이 높다는 이유로 국내의 디지털 셀룰러 이동통신과 개인휴대통신(PCS)에 적용되고 있으며 국제적으로 여러 나라가 표준화에 관심을 보이고 있는 새로운 기술분야로 앞으로 우리나라의 디지털 이동통신기의 장치(교환기, 기지국, 단말기)와 기술수출까지 기대되고 있다.

•참고문헌

1. 한국전자통신연구소, 주간기술동향 통권 491호, 1991
2. 전자공학회지, CDMA 이동통신특집, VOL.21 NO.1, 1994
3. Don J. Torrieri, Principles of Military Communication Systems, 1986
4. Robert C. Dixon, Spread Spectrum Communication System, 1984