特輯 技術解說

대역 확산 통신 방식

朴 鎭 秀
清州大學校 電子工學科

최근 걸프전을 통해서 미군의 막강한 통신 시스템의 기본 원리가 대역 확산 통신 시스템에 근거하고 있음을 알 수 있다. 이것은 대역 확산 통신 시스템이 종래의 통신 시스템보다 적으로부터 고의적인 전파 방해에 대한 보호 능력이 우수할 뿐만 아니라 정보의 효율적인 보호 능력을 갖추고 있기 때문이다. 대역 확산 통신 방식은 정보 신호를 기저대역 신호보다 훨씬 넓은 대역으로 확산시켜서 전송하는 새로운 통신 방식이다. 이 방식은 정보 신호를 확산시키는데 의사 잡음 부호(pseudo-noise code)를 사용하여 제3자에 의한 고의적인 전파 방해(radio jamming)나 도청을 피할 수 있을 뿐 아니라 단위 대역의 송신 전력이 적으므로 송신 신호의 존재를 은닉할 수 있다는 특징이 있다. 오늘날 제한된 주파수 자원의 고갈로 인한 전송 품질의 저하, 전파 특성에 의한 보안의 취약성, 의도적 혹은 비의도적인 전파방해에 의한 혼신등의 문제가 있으므로 이를 보완하기 위한 기법으로서 확산 대역 통신 방식이 집중적으로 연구되고 있다. 특히 군통신에서는 전자방해방어대책(ECCM)의 일환으로 활발하게 그 응용분야가 확산되고 있고, 더 나아가 개발된 기법들이 단순히 무선통신에만 사용되는 것이 아니라 고정밀 거리 측정장치 혹은 다중화 장치등에 응용되고 있으며 근래에는 유선통신에까지 그 사용영역이 확대되고 있다. 따라서 본고에서는 현대 통신의 논의에 있어서 대역 확산 통신 방식의 원리와 응용을 관찰하지 않는다면 완전하지 않다고 판명되었기에 대역 확산 통신 방식의 원리, 특성, 응용 분야등을 논의하고자 한다.

Ⅰ. 대역 확산 통신 방식의 원리와 특성

C. E. Shannon의 채널 용량 이론에 의하면 통신로상에 신호 대 잡음비(S/N)가 존재하더라도, 오류가 없는 정보를 전송할 수 있는 통신로의 능력(C)과 정보를 전송하기 위한 대역폭(W)과의 관계는 다음과 같다.

$$C = W \log_2 [\, 1 + \frac{S}{N} \,]$$

S/N이 1보다 아주 작은 경우(S/N≪1)이 식은 다음과 같이 된다.

$$\frac{C}{W} = 1.44 \frac{S}{N}$$

따라서 이 식에 의해, 대역폭(W)은 신호 대 잡음비(S/N)에 반비례하므로 대역폭을 충분히 넓힌다면 아주 낮은 신호 대 잡음비(S/N)에서도 통신이 가능하다는 결론이 나온다. 즉, 대역 확산 기법은 전송할 신호의 대역을 미리 충분히 넓혀서 전력 스펙트럼 밀도를 낮춘 후 전송하여 수신단에서는 거의 백색 잡음 레벨 혹은 그 이하의 레벨로 수신되어 송신시 대역을 넓힐 때 사용한 방법을 역으로 사용하여 수신된 신호의 대역폭을 좁힌 후 전력 스펙트럼 밀도가 충분히 커지면 일반적인 통신 방식으로 복조를 행하여 원하는 정보를 검출해 내는 방식이다(그림 2 참조).

대역 확산 시스템에서는 다음의 두가지 특징적인 기준이 있다.

첫째, 전송 대역폭은 반드시 보내려는 신호의 대역폭 또는 속도보다 훨씬 커야한다.

둘째, 변조된 RF 대역폭을 얻기위해 보내려는 정보가 아닌 어떤 또 다른 기능이 포함되어야 하고, 이것은 정보 신호에 대해 독립적이어야 한다.

신호의 대역폭을 넓히는 기법, 확산된 신호를 전송하는 것, 그리고 수신된 확산 신호를 원래의 정보 대역으로 역확산(remapping)시켜서 원하는 신호를 복원하는 것들이 대역 확산 통신에서 가장 핵심적인 요소이다. 부연하면, 이러한 목적에 맞는 대역폭을 만드는 과정에서 수 많은 잡음이 존재하더라도 오류에 무관한 정보를 전송할 수 있게 되는 것이다.

대역 확산 변조를 사용하는 데는 다음과 같은 이유가 있다.

(1) 재머에 의한 고의적인 방해를 방지한다.

(2) 배경(background)잡음과 같이 전송신호를 은닉하는 수단을 제공하고 다른 편에서의 도청을 방지한다.

(3) 다중경로 전송의 저하효과를 방지한다.

(4) 여러 사용자가 같은 전송 채널을 사용하는 방법을 제공한다.

(5) 거리 측정(range-measuring)능력을 제공한다.

Ⅱ. 대역 확산 시스템의 구성요소 및 변조 방법

1. 대역 확산 시스템의 기본적인 파라메타

1) 수행 이득(processing gain) : G_P

대역 확산 시스템의 성능을 평가하는 가장 중요한 파라메타인 수행 이득은 정보 대역과 그것을 전송하기 위하여 사용한 RF 대역간의 대역폭 비(bandwidth ratio)이다.

$$G_P = \frac{BW_{RF}}{R_{INFO}}$$

즉, 수행 이득이 30dB라 가정한다면 그 의미는 전송시 확산된 대역폭이 원래 신호의 대역폭보다 1000배 더 넓어졌음을 의미한다. 따라서 수신단에서 입력 SNR이 −20dB(즉, 신호 레벨이 잡음 레벨의 1/100)밖에 안될지라도 내부에서 신호처리되어 대역폭이 좁혀진 신호는 10dB가 되어 정상적인 통신이 가능한 상태가 됨을 의미한다.

2) 재밍 이득(jamming margin) : M_J

수행 이득은 원하는 신호의 전력 레벨보다 더 큰 전력을 가진 간섭 신호에 직면했을 때에도, 프로세서가 이 수행 이득의 양까지 동작할 수 있다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이러한 악조건하에서도 동작할 수 있는 시스템의 용량을 표현하는 또 다른 척도는 재밍 이득이다.

재밍 이득은 유용한 시스템의 출력 신호 대 잡음비($(S/N)_{OUT}$)에 대한 요구사항과 더불어 내부 손실(L_{SYS})까지 고려하는 양이다.

$$M_J = G_P - \left[L_{SYS} + \left[\frac{S}{N}\right]_{OUT} \right]$$

재밍 이득은 대역 확산 시스템에 대한 분석을 하는데 있어서 주로 사용되는 양이지만 이것은 대역폭과 정보율의 정보만으로는 쉽게 예측하기가 어렵다. 그러나 어떤 주어진 시스템에서 재밍 이득은 그 시스템에서 이용할 수 있는 수행 이득보다 항상 작다는 것을 알 수 있다. 예를 들어, 30dB의 수행 이득과 10dB의 $(S/N)_{OUT}$ 그리고 2dB의 L_{SYS}를 갖는 시스템은 18dB의 재밍 이득을 갖는다. 따라서 원하는 신호상에서 18dB 이상의 간섭이 존재할 때에는 정확한 동작을 기대할 수가 없다.

2. 확산 변조 방식에 의한 분류

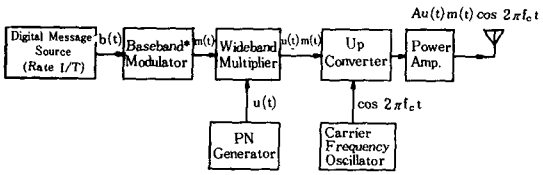
효과적인 확산 변조 기법에는 두가지 가장 일반적인 방법이 있는데 이것을 직접 확산(direct sequence, DS)방식, 주파수 도약(frequency hopping, FH) 방식이라고 한다. 그외 시간 도약(time hopping, TH)방식, chirp 방식과 두개 이상의 기본적인 시스템을 변화시키고 조합시킨 혼합 방식(hybrid method)등이 있다.

1) DS(direct sequence : 직접 확산)방식

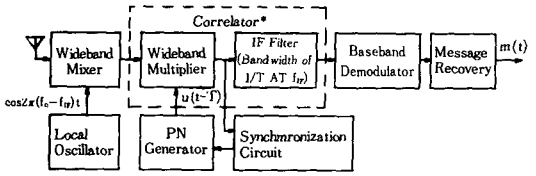
이 기법은 가장 잘 알려지고, 가장 널리 쓰이는 대역 확산 시스템이며 PN 코드(무작위 의사 잡음)로 반송파 주파수를 변조하는 것으로 일명 PN 확산 통신 방식이라고도 한다.

DS 기법의 기본적인 시스템의 블록다이어그램은 그림 2와 같다.

정보신호는 analog 변조나 digital 변조등을 이용하여 1차 변조되고, 그 반송파를 평형 변조기에서 PN 코드와 곱하여 확산 변조한다. 이때 이 PN 코드의 비트율(bit bate)을 기저대역 신호의 속도보다 아주 크게 해주면 확산된 신호의 대역폭은 통상의 협대역 방식보다 수십배가 넘어 큰 처리 이득을 얻을 수 있다. 변조기에서 PN 코드에 의해 변조된 스펙트럼은 그림 2와 같이 대역 확산되며 main lobe의 대역폭은 변조 신호로 사용된 부호열의 클럭 속도의 2배가 되고, side lobe의 대역폭은 부호열의 클럭속도와 같다. 이 main lobe 속에는 신호 전력의 90%가 포함되어 있으므로 이 범위만 수신해도 충분하다는 것이 실험적으로 증명되었다. 따라서 이 범위를 DS 확산 주파수 대역으로 볼 수 있으므로 수행 이득은 다음과 같이 된다.



(a)



(b)

그림 1. 기본적인 DS 송신기 (a)와 수신기 (b)의 블록다이어그램

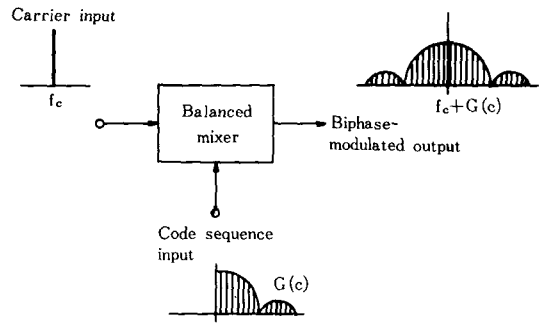


그림 2. DS 스펙트럼

$$G_P = \frac{2f_0}{R_{INFO}}$$

송신기에 의해 전송된 대역 확산된 신호는 수신기에서 송신시 곱했던 똑같은 PN 코드를 곱하여 원래의 정보신호를 얻는다. 이 과정을 상관(correlation)이라고 하는데 PN 코드 신호는 그 자체 신호에 대해서는 최대의 상관을 갖고, 그외 다른 신호에 대해서는 최소 상관을 가지기 때문에 수신기의 PN 코드에 동기되어 있지 않은 입력 신호(재밍 신호나 간섭신호)는 수신기의 상관 과정에서 그 신호의 대역폭에 PN 코드 신호의 대역폭이 더해진 대역폭으로 확산되어 수신기의 승적기 출력 신호의 분산은 입력신호의 공분산(covariance)이 된다. 즉, 수신기는 동기된 입력 신호를 부호 변조된 대역폭에서 기저대역 변조 대역폭으로 변환시킨다. 동시에, 비동기된 입력 신호는 최소한 부호 변조 대역폭으로 확산시킨다. 이 과정을 그림 3에 나타내었다.

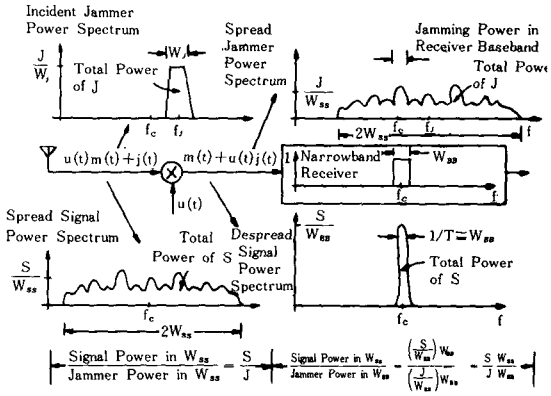


그림 3. 상관 과정

2) FH(frequency hopping:주파수 도약)방식

FH 방식은 재밍 신호를 상관 과정에서 확산 내지 제거하는 것이 아니라 RF 변조된 신호를 일정한 대역폭 내에서 빠르게 움직여 회피하는 방식이다. 따라서 도청자가 어느 대역에서 도청해야 하는지 방해를 해야 하는 지를 예측하는 것은 어렵다. 결국 신호가 도약되는 전대역에서 도청하거나 방해해야 하므로 전대역에 걸쳐 잡음에 대처해야 한다. 주파수 도약 시스템은 기본적으로 부호 발생기와 부호 발생기로부터 출력된 부호에 응답하는 주파수 합성기로 이루어 진다. 임의의 한주기 동안 이상적인 주파수 도약 스펙트럼은 완벽한 구형파이어야 하고, 모든 가능한 주파수 채널에서 균등히 분포되어야 하고, 동일한 전력량으로 전송할 수 있어야 한다. 그림4는 주파수 도약 전송 시스템의 개략적인 블럭도이다.

수신기는 주로 중간주파수를 발생하는 헤테로다인 방식을 채택하고 있으며 수신된 도약 주파수 신호는 똑같이 도약된 국부 발진기의 주파수와 혼합기에서 혼합되어 두 신호의 차의 주파수와 합의 주파수를 발생한다. 직접 확산 시스템과 마찬가지로 똑같이

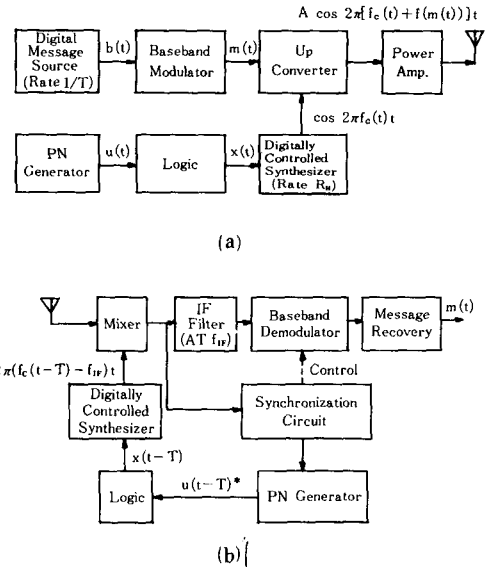


그림 4. 기본적인 FH 송신기 (a)와 수신기 (b)의 블록다이어그램

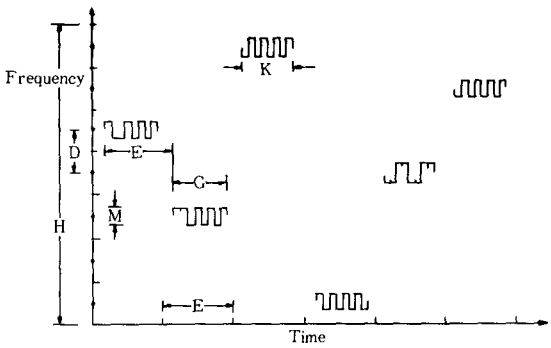


그림 5. 주파수 도약 확산 시스템의 주파수 도약 형태

도약되지 않은 신호는 국부 기준 주파수와 곱해져 확산되는데 이들 신호의 대역폭은 두 신호의 공분산과 같다. 상관기에 뒤이어서 IF 필터는 필터 주파수 밖에 있는 원하지 않는 신호 전력을 제거하는데 대역폭은 국부 기준 주파수 대역폭의 한 부분이기 때문에 원하는 신호는 국부 기준 주파수와 상관됨으로서 향상되는 반면에 원하지 않는 신호의 거의 모든 전력은 제거된다. FH 시스템에서 확산 대역이란 가장 낮은 도약 주파수에서 가장 높은 도약 주파수를 말하므로 수행 이득은 DS방식과 동일하게 된다.

$$G_p = \frac{EW_{RF}}{R_{INFO}}$$

FH 대역 확산 시스템은 하나의 도약에 한개 데이타가 포함되는가 여러개의 데이타가 포함되는 가에 따라 빠른 주파수 도약(fast frequency hopping)과 느린 주파수 도약(slow frequency hopping)으로 구분된다. 디지탈 데이타를 FH로 전송할 경우 주로 비동기 FSK가 사용된다.

3) TH(time hopping:시간 도약)방식

TH 기법은 일종의 pulse 변조 방식이며, PN 코드 발생기의 신호가 송신기의 출력을 on, off 시킨다. 코드 시퀀스 신호는 극히 짧은 시간동안만 pulse 변조 출력을 on시켜 신호를 송신하며, 반면에 변조기 출력의 off 시간을 길게한다. 따라서 기존의 수신기로는 순간적으로 펄스 출력이 발생되어 전파되는 이 신호를 포착하기 어려우며, 또한 이 신호를 방해하기 위해서는 재머는 연속적으로 신호를 보내야 한다.

이 방식이 FH 방식과 다른 점은 FH 코드의 각 bit 레벨에 따라 RF 송신 주파수가 변화하는 반면에 TH는 PN 코드의 0/1 레벨의 어느 한 순간에만 변조 신호가 출력된다. 그림 6은 TH 시스템의 간단한 시스템 블록도이다. 이 시스템은 송신기가 간단하다

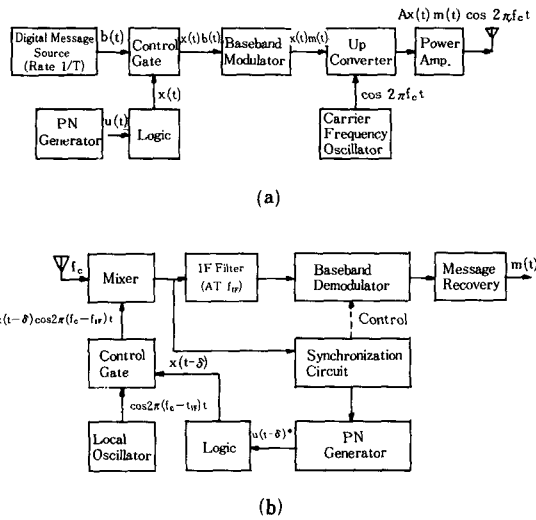


그림 6. 기본적인 TH 송신기 (a)와 수신기 (b)의 블록다이어그램

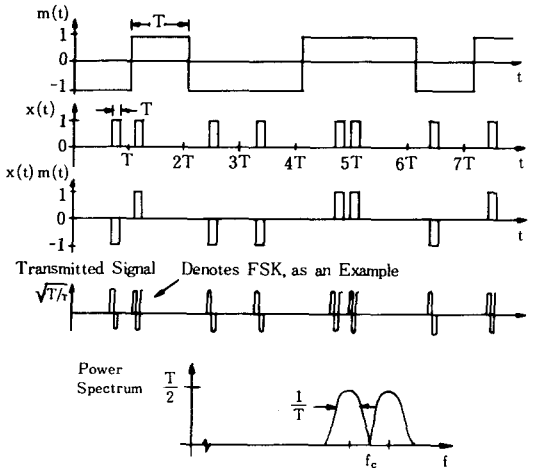


그림 7. 시간 도약 확산 시스템의 시간 도약 형태

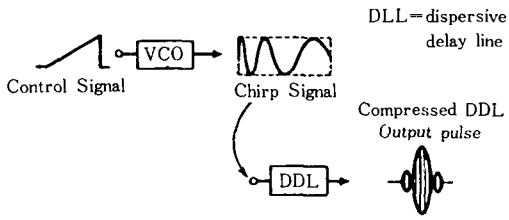
는 점과 시분할 다중화에 있어서 시스템간의 간섭일 수 있다는 점이 특징이다. 하지만 송신기 사이의 최소한의 중복을 유지하기 위하여 정확한 타이밍(timing)이 요구되고, 다른 통신 시스템과 마찬가지로 부호의 상호상관(cross correlation)을 반드시 고려하여야 한다. TH 방식은 연속적인 재밍 신호에는 취약하기 때문에 주파수 도약 방식과 혼합하여 사용하고 있다. 거리측정, 다중 접근(multiple access) 또는 다른 특별한 용도에서는 시간도약이 전송될 신호의 생성에 단순성이 있기 때문에 유용하게 쓰인다.

4) Pulsed FM(chirp)시스템

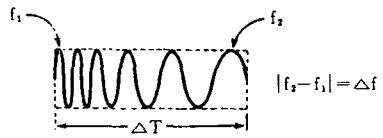
부호화는 행하지 않지만 필요한 만큼의 충분히 넓은 대역폭을 사용하여 수행 이득을 높이는 대역 확산 변조방식의 하나가 "첩(chirp)"변조이다. 이 방식은 주로 레이더에 응용되었으며 통신에도 응용된다. 대부분의 첩 시스템은 선형 진동 형태(linear sweep pattern)를 사용하므로 전송된 주파수 진동 첩 신호(frequency-sweep-signal chirp signal)는 일반적인 실험용 발진기만으로도 생성할 수 있다. 그림8은 첩 시스템에서 존재하는 대표적인 파형을 보여주고 있다.

첩 수신기의 중심부에 있는 분산성 필터는 어떤 구간동안 수신된 에너지를 가산하고, 축적시키고, 그리고 동기된 버스트(burst)에 옮겨주는 축적 가산 장치이다. 압축된 신호의 길이를 T_c라 하고, 송신된 정현파 펄스를 T시간 보냈으면 chirp 변조의 수행이득은 다음과 같이 정의된다.

$$G_P = \frac{T}{T_c}$$



(a) 전형적인 첩 파형



(b) 전송된 첩 파형

그림 8. 첩 시스템 파형

5) 하이 브리드 방식(hybrid method)

대역 확산 변조 방식의 일반적 형태에 부가하여서 직접 확산과 주파수 도약 방식의 이점들만, 또는 적어도 유용한 점들만, 조합하여 변조한 방식이 있다. 가장 널리 쓰이는 조합으로는 (1) 주파수 도약과 직접 확산 변조, (2) 시간 도약과 주파수 도약, 그리고 (3) 시간 도약과 직접 확산 변조등이 있다. 두가지 대역 확산 변조 방식을 조합해서 얻어지는 이점은 보통 하나의 변조 방식으로는 얻을 수 없는 특성들을 얻기 위함이다.

3. 동기

SS 통신에서 동기가 잡히지 않으면 통신 상호간은 서로 접속되지 않고 단순한 잡음이 되며, 또한 동기가 유지되지 않으면 통신 내용을 전달할 수 없다는 약점을 가지고 있다. 전자를 초기 동기(initial syschronization), 또는 초기 포착(initial aquisition)이라 하고, 후자를 동기 추적(synchronization tracking)이라 하며 이 양자를 합해 동기라고 한다.

1) 초기 동기

초기 동기는 송수신간의 PN pattern의 시간차를 1 chip 이내로 일치시키는 위상 동기와 주파수 차를 Dopple shift와 주파수 offset에 의한 영향을 제거한 후 중심 주파수에서의 편차를 0으로 일치시키는 주파수 동기가 기본이 된다. 최초로 연구된 초기 동기의 방법으로서 stepped serial 방식을 들 수 있는데

이는 한 chip 혹은 반 chip씩 shift해서 입력 신호와 비교하여 한 chip이내가 되도록 하는 것이다. 그러나 이 때 사용한 code sequence의 길이가 길 경우에는 많은 시간이 소요되므로, 그 후 이 stepped serial방식의 결점을 보완하여 sequential estimation 방식이 개발되었다. 이러한 sequential estimation 방식을 그대로 FH에 적용하기 위해서는 주파수를 estimation 하는 방법이 필요하고 순간 주파수 측정 algorithm이 개발되어 있지만 실제 상황에 적용하기에는 시간 제약상 너무나 문제가 많으므로 초기 동기에 소요되는 시간을 단축하기 위해 matched filter와 stepped serial 방식을 혼합한 방식이 제안되었다.

2) 동기 추적

일단 초기 동기에 성공하면 주파수를 동기시켜 내장하고 있는 PN pattern을 입력으로 가능한 정확히 정합시켜 계속 추적함으로서 동기를 포착(유지) 할 수 있다. 기본 원리는 양 PN pattern의 동기점 부근의 상호 상관 파형이 삼각형이 되므로 이 꼭지각에서 양자의 일치 정도가 최대가 되는 성질과 추적 방향을 양 PN pattern의 정·부의 기울기로 부터 결정하는 성질을 이용한다. 일반적으로 사용되는 동기 추적 장치로는 DLL(delay-lock loop), PLL(phase-locked loop), dirthering loop, early-late loop 등이 있다.

Ⅲ. 대역 확산 변조 기법의 비교

여기에서는 앞에서 논의한 시스템중 chirp 시스템을 제외한 나머지 세 시스템을 서로 비교 분석한다.

구분	장 점	단 점
DS	• 최적의 잡음성능과 항재밍 성능 • Multipath에 대하여 최적의 선별 기능 • 재머가 검출하기 가장 어려움	• 작은 위상에곡과 함께 광대역 채널이 요구됨 • 긴 포착 시간 • 고속의 코드 발생기가 필요 • 원근 문제가 발생
FH	• 가장 큰 확산 대역이 생성 • 부분적인 스펙트럼을 회피하기 위하여 프로그램이 가능 • 짧은 포착 시간 • 원근 문제가 적게 발생	• 복잡한 주파수 합성기 • 거리 측정에 유용하지 못함 • 오류 상관이 요구됨
TH	• 높은 대역폭의 효율성 • FH보다 구현하기 쉬움 • 송신기가 평균 전력은 제한하지만 첨두 전력은 제한하지 않을 경우 유용함	• 긴 포착 시간 • 오류 상관이 요구됨

이러한 비교 분석을 나타내는 근본적인 목적은 각각의 시스템의 장점과 단점을 나타내기 위함이고, 이러한 몇몇의 단점은 혼성 방식을 이용하여 극복할 수 있기 때문이다.

Ⅳ. 대역 확산 변조 기법의 적용 분야 및 응용

SS 통신의 본격적인 연구는 1950년대 중반 미국에서 시작되었는데 PN 부호를 사용하여 실험한 결과, 제3자에 의한 고의적인 전파 방해나 도청등의 방해에 강해 비화에 적합하다는 것이 인식되어 동년대 후반기에 미국 당국이 스폰서가 되어 NOMACS (noise modulation and correlation system)를 시작으로 하여 제2, 3의 군용 통신을 목적으로 한 장치가 개발되었다. 한편 일본에서는 1970년경 위성을 이용하여 다수 사용자의 공용을 목적으로 한 다원 접속과 고정도 거리 측정 및 시각 동기 등에 관한 실험이 개시되었다. 현재 SS 통신은 위성 중계 통신 및 거리 측정, 위치 측위등 ISDN의 한 일환으로 활발하게 전개되고 있다.

1. 위성 통신

SS 통신의 위성 통신은 통신국간의 PN부호를 사용하고 있고, 특히 다원 접속 기능에 역점을 두어 단순히 주파수 스펙트럼 뿐만 아니라 시간적, 공간적인 점유도 병행해서 이용하고 있다. 1) 고정체 통신 방식의 대표적인 것으로는 일본의 랜덤 다원 접속통신 장치와 소용량 위성 통신 장치가 있으며 둘다 PN 부호 발생기는 10-13단, 처리 이득은 30dB 정도, DS/BPSK 변조 방식을 사용하고 있다. 랜덤 다원 접속 통신 장치는 통제국이 불필요한 다원 접속, 통신국간의 위치 결정, 운용의 간이화등을 목적으로 개발되었고, 소용량 위성 통신 장치는 소형국의 간이화, 높은 송신 전력의 이용 효율, 타방식과 저간섭성을 목적으로 개발되었다. 2) 이동체 통신 방식은 해상 조난 구조용에 적용하기 위하여 미국, 일본, 유럽등지에서 진행되었으며 현재 국내에서도 car-phone, hand-phone에 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 3) 그외 현재 미국에서는 user 위성과 TDRS (tracking and data relay satellite system) 간에 2GHz대의 회선을 다원 접속 및 거리 측정에 DS 방식의 사용을 검토중이다.

2. 위치 결정

SS 거리 측정의 원리는 PN 부호의 송수신간의

도달 시간차가 위상차로 부터 계측될 수 있다는 점을 이용하고 있다. 따라서 통상의 거리 측정 방식과는 달리 전체 시스템의 동기는 불필요하다는 장점도 있다. SS 위치 검출 시스템은 다수의 이용자를 대상으로 하고 있으므로 시분할 방식이 많이 사용되고 있다. 그 대표적인 것으로는 현재 사용하고 있는 시스템과 공용할 수 있도록 Beacon파를 이용한 프랑스의 Syledis를 들 수 있고, 미국에서는 현재 사용하고 있는 NNSS (navy navigation satellite system) 의 국소적인 위치 측정과 저속 이동체(선박)의 결점을 제거하여 새로운 고정도 측정 및 강한 방해 배제 능력을 갖도록 한 NAVSTAR/GPS (navigation system with time and ranging / global positioning system) 계획을 세우고 있다.

3. 지상 통신

지상 통신에서 가장 문제가 되는 것은 광대역 다중 전파에 의한 동기 손실, 오류율의 증가와 원근 문제 (near-far problem: 아주 가까운 강력한 방해파에 의해 통신이 불능이 되는 문제)이다. 광대역 다중 전파는 지연확산, coherent 대역폭, 평균 전파 시간차, Doppler 대역폭이 중요한 파라메타인데 이는 antimultipath 기술을 개발하여 어느정도 극복할 수 있느냐가 해결의 열쇠가 된다. 원근 문제는 DS방식을 이용하여 직접적으로 혼선을 경감시키는 방법 및 FH 방식에 의해 주파수 diversity 효과와 오류율 개선을 이용하여 등가적으로 혼선을 경감시키는 방법 등이 발표되었으나 모두가 시스템화하여 유효성을 확인하기까지에는 이르지 못했다. 이러한 관점에서 광대역 전파 시뮬레이션을 포함한 DS와 FH의 장치화의 시험이 시작되고 있는 것으로 보고되어 있다.

V. 결 론

SS 통신 방식은 SAWD 소자등 device의 집적화 기술의 진보에 따라 급진적으로 발전되리라 기대되는데 이는 최근 발표 논문이 급증하고 있음을 보고도 알 수 있다. 본고는 이에 주목하여 system의 기본원리 및 구성, 적용 분야등에 대해 고찰한 것인데, 1)고찰 결과 FH 방식은 DS 방식에 비해 신호의 은폐 및 내방해성은 우수하나 고속 주파수 합성기와 상관 수신기가 개발되지 않는 한 실용화 하기는 어렵고, 또 동기 포착 및 추적은 용이하나 신호가 coherent가 아니기 때문에 PLL과 같은 위상 검치 회로를 사용할 수가 없다. 2)DS 방식에서 큰 수행 이득을 얻으려면 bit 속도를 증가시켜야 하는데 실제로 수백 Mbps이상의 PN 부호 발생기는 제작이 어렵고, 또 bit 속도를 증가시키면 오류율이 증가되고, RF 대역폭이 넓어지기 때문에 그만큼 넓은 대역을 전송하는 것은 어렵다. 3)SS 통신 방식은 위성 중계 통신, 거리 측정, 위치 측위등 여러분야에 적용되고 있으나 지상 통신의 광대역 전파에서는 동기 및 원근 문제등이 남아 있음을 알 수 있다.

參 考 文 獻

[1] R.E. Ziemer, W.H. Tranter, "Principles of Communication."

[2] R.E. Ziemer, R.L. Peterson, "Digital Communications and Spread Spectrum Systems."

[3] R.C. Dixon, "Spread Spectrum System," John Wiley.

[4] R.L. Picholtz. D.L. Schilling, L.B. Millstein, "Thory of spread spectrum communication-A tutorial," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-30, pp. 855-884, May 1982.

[5] C.E. Cook 외 2인, "Spread Spectrum Communications,"IEEE Press, 1983.

[6] S.S. Rappaport, D.L. Schilling, "A two-level coarse code acquisition scheme for spread spectrum radio," *IEEE . Trans. Commun.*, vol. COM-28, pp.1734-1748, Sept. 1980.

[7] C.A. Putman, S.S. Rappaport, D.L. Schilling, "A comparison of schemes for coarse acquisition on frequency-hopped spread-spectrum signals," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-31, pp. 183-189, Feb. 1983.

[8] C.A. Putman, S. S. Rappaport, D.L. Schilling, "Tracking of frequency hopped spread-spectrum signals in adverse environment," *IEEE Trans.Commun.*, vol. COM-31, pp.995-964, August 1983.

筆 者 紹 介

朴 鎭 秀

1948年 8月 30日生
1975年 2月 한양대학교 전자공학과(학사)
1977年 한양대학교 대학원 전자통신공학과(석사)
1985年 2月 한양대학교 대학원 전자통신공학과(박사)

1987年 1月～1988年 1月 Univ. of Colorado at Colorado Spring(Post Doc.)
1987年 3月～현재 청주대학교 전자공학과 교수
1988年 3月～현재 청주대학교 산업과학연구소 소장
주관심분야 : Digital 통신시스템, Spread Spectrum 통신시스템,
Error Correcting Code 등