

주파수 유효이용 기술

박 동 철/충남대학교 전파공학과 교수

□ 차 례 □

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| I. 서론 | IV. 주파수 유효이용을 위한 변복조 기술 |
| II. 주파수·궤도의 유효이용을 위한 국제질서 | V. 이동위성통신을 위한 변복조 및 부호화 동향 |
| III. 주파수·궤도의 유효이용 기술 | VI. 결론 |

I. 서론

최근 고정위성업무 즉 통신 및 방송위성의 경우에 있어서 그 수요가 급증하여 C밴드(6/4GHz) 위성의 궤도가 대단히 혼잡해져 있고 Ku 밴드(14/11 GHz) 위성의 궤도도 혼잡도가 증가하고 있다. 따라서 적도 상공 35,800Km의 한정된 자원인 정지궤도를 유효하게 이용하고자 하는 노력이 제도적인 측면과 기술적인 측면에서 진행되고 있다.

또 다른 방향에서는 주파수 유효이용의 측면에서 기술개발이 추진중에 있다. 다른 무선통신과 마찬가지로 위성통신에서도 한정된 자원인 주파수의 유효이용이 중요하며 위성 시스템간의 주파수 공유, 타업무와의 주파수공용, 자위성 시스템 내에서의 주파수 유효이용의 관점에서 기술개발이 진행중에 있다.

한편, 이동위성업무와 관련하여서는 시간, 장소 등에 제한됨이 없이 원하는 상대방과 통신을 할 수 있는 개인통신망을 위한 저/중 궤도 주회위성

통신 시스템의 개발이 최근 미국을 중심으로 활발하게 추진되고 있다. 1992년 세계전파추관청회의(WARC-92)에서는 이들의 전용 주파수 대역으로 1.6/2.4 GHz 대역을 전세계 공통으로 할당하였으며 모토롤라사에서 '98년 상용 서비스 개시를 목표로 진행시키고 있다. 이러한 이동위성통신 시스템은 다경로 페이딩, 쉐도우잉(shadowing), 도플러 주파수 천이 등의 전송특성을 고려하고 제한된 전력 및 대역폭을 효율적으로 활용할 수 있도록 설계되어야 하므로 이 시스템 설계 또한 궤도와 주파수의 유효이용 기술을 염두에 두어야 한다.

본문에서는 위성통신 시스템과 관련시켜 주파수와 궤도의 유효이용을 위한 국제질서, 유효이용을 위한 안테나 기술과 변복조 기술을 설명하고 이동위성통신을 위한 변복조 및 부호화 동향을 소개하고자 한다.

II. 주파수 궤도의 유효이용을 위한 국제질서

위성통신의 광역 동보성 특징으로 인해 위성통신에서 사용하는 주파수 대역은 각 위성 상호간에 유해한 간섭을 일으키지 않도록 국제적 승인하에 사용하는 일이 필요하다. 따라서 국제적 승인 및 이를 위한 조정을 위해 국제전기통신조약(International Telecommunication Convention)과 이 조약에 부속하는 무선통신규칙(Radio Regulation: RR)이 있다.

국제전기통신조약에 기초를 두고 국제통신관련 업무를 다원적으로 관장하도록 유엔전문기구의 하나로 국제전기통신연합(ITU)을 설립하였으며 ITU산하에 주파수관리를 위한 상설기관인 국제주파수등록위원회(International Frequency Registration Board: IFRB)가 있어 각국 주관청의 주파수 활용 계획을 조정, 승인하는 작업을 하였다. 그러나 1992년말 ITU가 그 구조 및 기능을 개편하는 과정에서 세계무선주관청회의(WARC), 국제주파수등록위원회(IFRB) 및 나머지 CCIR의 기능을 통합하여 ITU-R(전파통신분야)로 개편하였다.

이렇게 개편된 ITU-R의 주요기능은 정지위성 대역을 사용하는 전파통신업무를 포함한 모든 전파통신업무에 있어서 무선주파수 스펙트럼의 합리적이고 공평하며 효율적이고 경제적인 이용을 보장하는 것과 모든 주파수에 대한 연구를 수행하여 전파통신 문제에 대한 권고를 채택하는 것이다.

Ⅲ. 주파수 대역의 유효이용 기술

1. 위성 시스템간 간섭의 저감

위성 시스템간의 간섭을 줄이기 위해서는 우선적으로 위성 및 지구국 안테나의 특성 개선이 중요하다. 특히 지구국 안테나는 소형화의 경향에 있기 때문에 인접 위성을 마주보는 부엽(sidelobe)의 저감이 중요하며 아울러 위성궤도면내의 빔폭도 좁게해야 대역의 유효이용을 기할 수 있다. 또한 성형 빔(shaped beam)안테나는 빔의 모양을

변화시켜 임의의 형태로 규정된 빔 커버리지 패턴을 구현하는 안테나로서, 커버리지내의 이득은 향상되며 커버리지외 지역에서는 빔 격리도를 크게 개선시켜 동일 대역폭을 사용하는 인접위성망로부터의 간섭을 줄일 수 있다. 위성을 이용한 이동통신이나 휴대통신을 위해서 시스템간의 간섭을 감소시키기 위한 간섭제거기능, 자동추적기능 등의 고기능을 갖는 액티브 어레이 안테나 기술도 연구되고 있다. 이외에도 위성의 궤도, 자세 제어 정도를 향상시키는 방법, 위성궤도 위치를 최적화하는 방법이 있을 수 있다.

2. 간섭 허용치의 개선

다른 위성 시스템과 타업무로부터의 간섭에 대하여 시스템의 간섭내력을 향상시키는 기술이 있다. 주파수 선택성 페이딩에 강한 $\pi/2$ -TFSK ($\pi/2$ Transition Frequency Shift Keying) 변조방식을 이용한다면 주파수 확산 방식을 사용하여 주파수대역을 확대하면서 간섭에 대항하는 내력을 향상시키는 기법도 있다. 또한 오류 정정 기술을 활용하여 C/N 비의 허용치 개선 및 간섭 허용치의 개선을 도모한다.

3. 신호 점유 대역폭의 저감

신호 점유 대역의 저감은 무선기술 공통의 목표이고, $\pi/4$ QPSK, 256 QAM과 같은 협대역 다차변조방식 및 음성 영상신호의 대역압축 기술이 중요하다. 그러나, 위성통신에 있어서는 전력제한이 있기 때문에 고출력 증폭기를 전력효율이 좋은 포화영역에서 사용할 필요가 있으며, 따라서 진폭변동이 있는 변조방식의 적용은 곤란하다. 앞으로 신호의 진폭변동을 어느 정도 허용하면, 스펙트럼의 확대와 혼변조의 발생을 방지하기 위해서 선형성이 양호한 고체증폭기의 적용, 비선형 보상기술 등이 중요하다.

4. 공간적인 주파수 재사용

위성의 대형화에 수반하여 대형 안테나의 탑재

가 가능하게 되고, 멀티빔 위성통신이 현실화 되고 있다. 멀티빔 방식에서는 빔간에서 주파수를 반복하여 이용하는 일이 가능하기 때문에 주파수의 이용효율을 대폭 향상할 수 있다. 각 독립된 빔들은 매우 높은 이득을 가짐으로써, 위성 중계기의 중요한 성능지수인 EIRP와 G/T 값을 크게 증대시켜 통신 용량의 증가와 지구국 안테나의 경량 소형화 효과를 가져온다. 주파수의 반복 회수를 향상하기 위해서는 탑재 안테나 빔의 저부엽화, 안테나 지향방향의 고정도 제어기술 등이 중요하다.

5. 타업무와의 주파수공용

타업무 입장에서는 특히 지상고정 무선방식의 주파수공용이 문제가 된다. 지상 마이크로파 통신과 고정위성통신에서 안테나의 지향각 차이를 이용해 주파수를 공용할 수 있다. 위성용 지구국과 고정무선용 지상국의 간섭에 관해서는 위성 EIRP의 향상에 따른 내간섭성의 향상, 위성 G/T의 향상에 따른 지구국 송신 출력의 저감이 필요하다. 또, 지구국 기술 입장에서, 지구국 안테나의 광각지향성의 개선이 필요하다. 위성으로부터 지구국에의 간섭을 저감하는 기술으로써 특히, FM 및 텔레비전 전송에 대해 에너지 확산기술이 적용되고 있다. 또, 능동적으로 간섭을 저감하는 방법으로서, 각종의 간섭보상 기술이 있다.

6. 직교편파의 사용

주파수 재사용을 통해 통신회선수를 증가시킬 목적으로 직교 2편파를 사용한다. 편파를 공용하면, 양자의 신호레벨의 차가 클 때, 또는 강우에 따른 레벨차가 발생할 때 간섭이 문제가 된다. 이것을 극복하기 위한 기술으로써 위성 지구국 안테나의 교차편파 식별도의 향상과 강우에 따른 레벨차를 보상하는 송신 전력제어 기술이 있다.

7. 인접 채널간 간섭의 저감

지구국, 위성의 필터를 포함한 비선형 전송계

의 최적설계기술, 혼변조의 영향을 저감하기 위한 주파수 배치의 최적화, 강우 감쇠에 따른 인접 채널의 레벨차를 보상하기 위한 송신전력 제어 기술이 있다.

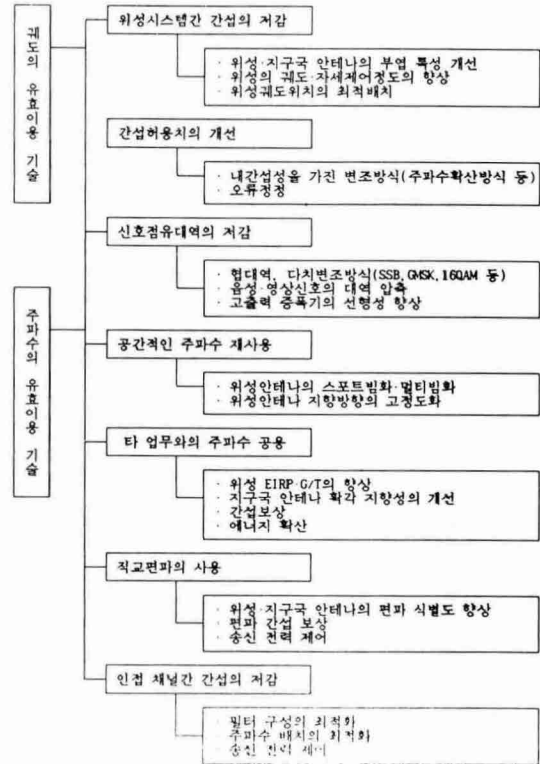


그림 1. 주파수·궤도의 유효이용기술

IV. 주파수 유효이용을 위한 변복조 기술

위성통신을 포함한 무선통신에서 주파수 유효이용 기술은 주파수당 보내는 정보량을 극대화하는데 목적이 있다. 주어진 주파수 대역에서 1 Hz 당 전달되는 디지털 정보(bits/sec/Hz)를 증가시키기 위해 캐리어 주파수를 변복조시키는 다양한 기법이 개발되어 사용되어지고 있다. 이러한 다양한 변복조 기술은 위성통신, 이동통신 등 응용분야에 따라 여러 방법이 개발되어 있고 주파

수 공용 및 재사용, 신호압축 및 협대역화, 내간섭의 관점에서 연구되어지고 있다.

협대역화 및 신호압축을 위한 변조기술로는 정포락선 변조(Constant Envelope Modulation) 방식으로 GTFM(generalized tamed frequency modulation), GMAK(gaussian filtered MSK), CPM(continuous phase modulation), 선형 변조방식으로 /4 shift QPSK, 256 QAM 등이 제안되었으며 내 다중파 변조(Anti-Multipath Modulation)방식으로는 PSK, MC-PSK(Manchester coded PSK), PSK-RZ 등이 제안되고 있다.

V. 이동위성통신을 위한 변복조 및 부호화 동향

1. 부호화와 변조방식

가. 대역폭과 전력이 제한된 채널에서의 부호화 및 변조

변조에서는 대역폭 효율과 전력 효율이 서로 반비례의 관계에 있기 때문에 두가지 모두의 효율을 높인다는 것은 매우 힘들다. 따라서 대역폭과 전력 한계를 극복하기 위해서 MPSK나 QAM 등의 방식을 이용하여 FEC(Forward Error Correction) 부호화 방식을 사용하고 있다. FEC 부호화 방식으로는 block code와 convolution code가 높은 부호화 이득과 low redundancy 면에서 우위를 차지하고 있다. 이 중에서 최근에는 convolution coding이 Viterbi algorithm (VA)을 이용함으로써 쉽게 구현되고 높은 복호화의 유용성 때문에 많이 이용되고 있다.

(1) PSK 변조 방식을 이용한 convolution coding

FEC 부호화를 위해서 minimum hamming distance를 최대로 만들려는 관점에서 QPSK와 OQPSK 방식을 이용하여 convolution coding을 하는 방식이 연구되어 왔다. 또한 높은 부호율을 위하여 punctured convolution coding이 연구되고 있다.

(2) Trellis 부호 변조 (TCM)

TCM 부호 변조는 Euclidean 거리를 최대로 만들기 위해서 signal constellation set을 두배로 만들어서 대역폭을 확장시킴이 없이 상당한 부호화 이득을 얻는 방식을 연구한 것이다. 이전에는 전파 채널에서 이용되던 것이 PSK나 OQPSK 등에 TCM부호화 방식을 이용하여 위성통신등에 이용하고 있다.

나. 페이딩 채널에서의 부호화와 변조

(1) 페이딩 채널에서의 부호화 방식

페이딩과 shadowing에 의한 bursty error를 줄일 목적으로의 부호화는 time diversity를 얻기 위하여 interleaver를 사용한다. interleaver는 maximum fade duration과 decoder buffer size, 전체 허용 지연에 의하여 결정된다.

(2) Tone Calibration 방식 (TCT)

TCT방식은 fading채널을 연속적으로 알기 위해서 data 신호를 pilot tone과 함께 보내는 것이다. 이때 pilot tone과 데이터 신호의 손상정도가 같다면 수신측에서 추출된 pilot tone이 coherent reference로써 사용됨으로서 fading 진폭 변화와 fading 위상 변이를 제거하기 위한 것이다. 따라서 이 방식은 fading에 강하다고 말할 수 있다.

(3) Blocking과 Shadowing을 위한 신호 형태

INMARSAT 표준 M시스템은 짧은 subframe으로 구성되고 각각의 subframe이 연속파 (CW)와 unique word (UW)로 구성되기 때문에 디지털이나 팩시밀리 서비스에 이용된다. modem은 매우 빨리 짧은 시간에 blocking과 shadowing으로 동작할 수 있다.

2. 복호화와 복조방식

가. Soft-Detection Viterbi Decoding

Viterbi 알고리즘을 이용한 TCT방식은 구현하기 쉽고 maximum likelihood decoding scheme을

이용하기 때문에 가장 유용한 것 중의 하나이다. TCT방식에서의 ERP는 연구결과 Euclidean distance에 의존하지 않고 effective code length (ECL)에 의하여 영향을 받는다는 것이 밝혀졌다. 실질적인 경우에 TCT-8PSK의 ERP를 Rician fading 채널에서 simulation한 것도 연구되었다.

나. 동기 검파 방식

이동위성통신에서 ERP를 평가하는데 coherent demodulation에서 기준신호가 위상동기가 이루어졌다고 가정하는데 실질적인 시스템에서는 noise 기준 손실이 시스템 성능을 저하시킨다. 따라서 coherent나 다른 detection방식이 연구되었다.

(1) Carrier Recovery Using Adaptive Line Enhancer(ALE)

ALE는 additive white gaussian noise (AWGN)에서 line spectrum를 향상시키기 위해서 self tuning filter로써 동작하는 adaptive noise canceller이다. ALE를 이용하는 demodulation은 pull-in time을 더욱 짧게 만들고 넓은 pull-in 범위를 갖는다.

(2) Carrier Recovery Using Dual Carrier Filters(DCF)

DCF는 여러가지 Rician 페이딩 채널에서 정확한 캐리어 회복을 가능하게 한다. 이 캐리어 회복 회로는 협대역 필터로 cycle slip rate를 줄이고 광대역 필터로 캐리어 주파수 이동에 대한 추적성을 증가시키기 위해서 이용된다. 기준 캐리어는 필터의 두 벡터 출력으로부터 나온다.

(3) 저장된 디지털 신호를 이용하는 복조 방식

이 방식은 주로 적은 에러 발생 mode PSK신호에 적용되어 발전하였다. 복조에서는 고정된 기준 캐리어에서 샘플링되어 quasi coherently하게 감지된다. 메모리에 샘플된 다음 복조기에 의하여 디지털 신호로 바뀐다.

다. 지연 검파 방식 (Differential Detection Modulation)

지금까지의 변조시에 캐리어의 위상은 지연 시스템의 기준으로 사용되었는데 이것의 필요성을 제거할 수 있다. 비록 지연 검파는 간단하고 강력하지만 S/N 전력비가 좋지 않다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 MPSK의 다중심볼 지연 검파가 고안되었다. 이 방식은 전형적인 두개의 심볼 사이보다는 여러 심볼 기간동안 관찰함으로써 동시에 여러가지의 심볼을 joint decision할 수 있도록 고안된 것이다. 그러나 도플러 효과에 의한 갑작스런 위상변화는 이동위성통신의 지연 검파에 손상을 입히기 때문에 도플러가 야기한 위상변이는 정정되어야 한다. 도플러효과가 수정된 시스템은 도플러변이 평가기와 다중 심볼 지연 검파기로 구성된다. 이것을 Rician 페이딩 채널에서 분석한 것에서 볼 수 있듯이 다중결정방식을 적용함으로써 간단하고 강력하게 된다.

라. Diversity technique

이 방식은 페이딩에 매우 강력한 방식이고 마이크로파 시스템에서 이용된다. 여러가지 diversity 시스템중에서 심한 페이딩에도 수신된 신호를 유지할 수 있으며 부가적인 주파수 스펙트럼을 필요로 하지 않는 space diversity가 이동위성통신에서 적합하다. 이동통신에서는 prediction에서 처럼 RF에서 복잡한 위상결합자를 필요로 하지 않기 때문에 post detection diversity가 더 적합하다. 이 post detection diversity가 MPSK에서 많이 연구되었다. 또한 soft decision Viterbi decoding을 가진 three diversity combined 방식도 개발되었다.

VI. 결 론

지금까지 위성통신에 있어서의 주파수 대역의 유효이용 기술에 관해서 개략적으로 설명하고 아울러 협대역화, 신호압축, 내 간섭의 관점에 본 디지털 변복조기술에 대해서도 간략히 설명하였

筆者紹介

다. 앞으로 Ku밴드 방송통신위성 사업, Ka밴드 국가내 위성통신이 더욱 활성화되고 또한 위성의 대형화에 따른 트랜스폰더의 탑재 대수 증가가 수반되게 되므로 주파수 켜도의 유효이용 기술의 중요성은 한층 증가되리라 생각된다.

이동위성통신과 관련해서, 이동위성통신 시스템은 지상 셀룰라 네트워크 상호 호완성을 유지하며 발전되어야 한다. 두 시스템의 변조방식과 주파수 대역이 다르더라도 서로의 호완성을 유지할 수 있도록 시스템을 설계하는 것을 매우 중요하며 전세계적인 이동위성통신 시스템을 구현하기 위해서는 주파수 대역, 지상학적 켜도, 다양한 시스템들의 조화에 대해 연구하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 박 동철 외, “전파자원 이용 핵심기술 연구,” 1993. 1, 한국전자통신연구소 보고서
2. “일본의 전파 고도 이용 기술 개발에 관한 연구,” 1992, 기반기술연구 촉진센터(일본)
3. “주파수와 켜도의 유효이용,” 1989, 일본 전자정보통신학회지 72권 11호, pp. 1317-1324.
4. 김 은주, “급변하는 국제 전파통신 분야,” 1994. 11, 한국통신학회지, pp. 43-66.

▲박 동 철

- 1970년~1974년 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1974년~1976년 : 한국과학원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
- 1981년~1984년 : University of California, Santa Barbara (공학박사) (마이크로파 공학 전공)
- 1976년~현재 : 충남대학교 공과대학 교수
- 1977년~1978년 : 독일 Ruhr-University Bochum 객원연구원 (집적광학 연구)
- 1990년~1993년 : 충남대학교 공과대학 학생과장, 전자공학과 학과장
- 1993년~현재 : 충남대학교 전파공학과 학과장
- 1992년~현재 : 한국전자파기술학회 이사