

主題

고속 멀티미디어 위성통신을 위한 적응형 전송 기술

한국전자통신연구원 김 수 영, 이 호 진

차 례

요 약

I. 서 론

II. 위성통신 시스템에서 감우 감쇠 극복을 위한 적응형 전송 기술

III. 고속 멀티미디어 위성 전송을 위한 기술

IV. 결 론

요 약

본 고에서는 위성을 통한 고속 멀티미디어 통신을 위하여 요구되는 전송 기술에 대하여 살펴본다. 특히, 위성통신 채널에서 발생하는 여러 가지 전송 열화 조건들을 효율적으로 극복하기 위한 적응형 전송 방식의 필요성과 적응형 전송을 위하여 요구되는 여러 가지 기본 기술 등에 대하여 살펴보고 현재 세계 각국의 개발 동향 및 향후 발전 전망을 살펴보기로 한다.

I. 서론

위성통신 서비스는 지상이동통신서비스의 상호 보완적인 역할로써 향후 지속적으로 발전할 것이다. 특히 사용자들의 다양한 서비스에 대한 욕구가 증대됨에 따라 고속 멀티미디어 데이터 제공과 같은 단순한 단방향의 서비스뿐만 아니라, 원격 의료, 원격 교육

과 같은 고품질의 양방향 서비스 또한 그 수요가 증대되고 있는 실정이다. 이러한 사용자들의 다양한 서비스 욕구를 반영하여 Allied Business Intelligence에서 제시한 광대역 서비스 이용자의 기술현황을 (그림 1)에 나타내었는데, 그림에 나타나 있는 바대로 1998년 광대역 서비스 제공에 전혀 기여하지 않던 위성 시스템이 2003년경에는 전체 가입자(약 14,540,000 명)의 약 12% 정도(약 1,800,000 명)를 커버할 것으로 예상된다.

상기한 바대로 광대역 서비스에서 위성이 차지하는 비중이 점점 증가하고 있으며, 이러한 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서는 고주파 대역의 사용과 주파수 측면에서 효율적인 전송 방식의 활용이 필수적이라고 할 수 있다. 즉 위성시스템에서도 지상파에서 활용 단계에 있는 OFDM과 같은 다중 반송파 전송방식의 활용이 요구된다. 또한 위성 주파수 대의 포화에 따라 미개척 주파수 대를 사용하기 위한 노력이 세계 각국에서 활발히 전개되고 있다. 그 예로(그림 2)는 Euroconsult에서 제시한 연도별 C, Ku

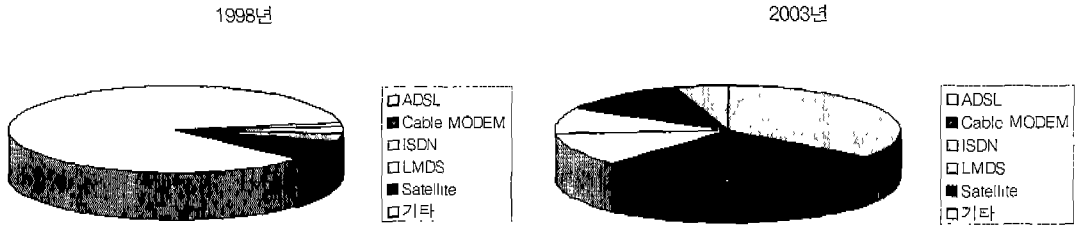


그림 1. 광대역 서비스 이용자의 이용 기술 분야 예측(Allied Business Intelligence, Inc.)

및 Ka 대역 중계기 수 분포를 나타낸 것인데 2004 년경에는 Ku 대역 이상의 고주파수 대역을 사용하는 중계기가 전체의 약 70%를 차지하고 2009년경에는 Ka 대역을 사용하는 중계기가 가장 많은 비율을 차지할 것으로 예상된다.

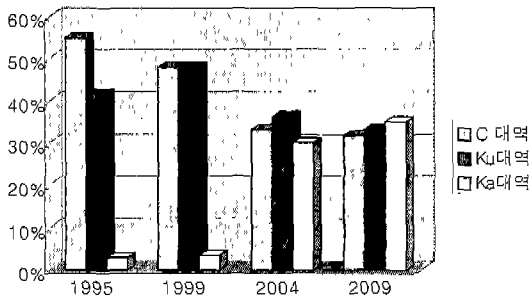


그림 2. 연도별 전세계 주파수 대역별 중계기 이용 비율 예측 (“World Satellite Communications and Broadcasting Markets Survey: 1999-2009”, Euroconsult 2000)

이러한 고주파수 대역의 활용도가 증가함에 따라 사용 주파수 대역이 높아질수록 증가하는 전파 손실 또한 심각하게 고려하여야 한다. 위성시스템에서의 고주파수 대역에서 발생하는 전파 손실의 가장 큰 원인이 되는 것이 강우로 인한 신호의 감쇠인데, 강우 감쇠를 극복하기 위한 가장 효율적인 방법이 적응형 전송 방식의 사용이라고 할 수 있다. 강우 감쇠에 의한 영향과 이를 극복하기 위한 적응형 전송 방식등에 대해서는 다음 장에서 좀 더 상세히 살펴보기로 한다.

본 고에서는 우선 위성을 통한 고속 멀티미디어 전

송을 위한 가장 큰 장애 요인인 강우 감쇠의 영향과 이를 극복하기 위한 기술과 이에 요구되는 요소 기술 및 기술 동향에 대하여 살펴보고(2), 이외에 위성 멀티미디어 전송을 위한 차세대형 전송 기술에는 어떠한 것들이 있으며 이들에 대한 기술 개발 동향에 대하여 살펴보고 결론을 맺기로 한다.

II. 위성통신 시스템에서 강우 감쇠 극복을 위한 적응형 전송 기술

1. 위성통신 시스템에 강우가 미치는 영향

그림 3에는 유럽에서 여러 가지 실험을 위해 발사한 Olympus 위성의 비콘 신호에서 강우 시 측정된 감쇠 값을 보여준다. 각각 20GHz와 30 GHz의 신호에서 같은 시간에 측정된 감쇠량을 보여

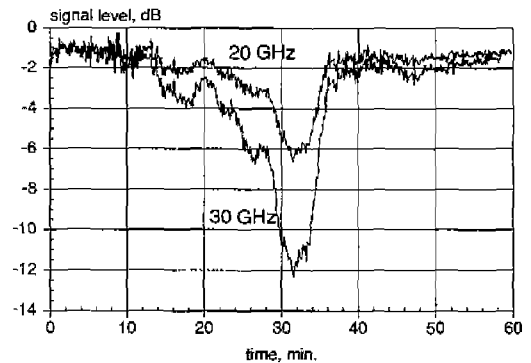


그림 3. 20GHz 및 30GHz에서 측정된 강우 감쇠 데이터(1)

주는데 사용 주파수가 커질수록 그 감쇠 값도 커짐을 쉽게 확인할 수 있다.

이러한 경향을 좀 더 정량적으로 분석하기 위해서는 시간율에 따른 신호 감쇠량을 살펴보아야 한다. 시스템을 설계할 때에는 주어진 시간율 동안 정해진 링크 가용도를 보장하여야 하기 때문이다. 그림 3은 각 대역별 시간율에 따른 신호 감쇠량을 나타낸 것인데, 강우 감쇠에 대한 적절한 보상이 없이는 Ka 대역등의 고주파수 대역을 사용한 고속 위성통신 서비스가 거의 불가능함을 알 수 있다.

즉, 그림 4에서와 같이, 위성통신망의 일반적인 목표 시간율(년 99.957 %)에서 Ka 대역은 Ku 대역에 비해 약 10dB 이상의 큰 감쇠가 일어나는 것을 알 수 있다. 따라서 감쇠에 대한 적절한 보상 기술이 개발되지 않을 경우, 위성통신 및 방송 서비스의 안정적인 운용은 거의 불가능하게 될 것이다.

2. 강우 감쇠 극복을 위한 기술

강우 감쇠를 보상하기 위한 기법은 여러 가지 방법으로 분류할 수 있겠으나 본 고에서는 고정 보상 기법과 적응형 전송 기법을 이용한 보상 기법으로 구분하기로 한다. 고정 보상 기법이란 여러 가지 종류의 채널을 강우 감쇠를 보상하기 위하여 고정적으로 할

당하는 방식으로 대표적인 것이 site 다이버시티 (diversity) 및 위성 다이버시티와 같은 다이버시티 기법이 여기에 속한다.

반면에 적응형 전송 기법을 이용한 보상 기법은 강우 감쇠가 심하게 발생하는 기간에만 전력 효율이 큰 전송 방식 예를 들어 부호화 이득이 큰 오류정정부호와 같은 것들을 사용하는 방식을 말한다. 따라서 적응형 보상 기법의 경우에는 강우 감쇠가 발생하는 기간에만 이를 보상하기 위한 노력을 기울이는 것이므로 강우의 연중 발생율이 매우 낮다는 것을 고려할 때 고정 보상 기법과 비교하여 매우 효율적인 방식이라고 할 수 있다.

이러한 방법 이외에 전력 제어 기법이 있는데 이는 강우 감쇠가 발생하는 기간에 전송 기법을 이용하지 않고 단순히 송신하는 전력 값을 높여줌으로써 손실을 보상하고자 하는 기법이다.

가. 고정 보상 기법 site 다이버시티

이 기법은 강우가 주로 한정된 지역에서 발생한다는 점을 이용한 방식으로써 강우로 인한 감쇠를 보상하기 위하여 미리 적어도 두개 이상의 지구국을 설치하여야 한다. 즉, 어느 지구국에 강우로 인한 신호 감쇠가 심하게 발생하게 되면, 강우로 인한 심호 감쇠가 없거나 감쇠량이 적은 지구국을 이용하여 위성파 통신하는 방식인데, 보통 각 지구국간의 연결은 지상망을 통하게 된다. 이러한 site 다이버시티를 이용한 강우감쇠 보상 기법의 개념이 그림 5에 나타나 있다.

다시 말해서 이 기법은 어느 정도의 거리가 떨어진 두 지구국이 동시에 강

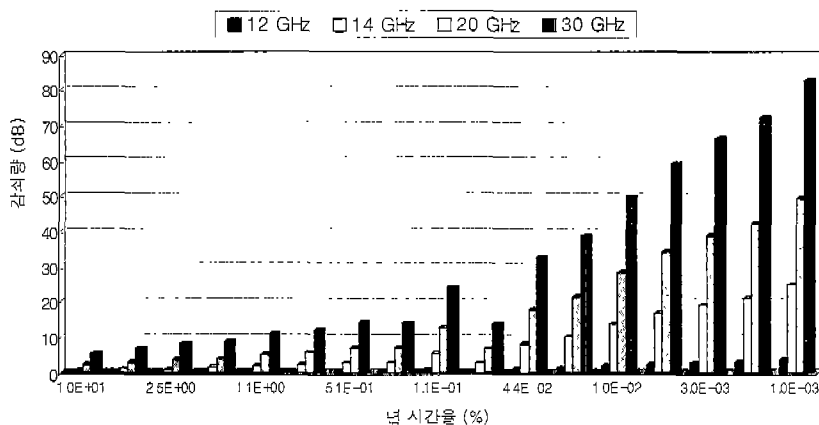


그림 4. 주파수 대역별 년 시간율에 따른 강우 감쇠량 비교

우를 겪게 될 확률은 그리 높지 않다는 사실에 근거를 둔 방식이다. 따라서 각 지구국의 설치 위치 및 지구국간의 거리는 그 지역의 강우 발생 특성 및 위성과의 양각등을 고려하여야 한다. site 다이버시티 기법에서 위성과 통신하게 되는 지구국은 보통 각 지구국에 설치된 강우 게이지 혹은 radiometer을 사용하여 결정하게 되는데, 보통 감쇠 값이 적은 경우에는 radiometer를 사용하고 감쇠량이 10~12dB 이상인 경우에는 radiometer 대신에 비콘(beacon) 신호를 사용한다.

이러한 방식은 사용이 간편하다는 장점이 있지만 지구국을 하나 더 설치해야 하므로 비용이 많이 든다는 단점이 있다.

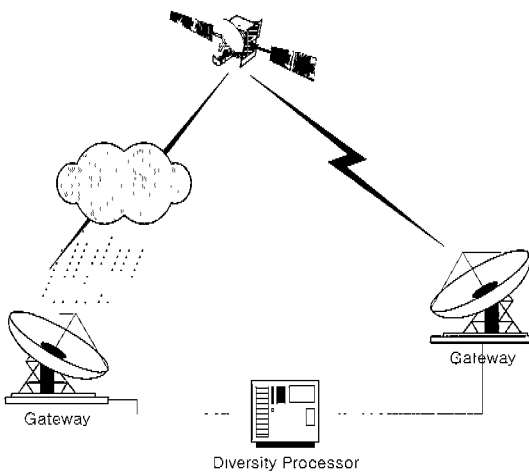


그림 5. Site 다이버시티를 이용한 감우감쇠 보상 기법의 개념

위성 다이버시티

위성 다이버시티 기법에서는 다수개의 위성을 사용하여 강우 감쇠를 보상한다는 기법인데 여러 개의 위성을 발사해야 하므로 비용이 많이 들고 그에 비해 효율성이 떨어지므로 별로 좋은 방법이 아니라고 할 수 있다.

주파수 다이버시티

사용하는 주파수가 커질수록 강우 감쇠도 커진다는 점을 이용하여 강우가 없을 때에는 높은 주파수대로 전송하고 강우로 인하여 신호 손실이 심할 때에는 낮은 주파수대로 전송하는 기법이다[3-4]. 이중 대역 주파수 다이버시티 시스템의 전형적인 예는 20/30GHz의 고 주파수 대역과 11/14 또는 4/6GHz의 저 주파수 대역을 동시에 운용하는 것이다. 이러한 기법은 여분의 주파수 대역이 요구된다는 것과 두 개의 RF 장비가 필요하다는 단점이 있다.

기타

이외에도 고정 보상 기법에는 강우로 인한 신호의 감쇠를 보상하기 위하여 일정양의 고정 전력 마진을 두는 기법과 펄스와 같이 시간에 구애를 받지않는 서비스의 경우에 신호의 손실이 심한 강우가 지속되는 시간이 그다지 길지 않다는 점을 이용하여 감쇠 값이 낮아지는 시간을 기다렸다가 전송하는 방식이 있다.

나. 전력 제어 기법

전력 제어 기법은 강우 감쇠가 발생하는 기간 동안에만 그 값을 보상하기 위하여 송신 전력량을 증가시킴으로써 수신 전력량을 일정하게 유지시키는 기법이다[5]. 전력제어기법에는 송신 지구국에서 송신 전력을 감쇠량에 따라 증가시키는 상향 링크 전력제어 기법과 위성 중계기내에서 상향 링크에서의 감쇠량에 따라 전력을 증가시키는 하향링크 전력제어 기법이 있다.

다. 적응형 전송 기법을 이용한 보상기법

상기에 기술된 여러 가지 고정 보상 기법의 경우에는 년중 발생율이 매우 낮은 강우 감쇠를 보상하기 위하여 미리 여분의 자원(지구국, 위성, 주파수 대역 등)을 마련해 놓아야 한다는 점에서 매우 비효율적이라고 할 수 있다. 그러나 강우는 년중 그 발생율이 매우 낮다하더라도 시스템의 사용 주파수대가 높아짐에

따라 강우가 발생하는 기간 동안에는 신호의 손실이 매우 크므로, 그 기간 동안에만 효율적으로 보상을 줄 수 있는 기법이 필요하게 된다. 전력 제어 기법도 이러한 맥락에서는 일치한다고 할 수 있으나 전력 제어 기법의 경우에는 고출력 증폭기를 최대 전력 마진을 고려하여 구비하여야 하므로 이 또한 비효율적이라고 할 수 있다. 따라서 근래에 들어서는 전송 기법을 적응적으로 사용함으로써 강우 감쇠를 보상할 수 있는 적응형 전송 기법을 이용한 강우 감쇠 보상 방안이 제시되고 있다[6-12].

강우감쇠 보상을 적응형 전송 기법의 기본 개념은 강우가 없을 때에는 스펙트럼 측면에서 효율적인 방식을 사용하다가 강우로 인하여 신호의 손실이 심각해지면 전력 측면에서 효율적인 기법으로 절체하여 사용하는 것이다. 이러한 기법의 개념이 그림 6에 나타나 있는데, 부복호, 변복조 및 다중 접속 기법을 여러 가지로 갖추어 놓고 강우로 인한 신호의 감쇠에 따라 이에 적절한 전송 기법을 할당하여 사용하는 방식을 설명해 주고 있다.

3. 강우감쇠 보상을 적응형 전송 방식

앞서 언급하였다시피 강우는 그 년중 발생율이 매우 적지만 사용 주파수 대역이 높아짐에 따라 그 피해가 심각하다. 특히 근래 타 위성망과의 간섭 등으로 인한 주파수 대역의 포화화 및 멀티미디어 시대의 대량으로 다양한 서비스가 요구됨에 따라 새로이 설계되고 있는 시스템의 주파수 대역이 점점 높아지고 있는 실정이다. 이러한 현실을 고려해 볼 때 강우 감쇠 보상 기법은 반드시 요구되는 기술이며 특히 적응형 전송 기법을 이용한 보상 기법이 바람직하다고 할 수 있을 것이다.

또한 적응형 부복호 및 적응형 변복조와 같은 전송 기법은 보통 한 개의 부복호기 또는 변복조기로 구현하여 파라미터만을 적절히 조절해 줌으로써 현 상태의 감쇠에 적절한 전송 기법을 할당하여 주는 방식을 취할 수 있기 때문에 하드웨어 측면에서도 큰 어려움 없이 구현할 수 있다는 점에서 그 잇점이 있다고 할 수 있을 것이다. 물론 이러한 기법을 적용하기 위해

서는 여분의 자원(시간 또는 주파수)이 요구되는데, 주파수 여분을 남겨둔다는 것은 필터의 특성이 변해야 한다는 의미이므로 주로 시간적인 여분을 주로 적용하게 된다.

예를 들어 강우 감쇠가 심해져서 부호화 이득이 더 큰 부호화 방식을 사용하게 되면 그만큼 여분의 비트를 많이 추가해야 하는데, 이러한 경우에 전송 비트율을 일정하게 유지시키려면 정보 비트율을 감소시켜야만 한다. 즉 이러한 경우에는 음성 서비스와 같은 실시간 서비스에서는 적용이 곤란하고 데이터 서비스와 같은

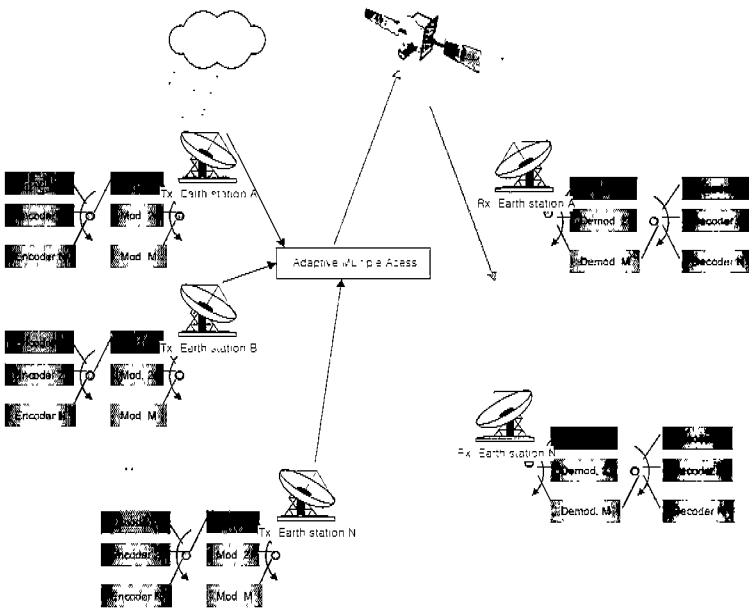


그림 6. 강우감쇠 보상을 적응형 전송 방식의 개념도

분야에만 적용이 가능할 것이다. 그러나 이러한 기법이 적응형 TDMA(Time Division Multiple Access: 시분할 다중 접속)기법과 함께 사용된다면 강우 감쇠를 심하게 겪고 있는 사용자에게 여분의 time slot을 할당함으로써 정보 비트율을 감소시키지 않고도 부호화 이득이 큰 부호화 방식의 할당이 가능토록 할 수 있을 것이다.

그림 7에는 한국전자통신연구원에서 개발된 강우 감쇠 보상을 위하여 적응형 전송 방식을 사용하는 위성통신 시스템 모델의 한 예가 나타나 있다. 송/수신 단에는 강우 감쇠의 양에 따라 적절히 할당될 수 있는 적응형 전송 방식들이 구비되어 있으며, 제어부에서는 수신된 신호의 품질을 측정하고 향후의 감

쇠량의 예측하여 다음 시점에서의 적절한 전송 방식을 할당할 수 있는 모듈이 구비되어 있다.

또한 아래 <표 1>은 한국전자통신연구원이 개발한 강우 감쇠 보상용 적응형 전송 기법을 이용하여 시뮬레이션한 결과로서, Ku 대역 위성통신 시스템에서 요구 BER이 10^{-4} 일때 M-ary PSK 방식을 이용한 적응형 전송방식과 고정형 전송 방식을 이용하였을 경우의 성능을 나타낸 비교표인데, 표에 나타나 있는

표 1. 강우감쇠 보상을 위한 적응형 전송 방식 및 고정형 전송 방식의 성능 비교

성능 전송기법	BER	성능 저하율	처리율	Bits/symbol	
적응형	5.097e-06	0.0003935	2595.56	2.1630	
고정형	BPSK	2.047e-04	0.03881	1199.75	0.9998
	QPSK	0.001176	0.09269	2397.18	1.9976
	8PSK	0.006106	0.3842	3578.02	2.9817

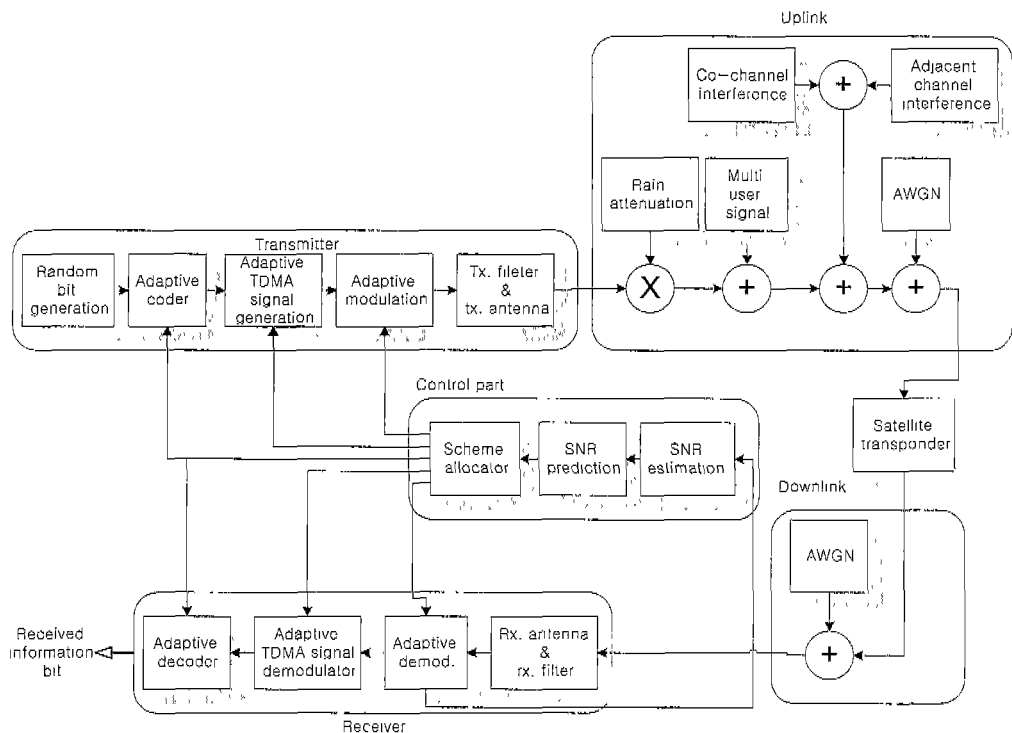


그림 7. 강우 감쇠 보상을 위한 적응형 전송 방식을 사용한 위성 시스템 모델의 예

비대로 적응형 전송 방식을 사용할 경우 고정형 전송 방식에 비하여 성능 저하율을 100배 이상향상 시킬 수 있음을 알 수 있다.

5. 기술 개발 동향

적응형 강우감쇠 보상 기술 개발을 위해서는 우선 강우감쇠의 동적 특성을 모델링 할 수 있는 기술이 필요하다. 미국의 NASA에서는 Advanced Communications Technology Satellite(ACTS) 프로젝트의 일환으로 강우 감쇠의 동적 특성 모델링 기법[13-14]을 개발하였다. 여기에서는 강우 감쇠의 동적 특성을 나타내는 확률 밀도 분포함수가 대수정규분포(log-normal distribution)를 따른다는 결론을 내렸으며, 이 모델을 이용하여 적응형 전송 방식을 사용하는 시스템의 링크 가용도를 계산할 수 있음을 보였다.

그러나 강우가 나타내는 특성은 지역마다 또 시스템에서 사용하는 주파수마다 다르기 때문에 각각에 가장 적합한 모델을 도출할 수 있어야 할 것이다. 실제로 우리나라의 경우에는 거의 대부분의 강우가 여름철에 집중적으로 발생하고, 또 이 시기에 주로 발생하는 강우의 특성이 시간에 따른 변화의 폭이 매우 크다는 사실이다. 또한 이처럼 시간에 따른 감쇠 변화의 폭이 큰 강우 사건들이 적응형 전송 기법의 동작에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 이러한 강우의 특성을 얼마나 실제 현상에 가깝게 모델링해 줄 수 있는지가 적응형 전송 방식의 성능을 좌우한다고도 할 수 있을 것이다.

한국전자통신연구원에서는 국내에서 측정된 강우 감쇠 데이터를 이용하여 이들의 통계적 특성을 모델링 할 수 있는 기술을[15] 개발하였으며, 여기에 사용자가 원하는 시간만큼의 간격으로 샘플을 취할 수 있는 인터플레이션 기법[16]과 주파수 스케일링[17]을 적용하여 원하는 주파수 대역에서 원하는 시간 간격으로 강우의 동적 특성을 생성해 낼 수 있도록 하

였다.

적응형 강우 감쇠의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 기술이 강우 감쇠에 따른 신호의 품질을 측정하고 이에 따라 향후의 감쇠량을 예측하여 이에 적절한 전송 방식을 할당할 수 있는 제어 기술이다. 이러한 제어 기술로는 유럽에서 Olympus 위성에서 측정된 강우 데이터를 이용하여 개발된 기술들이 소개되어 있다[18-19]. 이와 더불어 한국전자통신연구원에서는 보다 효율적으로 강우감쇠를 적응적으로 보상하기 위하여 지능형 제어 알고리즘을 개발하였다[20-21]. 여기에서는 비콘 신호의 도움없이 수신된 PSK 변조 신호의 신호 대 잡음비를 측정하고 이로부터 매우 간단하게 다음 시점의 신호 대 잡음비를 예측하여 이에 적절한 전송방식을 할당할 수 있도록 하였다.

또한 보다 효율적인 강우감쇠 보상을 위하여 기존의 적응형 TDMA 방식이나 천공 길쌈 부호나 연접 부호를 이용한 적응형 부호화 방식 이외에, 신기술을 이용한 적응형 전송 방식을 개발하였다. 지상시스템에서의 CDMA 기술의 성공적인 개발[22]에 힘입어 위성 시스템에서 적용할 수 있는 강우감쇠 보상을 위한 적응형 CDMA 방식[23] 및 블럭터보부호를 이용한 적응형 부호화 방식[24] 등이 그 예이다.

Ⅲ. 고속 멀티미디어 위성 전송을 위한 기술

앞서 언급한 바와 같이 대용량의 데이터를 고속으로 서비스하기 위해서는 주파수 측면에서 효율적인 다중 반송파 전송방식의 사용이 필수적이라고 할 수 있다. 따라서 본 장에서는 위성통신 시스템에서의 다중 반송파 변조 방식과 고효율 부호화 방식에 대하여 살펴보기로 한다.

1. 다중 반송파 전송 기술

최근 고속 데이터 서비스를 제공하기 위해서는 기존의 DS-CDMA 기술보다 CDMA와 OFDM이 결합된 형태인 MC-CDMA와 같은 다중 반송파 전송 기술이 훨씬 유리하다는 연구 결과들이 발표되고 있다. 실제로 다중 반송파 전송 기술의 대표적인 OFDM 기술을 사용할 경우 이론적으로는 최고 40% 이상의 전송 효율을 증대시킬 수 있다. OFDM 기술은 현재 유럽쪽의 지상파 그리고 위성 디지털 오디오 방송(DAB) 등에 사용되고 있으며 현재 디지털 지상파 방송(DVB-T), 위성(DVB-S), 케이블(DVB-C)등의 고속 디지털 통신에 적용되어지고 있다.

또한 NASA Glenn Research Center의 D3(Direct Data Distribution) 프로젝트에서는 155Mbps의 속도의 4개 채널(기존의 155Mbps모뎀 사용) OFDM기술을 사용하여 622Mbps의 속도를 가지는 위성통신용 고속 모뎀을 개발 중에 있다 [25]. 다중 반송파 전송 기술은 또한 유럽의 표준화 기구인 ETSI BRAN의 하이퍼랜(HIPERLAN/2)과 일본의 MMAC-PC 등에서 고속 무선 LAN의 공통된 물리계층 표준안으로 채택되었다.

다중 반송파 전송 기술을 적용하기 위하여 가장 큰 문제점은 단일 반송파 시스템에 비해 상대적으로 높은 첨두전력 대 평균전력비(Peak to average power ratio; PAPR)을 가진다는 점인데, 송신단의 TWTA(traveling wave tube amplifier)등과 같은 고효율 증폭기가 가지는 비선형 특성은 PAPR로 인하여 신호의 왜곡을 더욱 심각하게 하여 시스템의 성능을 저하시키는 주된 원인이 된다. 이러한 점을 극복하기 위해서 다중 반송파 전송 기술에서의 PAPR을 줄이기 위한 여러가지 방법이 있는데 크게 다음의 두 가지로 분류할 수 있다.

- 부호등을 사용하여 상대적으로 낮은 첨두전력을 가지는 부호어만을 선택적으로 전송하는 방법

[26-30]

- 변조된 심볼의 위상을 변화시켜 PAPR이 낮은 전송 심볼열을 찾아 전송하는 기법[31-32]

또한 다중 반송파 전송 기술을 보다 효율적으로 활용하기 위해서는 TWTA로 인한 신호의 비선형 왜곡을 보상하기 위한 기술이 요구되는데, 이러한 방법은 송신단에서 보상하는 방법과 수신단에서 보상하는 방법으로 나눌 수 있다. 비선형 왜곡된 신호를 수신단에서 보상해 주기 위해서는 MLSE(Maximum Likelihood Sequence Estimation) 기법, 비선형 등화기, 적응형 비선형 ISI(InterSymbol Interference) 제거 기법 등을 사용할 수 있으나 [33], 이와 같은 보상 기법들은 구현의 복잡도가 커서 실제 시스템에 적용하는데 한계가 있다. 송신단에서는 사전 왜곡기를 증폭기의 앞단에 구현하여 증폭기에 의한 비선형 왜곡을 미리 보상하는 방법을 사용할 수 있으며, 아날로그 사전 왜곡기와 데이터 사전 왜곡기로 나눌 수 있다[34-35]. 아날로그 사전 왜곡기는 변조된 신호를 다루므로 RF(Radio Frequency) 단 또는 IF(Intermediate Frequency) 단에서 메모리가 없는 왜곡을 보상하게 되며, 데이터 사전 왜곡기는 변조기 이전에 위치하여 입력 데이터 자체를 보상하게 된다.

현재 위성 통신 시스템을 위한, TWTA의 비선형 특성을 보상하기 위해 개발된 선형화기들이 있는데, 캐나다의 Space System Loral에 의해 개발된 상업용 위성을 위한 광대역 선형화기[36]와 캐나다의 Amplix Inc.에서 위성을 위해 개발한 Ka 대역용 TWTA 선형화기[37]가 있다.

2. 고효율 부호화 기술

위성통신시스템은 전력 및 대역폭 제한적인 시스템이므로 이에 대한 효율을 고려함이 필요하다. 전력 및 대역폭효율을 높이기 위해 오류 제어 방식은 높은 부호율로 높은 부호 이득을 얻을 수 있는 것이 바람

직하다. 또한, 위성채널에서의 강우, 전송 경로 장애물 등으로 인한 신호 감쇠를 고려해야 한다. 사용되는 주파수 대역이 높아질수록 짧은 파장으로 전파 손실이 커지는데, 현재 멀티미디어 서비스와 같은 광대역 서비스를 제공하기 위해 사용되는 고주파 대역에서는 신호 감쇠가 통신에 치명적이다. 이러한 강우 영향을 극복하기 위한 방법 중 하나는 강력한 오류 제어 방식을 사용하여 충분한 마진을 두는 것이다.

뿐만 아니라, 여러 요인으로 인한 지연을 염두에 두어야 한다. 위성 통신 채널은 전송 경로가 길어 전송지연이 다른 통신시스템보다 길다. 신호 감쇠 문제를 강력한 부호화방식과 인터리버 등으로 극복할 수 있으나 이는 수신단에서 복호 지연을 야기시킨다.

이제까지 위성 통신 시스템에서는 높은 부호화 이득을 창출하기 위하여 길쌈 부호와 리드 솔로몬 부호를 연결하여 사용되어왔다. 그러나 1993년 프랑스의 CNET에서 거의 Shannon의 극한에 근접하는 터보부호가[38] 개발되기 시작하면서부터 위성통신 시스템에서의 터보부호의 적용이 적극적으로 검토되고 있다.

터보부호가 고 이득을 창출하기 위해서는 비교적 큰 지연이 요구되는데 이는 고속 데이터 전송에 가장 큰 걸림돌이 되고 있으나, 이를 극복하기 위한 다양한 노력 또한 전개되고 있다. 남호주 대학의 위성통신연구센터에서는 이동위성통신 시스템에서 고속 데이터 전송을 위한 터보부호 칩을 개발하고 있으며 [39]. 위성통신 시스템에서 길쌈 부호와 리드 솔로몬 부호의 연결 부호와 비교하여 터보 부호의 우수성을 비교 제시한 논문들이 발표되고 있다[40-41]. 이외에도 위성 DVB나(Digital Video Broadcasting) DAB(Digital Audio Broadcasting)에서도 터보부호의 사용이 적극적으로 고려되고 있다 [42-44].

IV. 결 론

본 고에서는 위성을 이용한 고속 멀티미디어 통신을 위하여 요구되는 기술들과 해당 기술 개발 동향들에 대하여 살펴보았다. 사용자들의 다양한 통신 서비스에 대한 욕구 증대로 인하여 위성은 지상 시스템에 대한 보완적인 역할로써 지속적으로 발전될 것으로 전망되며, 특히 위성을 이용한 광대역 서비스 제공이 점차 증대할 것으로 기대됨에 따라 고품질의 서비스를 경제적으로 제공할 수 있는 적응형 전송 기술 및 다중 반송파 전송 기술에 대한 기술 개발이 시급히 요구된다. 특히 Ku 대역 이상을 사용하는 위성통신 시스템에서는 강우로 인한 신호의 감쇠를 보상해 주지 않으면 안정된 서비스를 제공하기가 곤란하지만, 강우가 주는 영향이 연 중 시간을 측면에서는 지극히 적다는 점을 고려할 때 경제적인 서비스를 위해서는 적응형 전송 방식의 채택은 필수적이라고 할 수 있다. 또한 이러한 기초 기반 기술은 향후의 활용도를 고려할 때 막대한 기술 파급 효과로 인한 수입 대체 및 시장 창출 효과가 있음에도 불구하고 기술의 선진성으로 인하여 사업자들의 투자가 주저되고 있는 상황이므로 정부의 주도하에 지속적인 개발이 요구된다고 할 수 있다.

※참고문헌

- [1] ESA, Olympus Propagation Experimenters Results(OPEX) ; Reference Book on Attenuation Measurement and Prediction , pp.91, 1997
- [2] 김수영, 신천식, 이수인, "위성통신 시스템에서의 적응형 강우 감쇠 보상 기법," 주간기술동향, 통권 860호, 한국전자통신연구원, 1998.8.19
- [3] F. Carasa and G. Tartara and E. Matricciani, "Frequency Diversity and its Applications," International Jour-

- nal of Satellite Communications, Vol. 6, pp. 313~322, 1988
- [4] M. Luglio, "Fade Countermeasures in Ka Band : Application of Frequency Diversity to Satellite System." 10th International Conference on Digital Satellite Communications, Vol. 1, pp. 143-151, 1995
- [5] J. Horle, "Up-link Power Control of Satellite Earth-Stations As a Fade Countermeasure of 20/30 GHz Communications System," International Journal of Satellite Communications, Vol. 6, pp. 323~330, 1988
- [6] Khan, M. H., Le-Ngoc, T. and Bhargava, V. K., "Further Studies on Efficient AFEC Schemes for Ka-band Satellite Systems," IEEE Transaction on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-25, No. 1, pp.9-20, January
- [7] M. J. Willis, "Fade Countermeasures applied to transmissions at 20/30GHz," Electronics & Communication Engineering Journal, pp. 88~96, April 1991
- [8] S. K. Barton and S. E. Dinwiddy, "A Technique for estimating the throughput of Adaptive TDMA Fade Countermeasure System," International Journal of Satellite Communications, Vol. 6., pp. 331~341, 1988.
- [9] Dirk Von Hugo and Andreas Wilde, "An Adaptive Resource Sharing Strategy for TDMA," International Journal of Satellite Communications, Vol. 12, pp. 249-256, 1994
- [10] B. C. Gremont, A. P. Gallois, and S. D. Bate, "Efficient Fade Compensation for Ka Band VSAT System," Ka Band Utilization Conference and International Workshop on SCGII, pp. 439-443, September 24-26, 1996
- [11] Roberto J. Acosta, "Rain Fade Compensation Alternatives for Ka Band Communication Satellites," 3rd Ka Band Utilization Conference, pp. 145-152, September 15-18, 1997 Italy
- [12] M. Filip and E. Vilar, "Implementation of Adaptive Modulation as a Fade Countermeasure," International Journal of Satellite Communications, Vol. 12, pp. 181~191, 1994
- [13] Manning, R. M., "A Unified Statistical Rain-Attenuation Model for Communication Link Fade Predictions and Optimal Stochastic Fade Control Design Using a Location Dependent Rain Statistics DataBase," International Journal of Satellite Communications, Vol. 8, pp. 11-30, 1990
- [14] Manning, R. M., "Ka-Band Rain Attenuation Prediction - A New Challenge in Modeling Communication Link Performance." Proceedings of the 1st Ka-band Utilization Conference, Sorrento, Italy, pp. 125-146, 1995
- [15] Sooyoung Kim Shin, Soo In Lee, Yang Su Kim, and Jae Mounng Kim, "A Dynamic Rain Attenuation Modeling Technique for Satellite Communication Link," Proceedings of Inter-

- national Conference on Telecommunications, Vol. 2, 15-18. June, 1999, pp. 33-37.
- [16] 김수영, 이수인, 김양수, "동적 강우감쇠 데이터의 인터플레이션 기법," 한국통신학회 논문지, Vol. 25, No. 3A, pp.317-324
- [17] ITU-R, Recommendation ITU-R M. 1225, App. 2 to Annex 2, 1997.
- [18] Dossi, L., "Real Time Prediction of Attenuation for Applications to Fade Countermeasures in Satellite Communications," Electronics Letters, Vol.26, No. 4, pp.250-251, 1990
- [19] Gremont, B. C., Gallois, A. P., Bate, S. D., "Predictive Fade countermeasures for Ka Band Satellite Systems," 10th international Conference on Antenna and Propagation, pp.2.109-2.113, 14-19 1997
- [20] Kwang-Jae LIM, Soo In LEE and Seong Pal LEE, "Radio-format selection algorithm for rain-fade compensation in adaptive satellite communications," Proceedings of the 6th Ka-band utilization conference, Jun. 2000, pp.209-216
- [21] Sooyoung Kim Shin, Kwangjae Lim, Hyungsoo Lim, Taegon Kweon, and Soo In Lee, "Adaptive Rain Fade Compensation Technique and Its Performance Evaluation," Proceedings of the 5th CDMA International Conference, Vol. 2, Nov. 2000, pp.592-596
- [22] Youngnam Han, Hang Gu Bahk, Seungtaik Yang, CDMA Mobile System Overview: Introduction, Background, and System Concepts, ETRI Journal, Vol. 19, No. 3, Oct. 1997, pp. 83-97
- [23] Dong Hee Kim, Sooyoung Kim Shin, Seoung Hoon Hwang, Soo In Lee and Kuem Chan Whang, "Adaptive CDMA Scheme for Rain Fade Compensation in Ka-band Geosynchronous Satellite Communications," Proceedings of the 5th Ka band Utilization Conference, 18-20 Oct. 1999, Italy, pp. 137-142
- [24] 김수영, 박지혜, 이수인, "블럭터부호를 이용한 위성통신시스템에서의 적응형 부호화 방식," Proceedings of JCCI 2000, Vol.1, pp. 419-422
- [25] <http://spacecom.grc.nasa.gov/technologies/digital/odfm.asp>
- [26] D. Wulich, "Reduction of peak to mean power ratio of multicarrier modulation using cyclic coding," Electronics Letters, vol. 32, no. 5, pp. 432-433, Feb. 1996.
- [27] X. Li and J. A. Ritcey, "M-sequences for OFDM peak-to-average power ratio reduction and error correction," Electronics Letters, vol. 33, no. 7, pp. 554-555, Mar. 1997.
- [28] A. Jones, T. Wilkinson, and S. Barton, "Block coding scheme for reduction of peak to mean envelope power ratio of multicarrier transmission schemes," Electronics Letters, vol. 30, no. 25, pp. 2098-2099, Dec. 1994.
- [29] J. A. Davis and J. Jedwab, "Peak-to-mean power control and error correction for OFDM transmission using

- Golay sequences and Reed-Muller codes," *Electronics Letters*, vol. 33, no. 4, pp. 267-268, Feb. 1997.
- [30] R. D. J. van Nee, "OFDM codes for peak-to-average power reduction and error correction," *Proc. IEEE Globecom*, London, pp. 740-744, Nov. 1996
- [31] R. W. Bäuml, R. F. H. Fischer, and J. B. Huber, "Reducing the peak-to-average power ratio of multicarrier modulation by selected mapping," *Electronics Letters*, vol. 32, no. 22, pp. 2056-2057, Oct. 1996.
- [32] S. H. Müller and J. B. Huber, "OFDM with reduced peak-to-average power ratio by optimum combination of partial transmit sequences," *Electronics Letters*, vol. 33, no. 5, pp. 368-369, Feb. 1997.
- [33] Giovanni Lazzarin, Silvano Pupolin, and Augusto Sarti, "Nonlinearity Compensation in Digital Radio Systems," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 42, pp. 988-999, Feb./Mar./Apr. 1994
- [34] 이제석, 조용수, 임용훈, 윤대회, "고출력 증폭기의 비선형성 보상을 위한 메모리를 갖는 적응 데이터 사전왜곡기," *한국통신학회 논문지*, pp. 669-678, Sep. 1994
- [35] <http://www.amplix.com/lintech/predistortion.html>
- [36] <http://www.ssloral.com>
- [37] <http://www.amplix.com>
- [38] C. Berrou, A. Glavieux, and P. Thitimajshma, "Near Shannon limit error-correction coding and decoding : Turbo-codes," in *Proc. ICC*, pp. 1064-1070, Geneva, Switzerland, May 1993
- [39] <http://www.crcss.csiro.au/reports/rept2000/Part05.htm>
- [40] M. Vanderaar, R. T. Gedney and E. Hewitt, "Comparative performance of turbo product codes and Reed-Solomon/convolutional concatenated codes for ATM cell transmission," in *Proc. of 5th Ka-band Utilization Conference*, pp. 409-416, October 1999
- [41] C. Vladon, Y. Romanstah, R. Tafazoli, and B. G. Evans, "Performance evaluation of FEC coding schemes for future broadband satellite systems", in *Proc. of 5th Ka-band Utilization Conference*, pp. 401-408, October 1999
- [42] European Telecommunications Standards Institute, "Digital broadcasting system for television sound and data services," *ETS 200 421*, Dec. 1994.
- [43] Matthew C. Valenti, "Inserting Turbo Code Technology into the DVB Satelliet Broadcasting System," *Milcom.*, Vol. 2, pp. 650-654, 2000
- [44] Yi, B. K., Pickholtz, R., "A Novel DAB Technique Using Code Combining, Packet Combining, And Iterative Decoding(Turbo Code)," *Global Telecommunications Conference 1999*, Volume 5, pp. 2607-2614, 1999



김수영

1990년 2월 한국과학기술원
전기 및 전자 공학과 학사,
1994년 2월~1991년 9월
한국전자통신 연구소 위성통신
시스템연구부 연구원,
1992년 10월 Univ. of
Surrey, U K 공학 석사,

1995년 2월 Univ. of Surrey, U.K 공학 박사, 1994
년 11월~1996년 6월 Research Fellow, Univ. of
Surrey, U.K, 1996년 8월~현재 한국전자통신연구원
무선방송기술연구소 위성전송방식연구팀장, <관심분
야> 유류정정 부호화 방식, 이동/위성통신 전송 방식
연구 등



이호진

1981년 2월 서울대학교 전자
공학과 학사 1983년 2월 서
울대학교 전자공학과 석사,
1990년 2월 서울대학교 전자
공학과 박사, 1983년 6월~
현재 한국전자통신연구원 무
선방송기술연구소 위성통신응
용연구부 부장, <관심분야> 위성통신시스템, 위성멀티
미디어 지구국 기술등

용연구부 부장, <관심분야> 위성통신시스템, 위성멀티
미디어 지구국 기술등