

위성방송 수신 가용도 개선을 위한 디지털 위성방송 전송기술 동향

Trends of Digital Satellite Broadcasting Transmission Technology for Satellite
Broadcasting Reception Availability Improvement

이동통신과 방송기술 개발 현황 특집

김승철 (S.C. Kim) 광역방통융합기술연구팀 선임연구원
최은아 (E.A. Choi) 광역방통융합기술연구팀 선임연구원
장대익 (D.I. Chang) 광역방통융합기술연구팀 팀장

목 차

-
- I . 서론
 - II . 위성수신 가용도 개선
 - III . VCM 기반 위성방송 전송시스템
 - IV . 결론

최근 위성방송 기술은 고선명/고음질을 실현하고, 다양한 부가서비스를 제공하는 고품질의 디지털 전송방식으로 변화하고 있다. 이러한 위성방송의 수요확대에 다채널 데이터 전송 및 HD급 고품질의 영상을 전송할 수 있는 DVB-S2 시스템 개발에 한창이다. 본 논문에서는 DVB-S2 전송방식을 적용하기 위한 Ku/Ka 대역의 강우감쇠 등을 효과적으로 보상하여 보다 나은 위성방송 수신 가용도를 높이기 위한 방안에 대해 논한다.

I. 서론

아날로그 방송의 디지털 전환과 방송통신 융합의 흐름은 방송 시장의 구조와 지형에서 근본적인 변화를 초래하고 있고, 통신망을 포함한 매체들 간의 치열한 경쟁구도가 형성될 전망이다. 특히, HD급 고품질 중심의 디지털 방송 전환 추세는 위성방송의 위상과 입지에 커다란 영향을 미칠 것으로 보인다.

이러한 방송환경의 변화에 따라, 국내외 위성방송 분야에서도 서비스 품질 향상을 통해 경쟁력을 확보하고자 하는 노력이 활발하게 이루어지고 있으며, 고효율의 위성 전송기술인 DVB-S2와 획기적인 성능의 H.264 비디오 압축 기술을 적용한 고품질의 위성방송 서비스가 출현하고 있다. 또한, 600MHz의 폭넓은 대역을 갖는 21GHz Ka 주파수 대역이 제 1, 3지역에서 2007년부터 방송우선업무용으로 사용이 가능해지면서 다채널 고품질 HDTV 서비스 제공을 위한 위성방송의 진화는 한층 더 탄력을 받을 전망이다.

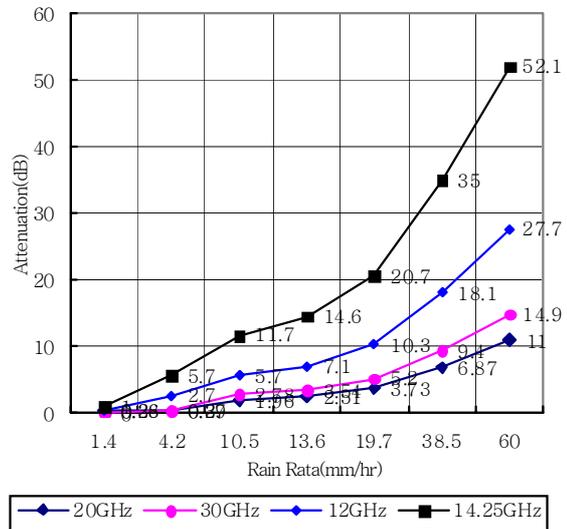
그러나, 기존 위성방송 서비스 대역으로 널리 이용되어 온 Ku 대역과 달리, Ka 대역은 광활한 주파수 자원에도 불구하고 강우영향에 매우 취약한 특성을 지니고 있어, 강우감쇠 영향을 극복하고 적정 수준의 서비스 가용도를 보장할 수 있는 기술의 개발이 선행되어야 한다.

본 논문에서는 21GHz Ka 대역에서의 위성방송 서비스를 위한 효과적인 강우감쇠 극복 방안으로, 스케일러블 비디오 코딩 기술과 다중 대역 계층전송 기술 또는 가변 부호/변조 기술을 접목한 서비스 가용도 개선 방법에 대하여 살펴보고자 한다.

II. 위성수신 가용도 개선

1. 강우감쇠 보상 기술

Ka 대역 이상의 고주파 대역은 폭넓은 대역의 주파수 자원을 제공하면서도 스폿빔을 형성하여 주파수 재사용성을 높일 수 있는 등의 장점이 있으나, 강

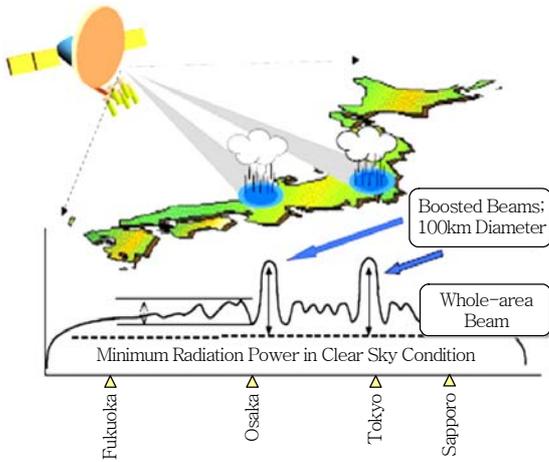


(그림 1) 강우율에 따른 신호 감쇠 분포

우영향에 매우 치명적인 단점이 있다. (그림 1)은 무궁화위성 3호의 중계기를 기준으로 주파수에 따른 강우감쇠 특성 분포를 보인 것이다. 그림에 따르면, 강우의 집중도에 따라 감쇠의 폭이 커지고, 20GHz 대역의 감쇠 특성이 12GHz Ku 대역에 비해 3배에 가까움을 알 수 있다.

이러한 신호 감쇠를 보상하기 위한 방안으로 링크 전력제어, 다이버시티 기법, 빔 성형기술, 계층전송 기법, 적응형 부호/변조 기술 등이 연구되어 왔다. 최근에는, 일본에서는 NHK 기술연구소를 중심으로, 위상배열(phased array) 급전 반사경 안테나를 이용하여 격렬한 국지성 강우가 발생한 지역에만 부분적으로 송신 전력을 증가하여 감쇠를 보상하는 가변 빔 패턴 방송위성 시스템에 관한 연구가 진행되고 있다((그림 2) 참조)[1],[2].

송출 전력이나 빔을 제어하는 방식은 위성 중계기나 중심국의 시스템에 적지 않은 변화를 주어야 하므로 기술 실현을 위한 비용 부담이 매우 큰 반면, 계층 전송 기법이나 적응형 부호/변조 기술은 부호/변조부와 복조/복호부에 국한되어 적용될 수 있어 상대적으로 실현 가능성이 높다. 또한, 전송 채널의 특성과 수신 상태의 변화에 따라 단계적인 품질의 서비스를 제공 받을 수 있도록 함으로써 서비스 수

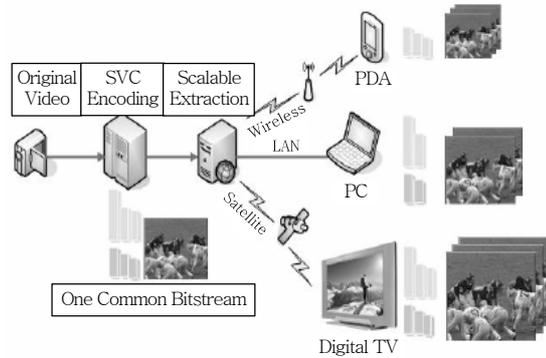


(그림 2) 위상배열 안테나를 이용한 21GHz 위성방송 개념도[2]

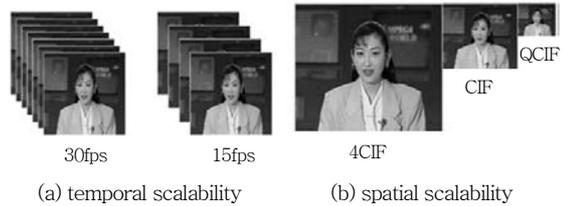
신 중단 비율을 낮출 수 있으며, 스케일러블 비디오 코딩 기술과 같은 방송 데이터 계층화 기술과 접목될 경우, 보다 효율적인 서비스 가용도 개선 방안으로 활용될 수 있다.

2. 스케일러블 비디오 코딩 기술

코딩 기술은 1990년대 초반 MPEG 기술의 출현 이후 꾸준히 연구되고 표준화도 이루어져 왔으나, 부호화 효율저하 및 복잡성 등의 한계와 산업에서의 수요 부재로, 현재까지의 상용화 사례는 극소수에 불과하다. 근래에 들어 H.264 AVC를 기반으로 하는 새로운 개념이 제안되면서 H.264(MPEG-4 Part 10) AVC 규격의 확장 형태로 표준화(H.264 SVC)가 진행되어 왔으며, 표준화 작업의 완료를 목전에 두고 있다. H.264 SVC 표준은 H.264 AVC를 기반으로 함으로써, 기존의 유사 기술표준들이 지녔던 부호화 효율저하의 치명적인 단점들을 상당 부분 보완하여 개발되었다. 또한, (그림 3)에서와 같이 전송 경로와 용량, 특성, 단말의 성능과 형태 등에서 다양성이 존재하는 heterogeneous 네트워크상에서 단일 소스를 이용하여 다양한 품질의 멀티미디어 서비스가 제공될 수 있도록 함으로써 방송과 통신이 융합되는 차세대 네트워크(NGN)의 핵심 기술 요소로



(그림 3) H.264 SVC 기술 활용 개념[3]



(c) SNR(quality) scalability
(그림 4) H.264 SVC 스케일러빌리티

부상하고 있다[4].

H.264 SVC의 주요한 특징으로는 (그림 4)에 보인 바와 같이 공간, 시간, 화질 스케일러빌리티를 제공하고, 복합적인 조합도 가능하다.

본 논문에서는 SD급 해상도의 기저계층과 HD급 향상계층의 2계층 공간 스케일러빌리티를 적용하였다. 향상계층은 HD급 복호를 위한 추가적인 부호화 정보를 싣고 있어서 시간 당 비트율이 높고 기저계층 없이 단독 복호가 불가능한 특징이 있다. 기저계층은 향상계층에 비하여 시간 당 발생하는 비트양이 작고, 향상계층 스트림이 없어도 SD급의 영상으로 복호될 수 있다. 따라서, 기저계층의 전송은 전송 용량보다는 수신 가용률이 높도록 하고, 향상계층의 전송은 전송용량과 효율을 중시하여야 한다.

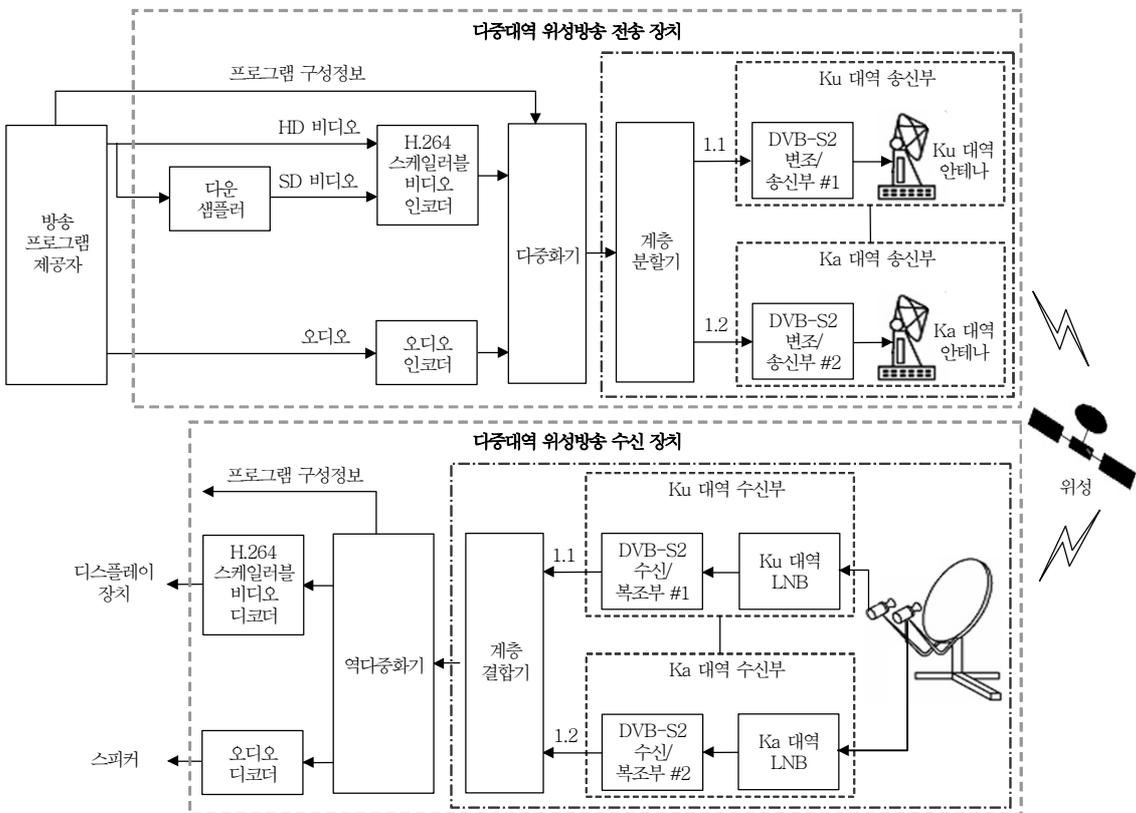
3. 다중대역을 통한 계층 전송 기술

높은 가용도가 요구되는 기저계층 스트림은 Ku 대역을 통해 전송하고, Ka 대역으로 고화질 재생이 가능하기 위한 향상계층 스트림을 전송하게 된다. 이 기법은 한국과 같이 강우분포가 특정시기에 집중되고 대부분의 기간 동안 맑은 날씨가 지속되는 곳에 적합하다. 그러나 대역들 간의 채널환경과 RF 소자 등의 차이로 인해 각 계층별 수신단 성능이 달라질 수 있고, 데이터 전송시간 차에 따른 계층간 동기의 문제가 나타날 수 있다. 또한 LNB, 튜너 등과 같은 부품들이 사용자 단말에 각 대역별로 별도로 필요하므로 비용이 증가하게 된다. 각 계층별 수신단을 통해 수신된 기저계층과 향상계층 스트림은 복호되기에 앞서, 원래의 단일한 스트림으로 재결합되어야 하며, 이 때 계층간 동기가 이루어지게 된다. (그림 5)

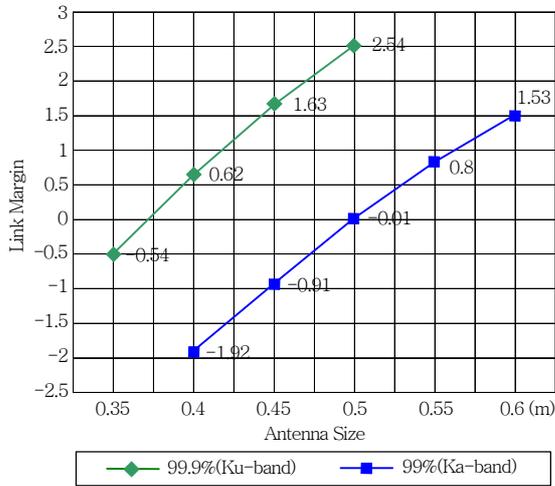
림 5)는 다중 대역을 이용한 계층적 전송 시스템의 개념을 도시한 것이다.

Ku/Ka 다중 대역 계층 전송 시스템을 통한 위성방송 서비스의 가용도는 Ku 대역을 통한 SD급 기저계층 전송에 대한 링크가용도로 표현될 수 있으며, DVB-S2 전송 규격을 적용할 경우 45cm 크기의 안테나로 99.97%의 높은 수치의 링크 설계가 가능하게 된다. (그림 6)에 무궁화위성 3호 위성의 Ku, Ka 중계기 제원을 기준으로 현행 Ku 위성방송 서비스 대역과 21GHz Ka 대역에 대하여 ITU-R P.618-8의 강우율을 바탕으로 한 링크 마진 분석 결과를 도시하였다.

다중 대역 계층전송 시스템은 기저계층 스트림 전송 규격으로 종래의 DVB-S 규격을 적용하게 되면, 기존 위성방송 서비스와의 호환성을 확보할 수 있는 부가적인 장점이 있다.



(그림 5) DVB-S2 기반 다중대역 계층 전송 시스템

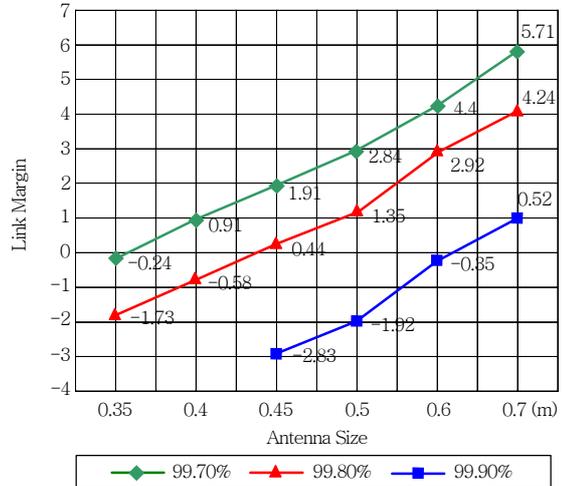


(그림 6) Ku/Ka 다중대역 계층전송 링크 마진

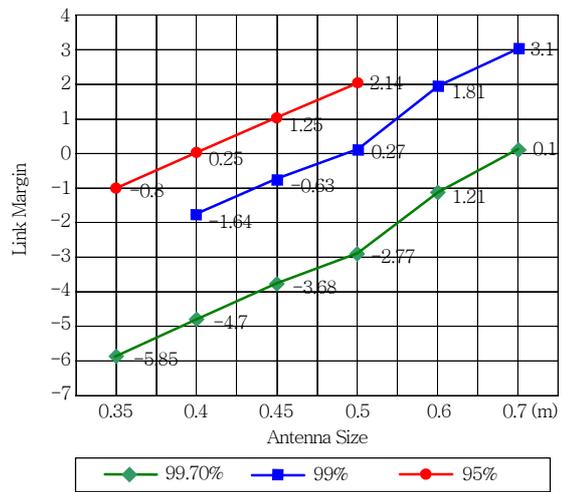
4. VCM 전송 기술

DVB-S2 규격에 따르면, 전송하고자 하는 입력 데이터는 에러정정 부호화를 거쳐 일정 길이의 전송 프레임으로 블록화된 후 변조과정을 거쳐 전송된다. 매 전송프레임에는 해당 프레임에 적용된 부호율과 변조방식에 대한 정보가 포함되어 있다. 따라서, 수신단의 복조기는 프레임의 헤더로부터 부호 및 변조 정보를 읽어 그 프레임의 복조/복호에 적용한다[5]. 이는 전송프레임의 단위로 입력 데이터 스트림의 특성과 채널환경의 변화에 대한 적응적 대처가 가능함을 의미한다. 즉, 수신 단말의 성능이나 전형적인 링크 환경에 기반한 카테고리를 정의하고, 입력 스트림들을 각 카테고리에 맞게 분리하며, 각 카테고리 별로 다른 부호율과 변조방식을 적용한 후 적절한 시간 순서에 따라 전송함으로써 VCM을 구성할 수 있다.

VCM 기술은 전체적인 전송 효율의 상당한 개선 효과를 기대할 수 있을 뿐만 아니라, 대역폭과 전송 성능을 유지하면서 수신 안테나 사이즈를 감소시키는 것에 적용될 수 있다. 또한 스케일러블 부호화 기술을 통해 계층화된 방송 데이터의 전송에 적용할 경우 서비스 가용도 개선 효과도 기대해 볼 수 있다. 그러나, 프레임 단위의 변조방식의 변화는 수신 단말에서의 동기화 처리에 어려움을 가중시켜 전송된



(a) QPSK 계층전송 링크 마진

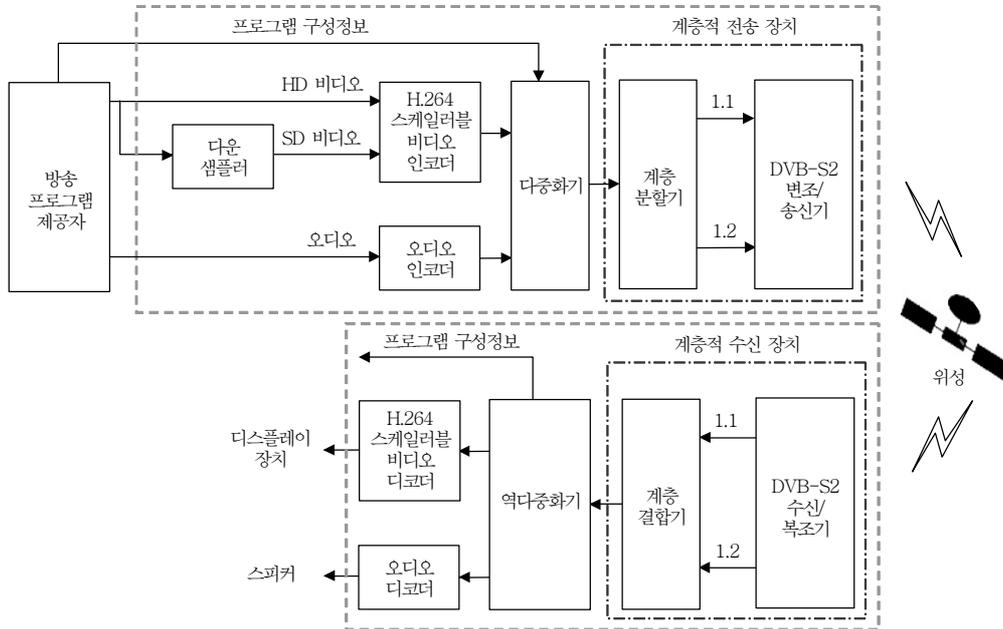


(b) QPSK 계층전송 링크 마진

(그림 7) VCM 전송 기술 적용에 대한 링크 마진

프레임의 손실을 유발할 수 있을 뿐 아니라, 전체적으로 신축성 있는 시스템을 구현하기 위해 비용이 증가하게 된다.

(그림 7)에 DVB-S2 VCM 전송 기술을 적용한 위성방송에 대한 링크 분석 결과를 도시하였다. 그림에 따르면, QPSK 1/2 QPSK 8/9 또는 8PSK 2/3의 계층전송 구성의 경우, 50cm 안테나를 이용하여 99.8%의 가용도로 SD급 화질의 방송 수신이 가능하며, HD급 화질 수신 가용도는 99%인 것으로 분석된다.



(그림 8) DVB-S2 VCM 기반 위성방송 전송시스템

본 고의 III장에 DVB-S2 기반 VCM 전송 시스템에 대하여 보다 자세히 기술하였다.

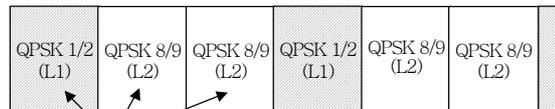
III. VCM 기반 위성방송 전송시스템

(그림 8)은 DVB-S2 VCM 전송 기법과 H.264 SVC 부호화 기술을 적용한 위성방송 전송시스템을 보인 것이다. 스케일러블 부호화된 비디오 스트림은 오디오 스트림과 함께 패킷화 및 다중화되고, 기저 계층과 향상계층의 패킷 스트림으로 분리되어 별도의 포트를 통해 DVB-S2 시스템에 입력된다.

VCM 기법에서는 동일한 변조방식에 부호율만 달리함으로써 물리계층 프레임(PLFRAME)의 길이를 일정하게 하여 전송하는 방법과, 변조방식과 부호율 또는 변조방식만을 달리함으로써 PLFRAME의 길이를 다르게 하여 전송하는 방법이 있다.

1. 가변 부호율 VCM

동일한 변조방식에 다른 부호율을 적용하여 전송하는 VCM의 경우 프레임 동기 어려움이 없다. 따



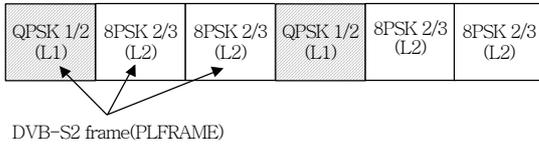
DVB-S2 frame(PLFRAME)

(그림 9) VCM 모드 프레임 전송 예
- 계층간 동일한 변조방식

라서, PLFRAME의 헤더로부터 추출된 부호율에 따라 데이터를 출력시키면 된다. 단, QPSK 1/2과 QPSK 8/9의 spectral efficiency와 심볼률에 따라서 (그림 9)에 예시된 바와 같이, 각 계층별 데이터율 요구사항에 맞게 각각의 프레임 개수를 할당해야 하며, 수신 단말에서의 계층간 동기 처리를 위해 적절한 조합으로 전송하여야 한다. 이와 같은 방식은 기본적인 CCM 전송방식의 경우 프레임 동기 확률이 동일하므로 구현상 유리할 수 있으나, 기저계층과 향상계층의 데이터율에 따라 적절한 조합을 구성하기 어려울 수 있다.

2. 가변 부호율/변조 VCM

계층전송 방식을 적용한 일본의 디지털위성방송



(그림 10) VCM 모드 프레임 전송 예
- 계층간 다른 변조방식

시스템인 ISDB-S의 경우는 변조방식과 부호율에 관계없이 일정한 길이의 데이터 심볼 열이 전송되는데 반해[6], DVB-S2의 경우 특히 변조방식, FEC 프레임 길이, 파일럿 존재 유무에 따라 물리계층 프레임데이터 길이가 달라진다. 따라서, DVB-S2의 경우 VCM 기법의 적용에 있어 간단히 해결되는 사항은 아니다.

프레임별로 다른 변조방식이 적용되어 전송되므로 매 프레임마다 변조방식에 대한 확인이 요구된다. 우선적으로, 송신과 수신 측에 미리 알려진 프레임 전송 순서에 따라서 프레임 동기 전략을 수행할 수 있다. 가령 (그림 10)에 예시된 바와 같이 QPSK 1/2, 8PSK 2/3이 반복적 또는 주기적으로 전송되다는 사전 정보에 따라 프레임 동기를 수행함으로써 프레임 동기 확률을 높일 수 있다. 그러나 완전한 의미의 VCM이 되기 위해서는 불가피하게 버스트로 가정된 복조기 설계형태로 수정이 요구된다. 특히, 초기 동기 시에 타이밍 오차 및 주파수 동기 수행 후 위상 동기화 및 PLS 디코딩은 feedforward 형태로 수행되어야 한다. 이때, 일정시간의 초기 포착시간이 필요하게 된다. 또는 PLS 디코딩은 위상 오차에 영향을 받지 않으므로 주파수 동기 후에 바로 수행하는 방법도 가능하다. 게다가 이 기법의 경우에는 변조 방식별로 포착시간이 달라지므로 수신 단말 내 다른 기능 요소들과의 조율이 필요하다. 특히, 포착 시간에 가장 영향을 미치는 프레임 동기 시간에서 변조 방식별로 PLFRAME의 길이가 다르므로 그에 대한 mean acquisition time이 달라지므로 이를 맞추기 위한 프레임 동기 오율을 맞추기 필요하다.

수신 단말의 동기부에서 VCM을 적용하기 위한 end-to-end 지연은 타이밍 동기, 프레임 동기, 주

파수 동기, 위상 동기 등이 있다. 시간 동기는 변조 방식보다 SNR 값으로 대변되는 채널 요소(주파수 오차 포함)에 영향을 받는다. 따라서 고정된 SNR 값의 경우 타이밍 조정이 가능하다. FEC부에서 VCM을 적용하기 위한 end-to-end 지연은 채널 값과 반복 횟수에 영향을 받는다. 그러나 운용중에 변조 방식별로 반복 횟수를 제어하는 적응형 기법을 적용하기는 어렵다. 따라서 변조 방식별로 반복 횟수를 고정하여 지연시간을 고려하며, 변조 방식 및 부호율에 영향을 받지 않는 형태로 간주한다.

IV. 결론

21GHz 대역 위성방송 서비스를 위해서는 Ka 대역에서 발생할 수 있는 강우감쇠를 극복하는 것이 가장 중요하다. 따라서, 본 고에서는 Ku/Ka 대역의 강우감쇠를 효과적으로 보상하여 보다 나은 위성방송 수신 가용도를 높이기 위한 방안에 대해 살펴보았다. 이러한 방안들 중에서도 보다 현실성 있고, 다양한 환경의 서비스 사용자들의 만족감을 충족시키기 위하여 SVC 기술과 VCM 기술을 접목한 기술개발에 매진할 예정이다.

● 용어해설 ●

스케일러블 코딩 기술: 영상 또는 음성 데이터를 부호화함에 있어서, 동일한 미디어 소스로부터 여러 수준의 비트율과 품질을 갖는 스트림으로 추출하여 전송 또는 복호할 수 있도록 하는 계층 부호화 기술

약어정리

FEC	Forward Error Correction
GBS	Global Broadcast Service
NGN	Next Generation Network
PLFRAME	Physical Layer Frame
SNR	Signal Noise Ratio
SVC	Scalable Video Coding
VCM	Variable Coded Modulation

참 고 문 헌

- [1] 전한얼 외 3인, “방송통신 기술동향 연구,” 방송위원회 정책연구 2006-5호, 2006. 5.
- [2] Parimal Majithiya, A.K. Sisodia, V. Muralidhar, and V.K. Garg, “Novel Down Link Rain Fade Mitigation Technique for Ka-band Multibeam Systems,” *International Journal of Satellite Communications and Networking*, Vol.25, 2007, pp.45-51.
- [3] Cheon-Seog Kim, Dongjun-Suh, Tae-Meon Bae, and Yong-Man Ro, “Quality Metric for H.264/AVC Scalable Video Coding with Full Scalability,” *Proc. of the SPIE*, Vol.6492, Mars, 2007, p.64921P.
- [4] Heiko Schwarz, Detlev Marpe, and Thomas Wiegand, “Overview of the Scalable H.264/MPEG-AVC Extension,” *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol.17, No.9, Sep. 2007, pp. 1103-1120.
- [5] ETSI EN 302 307 v1.1.2, “Digital Video Broadcasting(DVB); Second Generation Framing Structure, Channel Coding and Modulation Systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and Other Broadband Satellite Applications,” June 2006.
- [6] H. Kaoth, A. Hashimoto, H. Matsumura, S. Yamazaki, and O. Yamada, “A Flexible Transmission Technique for the Satellite ISDB System,” *IEEE Trans. on Broadcasting*, Vol.42, No.3, Sep. 1996, pp.159-166.