

논문 2007-44TC-3-11

위성 DMB 시스템 E의 고도화에 관한 연구

(A Study on the Enhancement for Satellite Digital Multimedia Broadcasting System E)

최승현*, 오덕길*, 장대익*

(Seung-Hyun Choi, Doeck-Gil Oh, and Dae-Ig Chang)

요약

위성 DMB는 이동성과 휴대성을 목표로 언제 어디서나 시청이 가능한 방송/통신 융합의 서비스로 현재 11개의 비디오 채널과 26개의 오디오 채널을 통해 각종 컨텐츠를 제공하고 있다. 하지만 최근 들어 휴대형 단말의 멀티미디어 서비스의 수요가 증가함에 따라 위성 DMB는 고품질 및 새로운 서비스를 요구하고 있다. 따라서 현 위성 DMB 시스템을 좀 더 효율적으로 제공하기 위해서 채널수를 확보하거나 전송품질을 향상시킬 필요성이 있다. 본 논문은 계층적 8-PSK 변조 방식을 적용하여 현재의 시스템과 새로 추가된 시스템을 동시에 지원할 수 있는 역호환 방식의 위성 DMB 시스템을 제안한다. 또한 새로운 시스템의 질 좋은 서비스를 제공하기 위해 강력한 채널 부호화 방식을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 위성 DMB 시스템의 고도화 가능성을 검증한다.

Abstract

Satellite Digital Multimedia Broadcasting (S-DMB) is the digital convergence service of broadcasting and communication for mobility and portability. Broadcasting service of S-DMB can be taken by the mobile phone or vehicle terminals anytime and anywhere. S-DMB system is currently providing 11 video channels and 26 audio channels. As the demand of multimedia service is recently increasing, S-DMB system needs high quality and new contents service. Therefore we need to make efficient S-DMB with more channel ability and high transmission quality. In this paper, we propose new S-DMB system that can be applied to powerful channel coding scheme and hierarchical 8-PSK(8-Phase Shift Keying) modulation with Backwards Compatibility modes that simultaneously can support both current and new system. And we analyze the performance of current S-DMB system and verify a possibility of advanced S-DMB through computer simulation.

Keywords : S-DMB, Backward Compatible(BC) mode, Hierarchical Modulation, 8PSK

I. 서 론

위성 DMB는 방송 또는 통신 위성을 이용하여 각 가정의 TV와 같은 고정 수신기뿐만 아니라 이동 중인 개인 휴대단말기, 차량용 단말기를 사용하여 다양한 멀티미디어 정보를 전송받을 수 있는 서비스를 말한다. 그림 1에 도시한 위성 DMB의 개념도를 살펴보면 지구국의 프로그램 공급자로부터 다채널, 오디오등의 프로그램을 받은 방송센터는 데이터를 위성으로 송출하게 되

고 위성은 다시 지상의 단말수신기에 전송하게 된다. 그리고 위성서비스가 불량한 지역인 도심의 음영지역이나 터널지역에 갭필러(Gap Filler)라는 중계기를 설치하여 언제 어디서나 서비스가 가능하도록 하여 기존의 다른 매체와 비교하여 고품질 및 다채널화를 가져올 수 있는 서비스이다. 하지만 최근 들어 개인 휴대형 단말기의 무선 멀티미디어 서비스의 수요가 증가함에 따라 위성 DMB 시스템은 더 많은 채널에 대한 서비스를 요구하고 있다. 따라서 현재 11개의 비디오 채널과 26개의 오디오 채널을 통해 서비스를 제공 중인 위성 DMB 시스템은 성능을 향상시키고 전송용량을 증대시킴으로써 다른 멀티미디어 시스템보다 차별성 있는 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 이러한 위성 DMB 시스템의 성

* 정희원, 한국전자통신연구원
(Electronics and Telecommunications Research Institute)
접수일자: 2006년 12월 22일, 수정완료일: 2007년 3월 14일

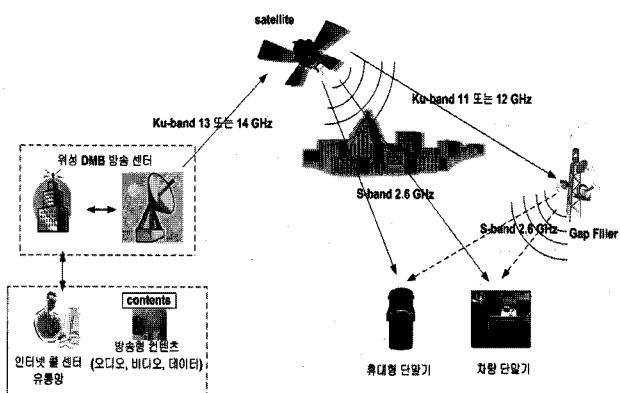


그림 1. 현재 위성 DMB 시스템의 서비스 개요도
Fig. 1. Service Overview of Current S-DMB system.

능향상 방안은 여러 가지가 있을 수 있다. 현재 위성 DMB 시스템에서 보다 좋은 전송 효율을 가지는 변복조방식을 적용하거나 또는 성능이 뛰어난 채널 부복호기를 선택할 수도 있다. 하지만 위와 같은 방법은 현재 사용하는 위성 DMB의 전체 시스템을 교체해야 하는 어려움이 있기 때문에 현 위성 DMB 전송시스템을 정확히 파악하고 성능향상을 이끌어 낼 수 있는 부분을 찾아 효율적인 변형이 필요하다. 본 논문에서 제안하는 위성 DMB의 용량증대 방법은 계층적 8-PSK 변조방식(hierarchical 8-PSK modulation)을 이용하는 것이다. 계층적 변조란 현 시스템보다 고차의 변조기법(high order modulation)을 적용하여 기존의 신호특성을 유지하면서 새로 추가된 부분에 부가 데이터를 실어서 기존 스트림과 새로운 스트림을 동시에 전송할 수 있는 방법이다. 본 논문은 계층적 변조를 위성 DMB 시스템에 적용하여 전송용량 고도화 방안을 제안하고 그에 따른 시뮬레이션을 진행하여 새로운 위성 DMB 시스템의 타당성을 제시하는 것이 목적이이다.

본 논문은 II장에서 계층적 8PSK 변조 방식에 대해 기술하고 III장은 계층적 변조를 적용한 새로운 위성 DMB 시스템에 대해 설명한다. 그리고 IV 장에서는 제안한 위성 DMB 시스템의 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하고 V장에서 결론을 내린다.

II. 계층적 8-PSK 변복조 기법

1. 계층적 8-PSK 매핑 방법

현 위성 DMB 시스템은 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식을 사용하고 있으며 계층적 변조를 사용하기 위해 8-PSK, 16-QAM(16-Quadrature Amplitude Modulation), 16-APSK(16-Amplitude and

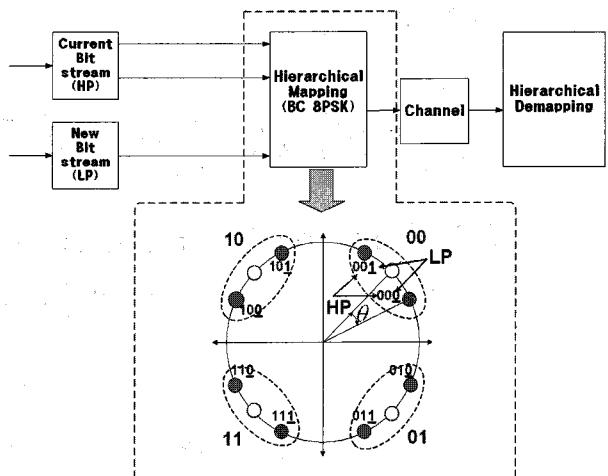


그림 2. 계층적 8-PSK 변조 기법
Fig. 2. Scheme of the hierarchical 8-PSK modulation.

Phase Shift Keying)와 64-QAM 등을 사용 할 수 있다. 하지만 고차 변복조방식은 높은 용량증대는 가능하지만 기존 시스템의 성능 감쇄가 크기 때문에 본 논문은 계층적 8-PSK 변조 방식을 적용한다. 그림 2는 계층적 8-PSK 변조의 개념도와 성상도(Constellation)를 나타낸다. 기존의 위성 DMB 시스템에서 나오는 데이터와 새롭게 추가된 데이터를 계층적 변조 매핑 블록에서 한 심볼씩 묶어서 성상도 IQ 신호로 매핑한다. 그 과정 중에 송수신간 미리 설정된 θ 값 만큼의 편향각(Deviation angle)을 송신 신호에 적용하여 8-PSK 변조 방식처럼 송신하게 된다. 여기서 기존의 비트 스트림을 HP(High Priority) 신호라 하고 새로운 비트 스트림을 LP(Low Priority) 신호라 정의한다.^{[2][4]} 예를 들면 HP 스트림 2비트와 LP 스트림 1비트가 8-PSK 매핑 블럭에서 한 심볼(Symbol)로 묶어서 나타내고 그림 2의 성상도에서 한 개의 점으로 표현된다. 예를 들어 HP 스트림이 00 이면 심볼은 성상도의 1사분면에 놓여질 것이고 LP 스트림이 1이라면 1사분면에서 $(45+\theta)$ 도에 매핑이 될 것이다. 이와 같이 계층적 8-PSK 변조방식은 편향각 θ 값에 따라 성상도 형태가 달라지는데 만약 0도라면 각 사분면의 LP 스트림이 일치하므로 QPSK의 성상도를 나타낼 것이고 22.5도라면 균일한 간격의 8-PSK(Uniform 8-PSK)가 될 것이다. 그리고 θ 값에 따라 성능의 차이도 달라지는데 θ 값이 크면 수신단에서 LP 스트림을 판단할 수 있는 경계조건이 멀어져서 LP신호의 성능은 좋아지는 반면 HP 스트림의 경계조건이 가까워지므로 HP 신호의 성능은 나빠진다. 그와 반대로 θ 값이 작아지면 HP 스트림을 구분할 수 있는 경계조건이 멀어져서 HP 신호의 성능은 좋아지는 반면

LP 신호의 성능은 나빠진다. 이와 같이 현재 서비스되는 HP 스트림과 새로운 LP 스트림의 성능을 고려하여 두 개의 성능을 동시에 만족할 수 있는 최적의 θ 값을 결정해야 한다. 이러한 계층적 8-PSK의 매핑 방법은 역호환(Backward Compatible) 모드로서 기존의 단말기는 아무런 제약 없이 기존의 서비스를 제공받을 수 있고 새로운 단말기의 경우는 추가된 부가 서비스로 기존 서비스와 동시에 제공될 수 있다.

2. 계층적 8PSK 디매핑 방법

계층적 8-PSK로 매핑된 송신 신호는 기존의 수신단말기에서는 사분면 단위인 QPSK와 같은 경계해석을 통해 HP 신호를 추출하고 새로운 수신단말기의 경우에는 한 사분면의 두 개의 성상점에 대한 경계해석을 통해 LP 신호를 추출해야 한다. 이러한 계층적 8-PSK 변조 방식의 디매핑 방법으로는 LLR(Log Likelihood Ratio) 알고리즘을 적용할 수 있다. LLR 알고리즘은 수신된 한 개의 심볼을 HP 스트림 2비트, LP스트림 1비트로 독립적으로 복조하기 위해 잡음에 묻힌 신호의 LLR 값을 계산하여 비트 스트림을 판별하게 된다. 본 논문에서는 LLR 알고리즘보다 간단한 디매핑 방법을 이용한다. HP 신호는 기존의 QPSK의 경계조건을 적용하고 LP 신호를 판단하는 경계영역은 BPSK의 기준과 같으므로 0과 1을 판단하기 위한 경계 조건을 적용하기 위해 그림 3과 같이 LP 스트림을 복조할 수 있다. 그림 3에서 채널을 통하여 수신된 신호는 (a)와 같은 성상도의 분포를 가진다. LP 신

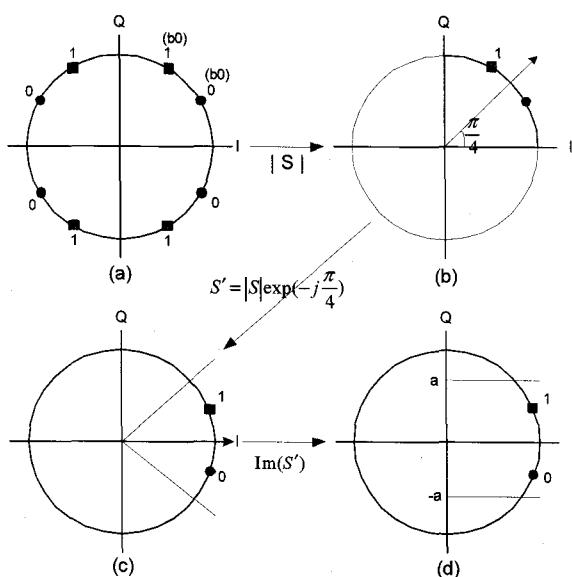


그림 3. 계층적 8-PSK의 LP 스트림 추출방식
Fig. 3. Extraction scheme of Hierarchical 8-PSK.

호들은 원점을 대칭으로 같은 비트값을 가지기 때문에 (a)그림의 LP 신호에서 절대값을 취하여 원점 대칭시키면 (b)와 같이 모든 성상점을 1사분면의 두 좌표로 이동 시킬 수 있다. (b)의 1사분면 좌표들을 $-\pi/4$ 만큼 이동 시키면 (c)처럼 되고 x축을 기준으로 해서 수신된 신호를 상하로 나눌 수 있는데 I축을 기준으로 Q값이 0보다 크면 클수록 1에 가까울 확률은 높고 0보다 작으면 작을수록 0에 가까울 확률은 커진다. LP 스트림이 0인지 1인지 판별하기 위해 (d)처럼 허수값만을 취해서 양수면 1을 결정하고 음수면 0을 결정한다. 위와 같은 방법을 이용하면 수신단에서 LLR 알고리즘보다 간단하게 LP 및 HP 스트림을 추출할 수 있다.

III. 새로운 위성 DMB 시스템

기존의 위성 DMB 시스템에서 계층적 8-PSK를 적용했을 경우 새로운 위성 DMB 모델이 그림 4에 도시하였다. 그림 4에서 송, 수신단의 위쪽 경로는 기존의 스트림을 의미하는 HP 신호에 관한 경로이고 아래쪽 경로는 새로운 스트림인 LP신호에 대한 경로를 나타낸다. 계층적 변조를 위성 DMB에 적용하게 될 경우 새로운 LP 스트림에 대한 부복호화기의 선택은 매우 중요하다. LP 스트림은 한 사분면 안의 두 개의 성상점을 구분하여 복조되는데 편향각이 작아지거나 채널 상태가 매우 나쁘다면 두 점의 거리는 매우 가까워지므로 수신된 신호는 매우 열악할 수 있다. 따라서 새롭게 추가된 LP 스트림의 부복호화기는 강력한 채널 부호화를 통해 열악한 환경에서도 올바른 데이터를 복원할 수 있어야 한다. 이러한 부호화기로 여러 가지가 있을 수 있으나 최

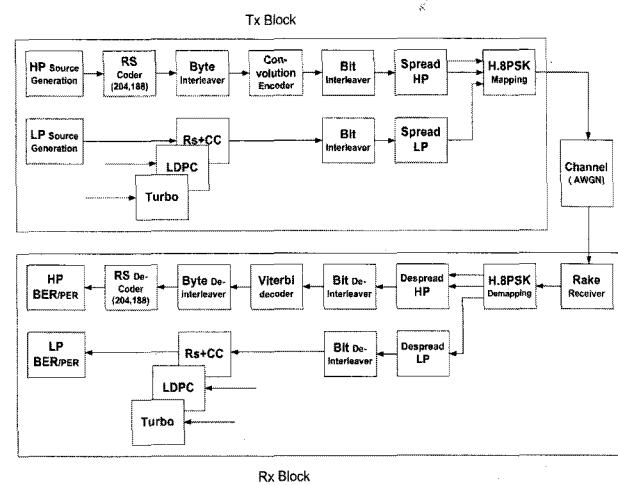


그림 4. 계층적 8-PSK를 적용한 위성 DMB 모델
Fig. 4. S-DMB model applied to hierarchical 8-PSK.

근 많이 언급되고 있는 Shannon의 Limit에 매우 근접한 LDPC(Low Density Parity Check)와 터보 부호화 기를 선택하였다. 또한 기존의 위성 DMB에 사용하는 Reed-Solomon 코드와 컨볼루션코드의 연접코드(Concatenated Code)를 LDPC, 터보 부호와 함께 성능을 비교하는 코덱 알고리즘으로 사용하고 새로운 LP 시스템에서 채널 상에서 신호의 연접에러(Burst Error)를 방지하기 위해 길이(Depth) 51의 비트 단위로 데이터를 섞어 주는 비트 인터리버(Bit interleaver)를 사용한다.

IV. 시뮬레이션 및 성능평가

계층적 8-PSK 변조를 적용한 위성 DMB 시스템의 시뮬레이션 모델은 그림 4와 같은 형태로 진행하며 기존 위성 DMB의 스트림과 새로운 스트림에 대한 성능을 각각 분석하고 상대 성능비교를 통해 용량 증대의 가능성을 살펴본다.

1. 기존 HP 스트림의 성능 분석

기존 스트림은 편향각이 0도일 때 QPSK의 성능과 같으나 편향각이 커짐에 따라 성능에 열화가 생기게 된다. 현 위성 DMB 시스템의 성능을 편향각에 따라 도시한 것이 그림 5에 나타낸다. 편향각은 5도에서 21도까지 2도 간격으로 시뮬레이션을 진행하였고 0도를 나타내는 곡선은 기존 시스템을 그대로 사용했을 경우의 성능을 나타낸다. 성능곡선은 시뮬레이션 편의상 Eb/No 대신 Es/No를 가로축 단위로 나타내었다.

현재 위성 DMB 시스템은 4dB 정도의 링크마진을 가지고 있다. 만약 1.5dB 정도의 열화를 기준으로 한다면 새로운 위성 DMB 시스템에 적용할 편향각은 15도가 적절하고 1.0dB 정도의 열화를 기준시에는 11도 정도가 적절함을 그림 5를 통해 알 수 있다. 또한 표 1에서 편향각에 따른 성능열화를 나타내었다.

2. 새로운 LP 스트림의 성능 분석

새로운 LP 스트림의 성능은 편향각이 커짐에 따라 성능이 좋아지나 상대적으로 HP 스트림보다 잡음의 영향을 많이 받기 때문에 강력한 에러정정코드를 필요로 한다. 새로운 LP 스트림을 위한 에러정정코드로 3가지를 고려하였다. 첫째, 기존의 위성 DMB 시스템에서 사용되는 리드 솔로몬(Reed Solomon, RS)부호와 컨볼루션 부호(Convolution Code, CC)의 연접코드를 적용한

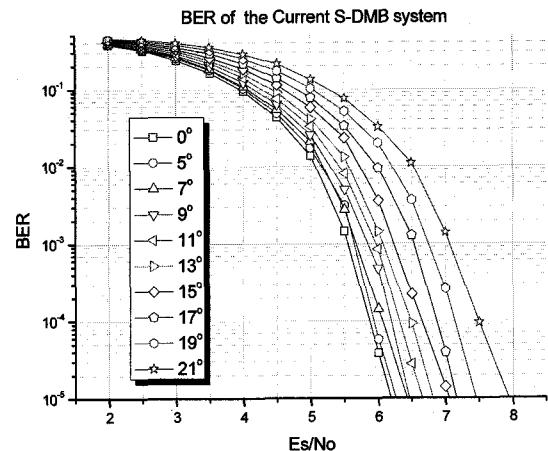


그림 5. 기존 시스템(HP 스트림)의 편향각에 따른 성능
Fig. 5. BER of Current system.

표 1. 편향각에 따른 기존 시스템의 성능 감소
Table 1. Performance Penalty of Current System.

편향각	5°	7°	9°	11°	13°	15°	17°
성능열화	0.15 dB	0.25 dB	0.35 dB	0.5 dB	0.75 dB	1.0 dB	1.3 dB

다. RS와 CC의 연접코드를 적용한 위성 DMB 시스템의 시뮬레이션 결과를 그림 6에서 나타냈다. 컨볼루션 부호화의 코드율은 1/2이며 편향각은 5도에서 15도까지 2도 간격으로 진행하였다. 그림 6에서 성능이 가장 우수한 것은 편향각이 가장 큰 15도인 경우이다.

HP 스트림에 대한 상대 성능 열화는 기준 BER인 10^{-6} 을 기준으로 대략 3.5dB가 차이 난다는 것을 알 수 있다. 그 기준을 만족하는 요구 SNR값은 11dB 정도이며 용량은 54%가 증가하였다. 마찬가지로 부호율 2/3, 3/4, 5/6, 7/8에 대해서도 시뮬레이션을 진행하였고 표 2에서 각각의 성능분석을 나타내었다.

두 번째 LP 스트림을 위한 코덱은 길이 500비트의 터보부호화이다. 부호율은 1/3과 1/2로 진행하며 1/3의 시뮬레이션 결과를 그림 7에 도시하였다. 그림 7에서 편향각이 15도일 때 그림 5의 HP 스트림의 성능과 비교해보면 상대 성능열화는 RS와 CC의 연접코드보다 약 1.5dB가 이득이란 것을 알 수 있다. 하지만 터보부호도 RS와 CC의 연접코드와 마찬가지로 LP 스트림의 성능이 기존의 HP 스트림의 성능보다 떨어지므로 신규 서비스의 품질이 좋지 않을 것이다. 하지만 500비트보다 더 긴 사이즈를 갖는 터보코드를 적용하면 더 좋은 성능을 얻을 수 있으므로 서비스 향상에 기여할 수 있을 것이다.

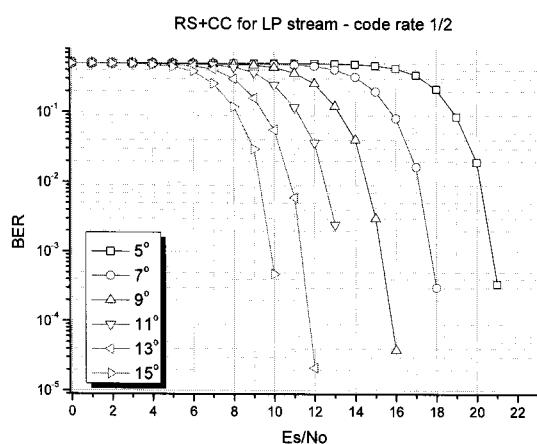


그림 6. LP 스트림의 성능 (RS+CC, 코드율 1/2)
Fig. 6. Performance of LP stream.
(RS+CC, code rate : 1/2)

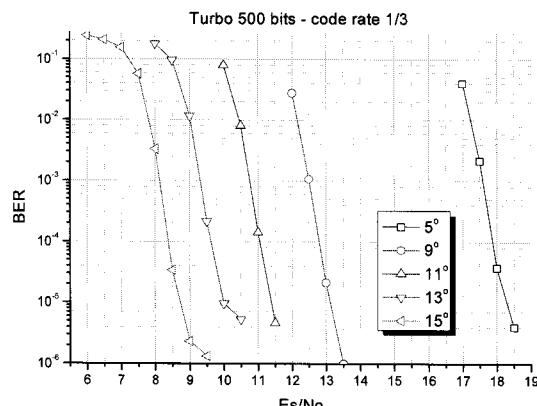


그림 7. LP 스트림의 성능 (터보 500, 코드율 1/3)
Fig. 7. Performance of LP stream.
(Turbo 500, code rate 1/3)

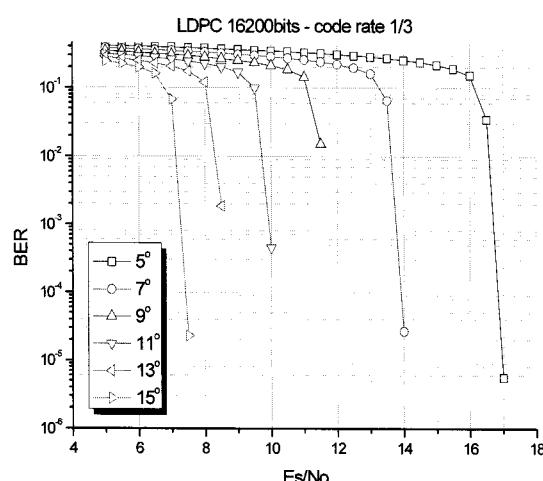


그림 8. LP 스트림의 성능(LDPC 16200, 코드율 1/3)
Fig. 8. Performance of LP stream.
(LDPC 16200, code rate 1/3)

표 2. 새로운 시스템(LP 스트림)의 성능분석
Table 2. Performance analysis of new system.

코드	부호율	HP 상대성능 열화 (dB)	요구 SNR (dB)	용량 증대치 (%)	기준 BER
RS+CC	1/2	3.9	11	54.26	10^{-4}
	2/3	8.5	16	72.27	10^{-6}
	3/4	10	17.5	81.39	10^{-6}
	5/6	11	18.5	90.39	10^{-6}
	7/8	11.5	19	94.94	10^{-6}
Turbo 500	1/3	2	9.5	36.13	10^{-4}
	1/2	4	11.5	54.26	10^{-6}
LDPC 16200	1/3	0	7.5	36.13	10^{-6}
	1/2	2	9.5	54.26	10^{-6}

세 번째 코덱으로는 LDPC 16200비트 부호화기이며 부호율은 1/3과 1/2에 대해서 시뮬레이션을 진행하였다.

LDPC 부호화기가 1/3의 부호율일 때 시뮬레이션 결과는 그림 8에 나타내었고 편향각이 15도일 때 요구 BER 을 만족하는 SNR 값은 약 7.5dB 정도로 현 HP 스트림과 성능이 비슷하므로 성능 열화가 존재하지 않는다. 기존 시스템보다 전송용량은 36.13%정도 증가하고 기존 시스템과 현재 시스템에 대해 차별성이 없이 동등한 품질의 서비스가 가능하게 된다. LDPC 인코더의 부호율이 1/2인 경우의 성능을 표 2에 제시하였고 모든 코덱에 대한 LP 스트림의 성능을 표 2에서 비교 분석할 수 있다.

V. 결 론

본 논문은 현 위성 DMB 시스템에 계층적 변조기법과 강력한 채널코딩을 적용함으로써 새로운 위성 DMB 시스템을 제안하고 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 성능을 분석함으로써 전송용량 증대의 가능성을 알아보았다. 시뮬레이션은 부복호화 기법, 부호율, SNR, 편향각 등의 주요한 파라메타를 기반으로 진행하였고 기존 스트림과 새로운 스트림에 대한 최종 성능분석은 다음과 같다.

기존 시스템일 경우 계층적 변조를 적용하면 성능열화가 발생하므로 기존 단말기의 수신 품질이 저하될 수 있다. HP신호의 성능열화는 15도의 편향각일 경우 기준 BER 값에서 약 1dB 정도가 발생하고 11도의 편향각일 경우 0.5dB 정도가 발생한다. 하지만 현 위성 DMB 시스템은 4dB 정도의 링크마진을 가지고 있으므로 이러한 편향각을 가지는 계층적 변조를 적용할지라도 기존 시스템은 같은 품질의 서비스가 가능할 것이다.

새로운 시스템일 경우는 3가지 부복호화 방식을 적

용하고 각각의 성능을 분석해 보았다. 그 중 성능이 가장 우수한 것은 부호율 1/3을 가지고 길이 16200비트의 LDPC 부호화기이며 계층적 변조를 적용했을 경우 약 36.13%정도의 전송용량 증대가 있다. 이러한 용량 증가는 기존의 비디오 채널을 11개에서 14개로 증가시키고 오디오 채널은 26개에서 약 35개 정도의 채널을 증가시킬 수 있다. 최종적으로 위성 DMB의 채널수의 증가는 새로운 단말기를 이용하는 사용자에게 새로운 서비스를 제공할 수 있으며 이를 계기로 위성 DMB 서비스가 더욱 활성화될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Rec. ITU-R BO.1130-4 ,Systems for digital satellite broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the bands allocated to BSS (sound) in the frequency range 1400–2700MHz
- [2] E. Chen, J. L. Koslov, V. Mignone, J. Santoru, “DVB-S2 Backward-compatible modes: a Bridge Between the Present and the Future”, International Journal on Satellite Communication Networking, vol. 22, issue. 3, pp.341–365, June 2004.
- [3] Hong Jiang and Paul A. Wilford, “A Hierarchical Modulation for Upgrading Digital Broadcasting Systems”, IEEE Tran, vol. 51, no. 2, pp.223–229, June 2005.
- [4] ETSI EN 302 307 V1.1.1 (2004-01): “Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications”
- [5] S. Honary, N. Pandya, G. Markarian and B. Honary, “Migration to capacity approaching codes for digital video broadcasting”, IEEE Proc-Commun. Vol. 152. No. 6. pp. 1103-1107. Dec 2005.
- [6] U. Reimers, A. Morello, “DVB-S2, the second generation standard for satellite broadcasting and unicasting”, IEEE proceeding, vol 94. no 1, pp.210-227, Jan 2006.
- [7] E. Casini, R. De Gaudenzi, A. Ginesi, “DVB-S2 modem algorithms design and performance over typical satellite channels”, International Journal on Satellite Communication Networks, vol. 22, pp.281–318 , Jun 2004.
- [8] J. G. Proakis, Digital Communications, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1989.

저 자 소 개

최 승 현(정회원)

2004년 동의대학교 정보통신
공학과 졸업 공학사.
2007년 과학기술연합대학원
이동통신 및 디지털방송
공학과 졸업 공학석사.
2007년~현재 한국전자통신연구원
연구원

<주관심분야 : 디지털통신시스템, 위성통신, 이동
통신, 채널코딩>

오 덕 길(정회원)

1980년 서울대학교 전자공학과
학사 졸업 공학사.
1984년 서울대학교 대학원 전자
공학과 졸업 공학석사.
1996년 서울대학교 대학원 전자
공학과 졸업 공학박사.

1982년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원
2005년~현재 과학기술연합대학원 이동통신 및
디지털방송공학 교수.

<주관심분야 : 디지털통신, 위성방송시스템, 무선
통신>

장 대 익(정회원)

1985년 한양대학교 전자통신
공학과 졸업 공학사.
1989년 한양대학교 대학원 전자
통신공학과 졸업
공학석사.
1999년 충남대학교 대학원 전자
공학과 졸업 공학박사.
1990년~현재 한국전자통신연구원 광대역무선
멀티미디어팀 팀장.
2005년~현재 과학기술연합대학원 이동통신 및
디지털방송공학 교수.

<주관심분야 : 위성통신시스템, 위성방송, 디지털
통신, 디지털 변복조>