DBpia

논문 04-29-5A-8 한국통신학회논문지 '04-5 Vol.29 No.5A

비선형 육상 이동 위성방송 환경에서 DS-CDM-SQAM의 성능 연구

정회원 김 선 준*, 이 영 진**, 홍 영 진***, 서 종 수**

A Study on the Performance of DS-CDM-SQAM in Nonlinear Land Mobile Satellite Broadcasting Environments

Sun-Jun Kim*, Young-Jin Lee**, Young-Jin Hong***, Jong-Soo Seo** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 DS-CDM-QPSK 방식 위성 DMB 시스템(ITU-R BO. 1130-4 시스템 E)의 위성 중계기가 탑재하는 고출력 증폭기(HPA)의 비선형 특성으로 인한 전력효율 저하를 개선하기 위해 QPSK 변조기법 대신 부드러운 위상천이와 진폭변이가 적은 SQAM(Superposed Quadrature Amplitude Modulation) 변조기법을 적용한 DS-CDM-SQAM 방식을 제안하고 성능을 분석하였다. 비선형 다중경로 이동수신 환경에서 전산모의 실험 결과, 제안하는 DS-CDM-SQAM 방식은 기존의 DS-CDM-QPSK 방식보다 BER=1×10^{-3}에서 Eb/No가 1.7dB 향상됨을 확인할 수 있었다. 따라서 DS-CDM-SQAM 시스템은 비선형 육상 이동 위성방송 수신환경에서 전력효율을 크게 향상할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, we propose DS-CDM-SQAM(Superposed Quadrature Amplitude Modulation) which is characterized by its smooth phase transition and small envelope fluctuation, and improves the power efficiency as compared to DS-CDM-QPSK of satellited-based DMB system(ITR-R BO.1130-4 System E) in a nonlinearly amplified channel. Computer simulation results show that the proposed DS-CDM-SQAM improves Eb/No by 1.7dB to maintain BER=1×10^{-3} in nonlinearly amplified multipath mobile radio environments. Therefore, the proposed DS-CDM-SQAM system significantly improves the power efficiency in nonlinear land mobile satellite DMB environments.

Ⅰ. 서 론

최근 CD, DVD 등 고품질의 오디오와 비디오 서비스를 제공하는 디지털 방송에 대한 사용자의 요구가 날로 증가하고 있다. 이에 따라 유럽, 미국, 캐나다 등지에서 디지털 오디오 방송(DAB : Digital Audio Broadcasting)을 시행중에 있으며, 국내에서도 지상파 및 위성 디지털 멀티미디어 방송(DMB : Digital Multimedia Broadcasting) 서비스를 위한 기술기준 제정 및 실험방송 등 연구 개발이 활발히 진행 중이다.

위성 DMB는 위성을 통해 고정, 이동, 휴대용 수신기에 오디오, 부가 데이터 및 영상 정보를 제공함으로써 다양한 멀티미디어 서비스를 실시할 수 있고, 지상파 DMB에 비하여 경제적으로 넓은 지역을 커버할 수 있다. 국내 위성 DMB 표준방식으로 채택될 예정으로 있는 ITU-R BO.1130-4 권고 위성 DMB 시스템E는 DS-CDM-QPSK 방식을 적용하고

* 공군 정보통신장교 (julyous@yonsei.ac.kr)
** 연세대학교 전기 · 전자공학과 (jsseo@yonsei.ac.kr), *** 성일텔레콤
논문번호 : #030235-0602, 접수일자 : 2003년 6월 2일

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

있으며, 방송 컨텐츠를 위성중계기를 통하여 지상으로 송신하고, 수신환경이 열악한 도심지에서는 지상중계기(Gap-filler)를 통하여 다채널 고품질의 서비스를 제공한다[1]. 그러나 지구국, 지상중계기 그리고 위성중계기에서 사용하는 고출력 증폭기는 전력 효율적인 영역에서 동작할 때 고출력 증폭기의 비선형 특성인 AM/AM 및 AM/PM 변환으로 인하여 인접 심볼 간섭(ISI)이 발생하고, 스펙트럼 재확산으로 인하여 인접 채널 간섭(ICI)이 초래된다.

이상과 같은 비선형 왜곡현상을 개선하기 위하여 입출력 특성이 선형적인 증폭기를 사용하는 방법이 있으나, 장치의 가격이 비싸지고 전력 효율이 떨어지는 단점이 있다. 다른 방법으로 고출력 증폭기의 AM/AM 및 AM/PM 특성을 고려하여 변조 신호의 공간도(constellation)를 변형하는 Pre-warping 방법이 제안되었으나[6], 고출력 증폭기의IBO(Input Back-Off)의 변화에 따라 Pre-warping 정도를 변형해야 하는 복잡성이 있다. 또는 고출력 증폭기의 전달 함수와 역 특성을 갖는 전왜곡(pre-distortion) 등화기를 고출력 증폭기의 전단에 설치하여 전체적 전달 함수 특성을 선형화하는 기법들이 제안되었으나[7][8], 이들 방식은 구현상 회로의 복잡성과 등화 과정에서 적응 시간의 증가가 문제시된다.

본 논문에서는 비선형 증폭된 위성채널에서 QPSK 방식 위성 DMB 시스템의 성능 열화를 개선하기 위하여, 부드러운 위상천이와 진폭 변이가 거의 일정하여 고출력 증폭기를 포화 영역에서 동작시에도 인접 심볼 간섭(ISI)이 적은 SQAM(Superposed Quadrature Amplitude Modulation) 변조기법[2]을 사용한 DS-CDM- SQAM 방식을 제안하고 선형 또는 비선형 AWGN 채널, 비선형 다중채널 그리고 비선형 다중경로 이동수신 환경에서 기존의 DS- CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK 그리고 DS-CDM-MSK 방식과 성능을 비교 분석하였다.

Ⅱ. DS-CDM-QPSK 방식 위성 DMB 시스템

ITU-R BO.1130-4에서 권고한 위성 DMB 시스템 E (DS-CDM-QPSK 방식)의 송수신기 동작 구성도는 그림 1과 같다[1]. 송신기는 I, Q 채널 신호를 각각 1 비트당 64개의 Walsh 코드로 확산하고 12단 피드백 쉬프트 레지스터에 의하여 발생된 4095 길이의 PN 부호중 2048 길이만 사용하여, 확산된 칩과 PN 부호간에 모듈로-2 연산을 한다. 코드 확산 후 롤-오프 계수가 0.22인 SRRC(Square Root Raised Cosine) 필터를 통과시키고 상호 직교성을 가진 64개의 Walsh 코드로 채널이 구분된 다른 방송 데이터와 다중화 시킨 후 송신한다. 전송채널은 송신지구국의 up-link 신호가 위성의 고출력 중계기(HPA)를 통과한 후 위성으로 부터의 down-link 신호를 직접 수신한 경우와 도심지 음영지역에서 down-link 수신 지구국의 지상 중계기(Gap-filler)가 재전송하는 신호를 수신한 경우로 구분한다. 수신신호는 복조 후 롤-오프 계수가 0.22인 SRRC 필터를 통과하고 지상파 수신신호의 다중경로 페이딩을 보상하기 위하여 6 finger RAKE 다이버시티 수신기를 사용하고 PN 부호와 64 Walsh 코드로 역확산 후 최대 비율 결합(Maximal Ratio Combining, MRC)을 한다[1].

DS-CDM-QPSK 방식에서 적용한 QPSK 변조기법은 선형 채널에서 전력 효율적인 장점을 갖고 있지만, 진폭변이가 크고 급격한 위상천이의 특성을 지닌 QPSK 신호가 위성의 고출력 증폭기(HPA)를 통과하면 AM/AM, AM/PM 비선형 특성 변환에 따라 심벌간 간섭(ISI)을 일으켜 BER 성능을 열화시키는 단점이 있다. 따라서 본 논문에서는 위성중계기와 지상망 Gap-filler가 탑재하는 비선형 증폭기에 대하여 우수한 전력 효율특성을 가지는 직교변조방식을 DS-CDM 방식 위성 DMB 시스템에 적용한다.

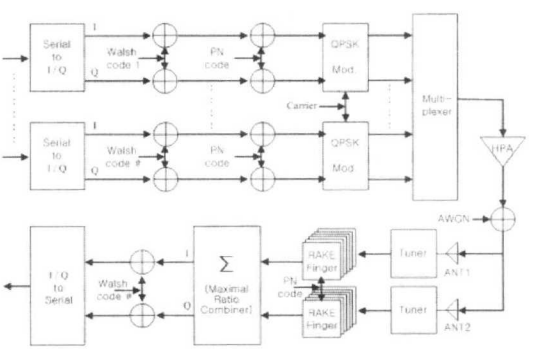


그림 1. DS-CDM-QPSK 방식 위성 DMB 송수신기 동작 구성도

Ⅲ. 제안한 DS-CDM-SQAM 시스템

DS-CDM-SQAM에서 적용하는 SQAM 변조기의

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

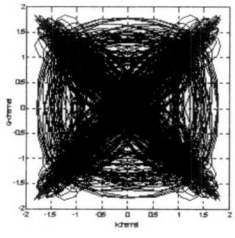
pre-modulation 필터의 임펄스 응답 $s(t)$는 식(1)과 같이 정의되며, Q 채널 신호는 I 채널에 비하여 $T_s/2$의 offset을 가진다[2].

$$s(t) = \frac{1}{2}(1 + cos\frac{\pi t}{T_s}) - \frac{1-A}{2}(1 - cos\frac{2\pi t}{T_s}) \quad (1)$$

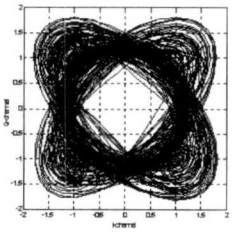
여기서, T_s는 심볼 주기이고 A는 SQAM 신호의 진폭 파라미터로서 변조된 반송파 신호의 진폭과 스펙트럼 특성을 결정한다. 식(1)에서 SQAM 임펄스 응답이 심볼 주기의 두 배를 차지하므로, SQAM 신호의 연속적으로 입력되는 두개의 비트 a_n과 a_{n+1}의 함수이며, $s(t-nT_s)$와 $s(t-(n+1)T_s)$를 중첩시켜 얻은 기저 대역 신호의 파형은 식(2)와 같이 표현된다.[2]

$$\begin{aligned}
y_1(t) &= A + (1-A)cos(\frac{2\pi t}{T_s}) \quad \text{for } a_n = 1, a_{n+1} = 1 \\
y_2(t) &= cos(\frac{\pi t}{T_s}) \quad \text{for } a_n = -1, a_{n+1} = 1 \\
y_3(t) &= -cos(\frac{\pi t}{T_s}) \quad \text{for } a_n = 1, a_{n+1} = -1 \\
y_4(t) &= -A - (1-A)cos(\frac{2\pi t}{T_s}) \quad \text{for } a_n = -1, a_{n+1} = -1 \\
0 &\leq t \leq T_s
\end{aligned} \quad (2)$$

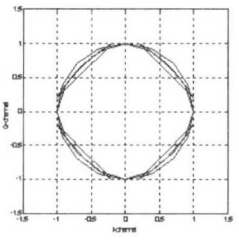
그림 2는 1개 방송채널을 송신시 DS-CDM-SQAM 및 다른 DS-CDM 방식 신호의 성상도를 보이고 있다. 그림 2의 성상도로부터 SQAM 신호가 QPSK와 OQPSK 신호에 비하여 진폭 변이가 적기 때문에 고출력 증폭기 통과시에 AM/AM 및 AM/PM 비선형 특성 변환에 적은 영향을 받으므로 수신 BER 성능을 개선할 수 있다.



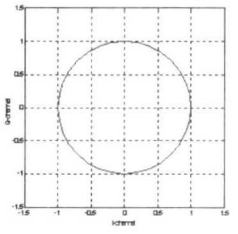
1) DS-CDM-QPSK(α=0.22)



2) DS-CDM-OQPSK(α=0.22)



3) DS-CDM-SQAM(A=0.6)



4) DS-CDM-MSK

그림 2. DS-CDM 방식 위성 DMB 신호의 성상도(1개 방송 채널)

DS-CDM-SQAM 시스템의 수신기는 구조가 간단한 준최적 수신기를 사용하였으며 동작 구성도는 그림 3과 같다[4].

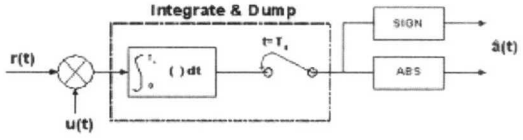


그림 3. SQAM 준최적 수신기 동작 구성도

그림 3에서 $r(t)$는 수신신호이고 $u(t)$는 준최적 수신기 상관 펄스로서 식(3)과 같으며 $\hat{a}(t)$는 준최적 수신기 출력신호이다[4].

$$s(t) = B - (1-B)cos\frac{2\pi t}{T_s}) \quad (3)$$

여기서, B는 SQAM 준최적 수신기 상관펄스의 진폭 파라미터이다[4].

DS-CDM-SQAM 시스템은 Walsh 코드를 사용하여 방송채널을 구분하는데, 선형 AWGN 채널에서는 채널간의 상호 직교성을 유지하므로 평균 오류 확률은 채널수에 관계없이 단일 채널의 평균 오류 확률과 동일하며, 단일 채널의 평균 오류 확률은 다음 식과 같이 Non-spread spectrum방식 SQAM의 평균 오류 확률[4]과 동일하다.

$$P(e) = P_{SQAM}(e) = \frac{1}{8}\sum_{x=1}^{8}\frac{1}{2}erfc(\sqrt{\frac{D_x E_x(1-\rho_x)}{2N_0}}) \quad (4)$$

여기서, D_x는 SQAM 송신신호 $s_{x(t)}(x=1,2\cdots,8)$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

와 준최적 수신기의 상관펄스 $u(t)$간의 정합정도(matching degree)이며 E_x와 ρ_x는 각각 비트 에너지와 SQAM 신호의 상관계수(correlation coefficient)이다.

Ⅳ. 위성 DMB 시스템 채널 모델링

위성 DMB 송수신 시스템에서 위성으로부터 직접 방송신호를 수신하는 환경은 비선형 증폭된 Line-of-Sight(LOS) 채널로 모델링하고 타 방송국에 의한 인접채널간섭(ACI) 환경은 비선형 다중채널로 모델링하며, 도심지에서 위성중계기 신호의 전파 음영지역을 커버하기 위한 지상 중계기(Gap-filler)로부터 방송신호를 수신하는 환경은 비선형 증폭된 다중경로 이동수신 채널로 모델링하였다. 그리고 다중경로 이동수신 채널의 전력지연 프로파일은 그림 4와 같이 6-path의 IMT-2000 차량용 수신 채널로 모델링하였다[5].

위성 DMB 시스템에 대한 비선형 채널 모델로써 그림 5의 AM/AM 및 AM/PM 변환 특성을 가지는 Hughes사의 TWT 275H의 실제 측정값을 이용한 A. Saleh의 모델을 사용한다[3].

TWTA 입력신호의 크기 γ에 대한 출력신호의 진폭 $A(\gamma)$과 위상 $\Phi(\gamma)$은 식 (5)와 같이 표현된다[3].

$$A(\gamma) = \alpha_A \gamma / (1 + \beta_A \gamma^2)$$
$$\Phi(\gamma) = \alpha_A \gamma^2 / (1 + \beta_\Phi \gamma^2) \quad (5)$$

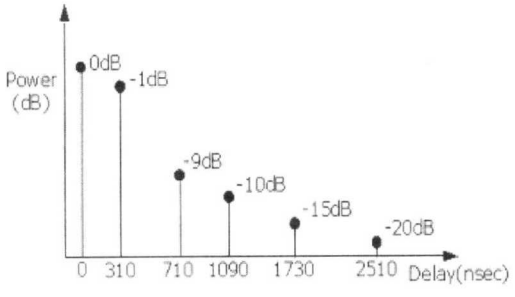


그림 4. 6-path 다중경로 이동수신 채널 모델

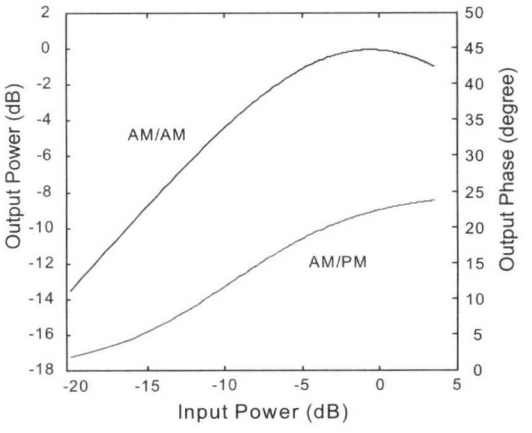


그림 5. TWTA 비선형 특성곡선

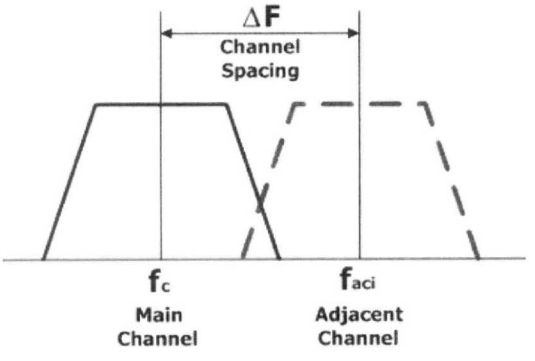


그림 6. 다중채널의 주파수 배치와 ACI

여기서, α_A, α_Φ, β_A, 그리고 β_Φ는 TWTA 특성 파라미터이며, 본 논문에서 적용한 최적 추정 파라미터 값은 표 1과 같다.

표 1. TWTA 특성곡선에 대한 최적 추정 파라미터

함 수	$A(r)$	$\Phi(r)$
α	2.1587	4.0033
β	1.1517	9.1040

또한 인접 채널 간섭(Adjacent Channel Interference)을 발생하는 다중채널의 주파수 배치는 그림 6과 같다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

V. 전산모의 실험 및 결과 분석

SQAM은 송수신 펄스의 진폭 파라미터 A, B에 따라 다른 수신 BER 성능이 변하므로 최적의 BER 성능을 가지는 파라미터를 구하기 위해 Eb/No=7dB의 AWGN 환경에서 진폭 파라미터 A, B에 따른 DS-CDM-SQAM 시스템의 BER 성능을 구하였다. 그림 7에서 DS-CDM- SQAM은 송신 파라미터A=0.6, 수신 파라미터B=0.6 일 때 최적의 BER 성능을 보인다.

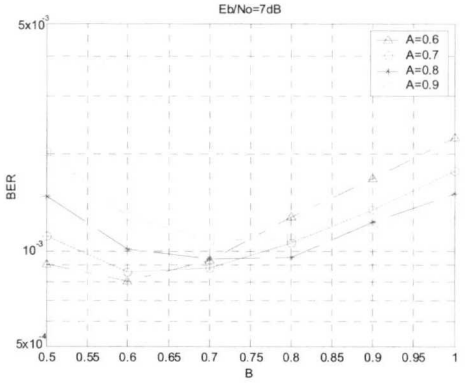


그림 7. DS-CDM-SQAM의 송수신 파라미터 변화에 따른 BER 성능(AWGN 채널, Eb/No=7dB)

DS-CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK, DS-CDM-MSK 그리고 DS-CDM-SQAM의 BER 성능을 비교 분석하기 위해 전산모의 실험에서 사용한 시스템 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. 전산모의 실험에 사용한 DS-CDM 방식위성 DMB 시스템 파라미터

변 수	QPSK/OQPSK	MSK	SQAM
송수신필터 계수	α=0.22	N/A	A,B=0.6
반송파주파수(fc)	2642.5 MHz		
처리이득(PG)	64		
Chip rate(Rc)	16.384 Mcps		

AWGN 채널에서 각 시스템의 BER 성능은 그림 8과 같으며 DS-CDM-SQAM은 이론적인 QPSK, DS-CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK 그리고 DS-CDM-MSK와 거의 동일한 성능을 보인다.

그림 9는 LOS 비선형 채널에서 방송채널수 및 TWTA의 IBO(Input back-off) 변화에 따른 시스템별 수신 BER 성능을 비교한 것이다. 10개 방송채널 송출 및 TWTA의 IBO를 5dB로 설정할 때 BER=1×10^{-3}에서 제안한 DS- CDM-SQAM은 DS-CDM-MSK에 비하여 Eb/No가 0.4dB 열화되었으나 DS-CDM-QPSK 및 DS-CDM-OQPSK 보다 각각 약 2.0dB 및 0.8dB 개선되었다. 20개 방송채널 송출 및 TWTA의 IBO를 8dB로 설정할 때 DS-CDM-SQAM은 DS-CDM-QPSK 및 DS-CDM-OQPSK 보다 각각 Eb/No가 약 2.3dB 및 0.9dB 개선되었다. 30개 방송채널 송출 및 TWTA의 IBO를 10dB로 설정할 때 BER=1×10^{-2}에서 DS-CDM-SQAM은 DS-CDM- MSK에 비하여 0.4dB 열화되었으나 DS-CDM- QPSK 및 DS-CDM-OQPSK 보다 각각 약 1.6dB 및 0.5dB 개선되었다. 이상과 같은 결과는 그림 2의 성상도에서 보듯이 SQAM 방식은 MSK 방식에 비하여 상대적으로 진폭 변이가 크나, QPSK 또는 OQPSK 방식에 비하여 진폭변이가 작으며 비선형 채널에서의 BER 성능은 변조된 신호의 진폭변이 크기에 따라 그 열화 정도가 증가하기 때문이다.

그림 10은 비선형 다중채널환경에서 인접 방송사와의 채널간격($\triangle f$)을 1.7Rc로 가정하였을때 DS-CDM 방식 위성 DMB 시스템의 BER 성능을 비교한 것이다. 10개 방송채널 송출 및 TWTA의 IBO를 5dB로 설정할 때 BER=1×10^{-3}에서 제안한 DS-CDM-SQAM은 DS- CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK 및 DS-CDM -MSK에 비하여 각각 Eb/No가 3.0dB, 2.0dB 및 0.9dB 개선되었으며, 20개 방송채널 송출 및 TWTA의 IBO를 8dB로 설정할 때 Eb/No가 각각 5.1dB, 3.2dB 및 1.3dB 개선되었다. 30개 방송채널 송출 및 TWTA의 IBO를 10dB로 설정할 때 BER=1×10^{-2}에서 DS-CDM-SQAM은 DS-CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK 및 DS- CDM-MSK에 비하여 각각 Eb/No가 2.7dB, 1.5dB 및 0.7dB 개선되었다. 이는 SQAM 방식이 QPSK, OQPSK 그리고 MSK 방식에 비하여 비선형 증폭기의 왜곡에 의한 송신 스펙트럼의 부엽성분 재생성이 작기 때문에[2], 더 적은 인접 채널 간섭을 받은 것이다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

그림 11은 시속 50km로 이동하는 차량에서 지상 중계기(Gap-filler)의 신호를 수신하는 비선형 다중경로 이동수신 채널에서 TWTA의 IBO 변화에 따른 DS-CDM-QPSK와 제안한 방식의 BER을 비교한 것이다. BER=1×10^{-3}일때, 제안한 방식은 DS-CDM-QPSK보다 IBO=0dB와 3dB에서 Eb/No가 각각 약 1.7dB와 1.0dB 향상되었다. TWTA의 IBO를 증대할수록 두 시스템 모두 성능이 좋아지지만, IBO= 5dB에서 DS-CDM-QPSK의 BER 성능은 IBO=0dB에서 DS-CDM-SQAM의 BER 성능 보다 여전히 좋지 않음을 볼 수 있다.

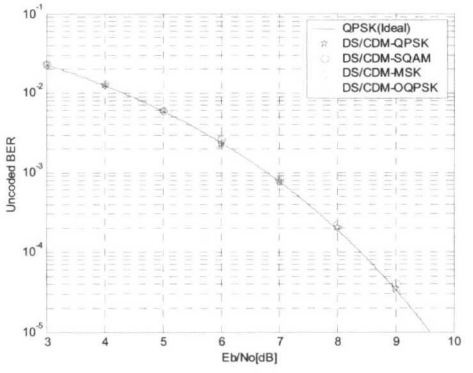


그림 8. AWGN 채널에서 DS-CDM 방식 위성 DMB 시스템의 BER 성능

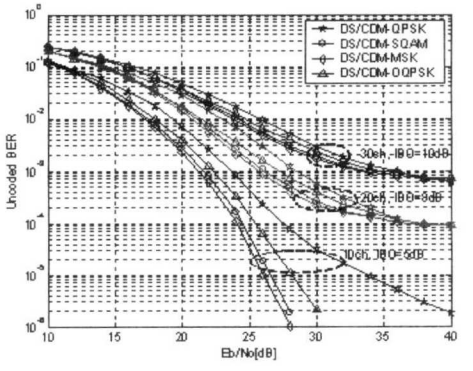


그림 9. 비선형 채널에서 채널수 및 TWTA의 IBO 변화에 따른DS-CDM 방식 위성 DMB 시스템의 BER 성능

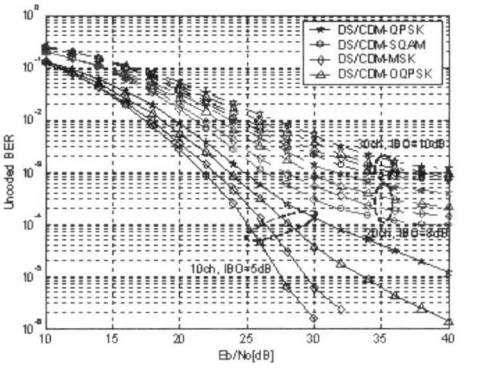


그림 10. 비선형 다중채널 간섭 환경에서 DS-CDM방식 위성 DMB 시스템의 BER 성능
($\triangle f$=1.7Rc, Rc : chip rate)

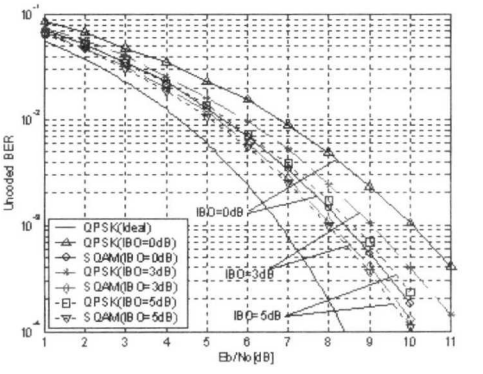


그림 11. 비선형 다중경로 이동수신 환경에서 TWTA의 IBO 변화에 따른 DS-CDM 방식 위성 DMB 시스템의 BER 성능

Ⅵ. 결 론

본 논문은 DS-CDM-QPSK 방식 위성 DMB 시스템의 고출력 증폭기의 비선형 특성으로 인한 전력효율 저하를 개선하기 위해 위상천이가 부드럽고 진폭변이가 작은 SQAM 변조기법을 적용한 DS-CDM-SQAM 방식을 제안하였고 비선형 육상 이동 위성방송 환경에서 전산모의 실험을 통해 수신성능을 비교 분석하였다.

비선형 채널에서 채널수 및 TWTA의 IBO에 따른 수신성능을 비교한 결과, BER=1×10^{-3}에서 10채널 송출시 제안한 DS-CDM-SQAM은 DS-CDM-QPSK 및 DS-CDM-OQPSK 보다 각각

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

Eb/No가 약 2.0dB 및 0.8dB, 20 채널 송출시 약 2.3dB 및 0.9dB 그리고 30 채널 송출시 BER=1×10^{-2}에서 약 1.6dB 및 0.5dB 개선되었다.

비선형 다중채널 환경($\triangle f$=1.7Rc)에서 수신성능을 비교한 결과, DS-CDM-SQAM은 DS-CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK 그리고 DS-CDM-MSK 보다 BER=1×10^{-3}에서 10 채널 송출시 Eb/No가 각각 약 3.0dB, 2.0dB 및 0.9dB, 20 채널 송출시 5.1dB, 3.2dB 및 1.3dB, 그리고 30 채널 송출시 BER=1×10^{-2}에서 약 2.7dB, 1.5dB 및 0.7dB 개선 되었다.

비선형 다중경로 이동수신 채널에서 DS-CDM-SQAM은 BER=1×10^{-3}일때 IBO= 0dB에서 Eb/No가 약 1.7dB 개선되며 IBO=5dB에서의 DS-CDM-QPSK의 성능보다 우수함을 알 수 있다. 따라서 DS-CDM-SQAM 시스템은 비선형 육상 이동 위성방송 수신환경에서 DS-CDM-QPSK, DS-CDM-OQPSK 그리고 DS-CDM-MSK 시스템보다 전력효율적인 전송방식임을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Recommendation 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] J.S. Seo, K. Feher, "SQAM : A New superposed QAM modem technique," IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-33, pp.298-300, Mar. 1985.

[3] A.M. Saleh, "Frequency-Independent and Frequency-Dependent Nonlinear Models of TWT Amplifiers," IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-29, No.11, pp.1715-1720, Nov. 1981.

[4] J.S. Seo, Il-Keun Park, "Low complexity receiver for rate variable SQAM modem, " IEE Electronics Letters, Vol. 33, No.22, pp. 1844-1846, Oct. 1997.

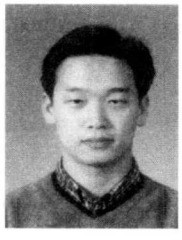
[5] ITU-R M.1225, Guidelines for Evaluation of Radio Transmission Technologies for IMT-2000, 1997.

[6] A.M. Saleh and J. Salz, "Adaptive linearization of power amplifiers in digital radio systems,"Bell System Technical Journal, pp.1019-1033, Apr. 1983.

[7] E. Bogenfeld, et. al., "Influence of Nonlinear HPA on Trellis-Coded OFDM for Terrestrial Broadcasting of Digital HDTV," IEEE GLOBCOM'93, Vol.3, pp.1433-1438, Nov. 1993.

[8] H. Girard and K. Feher, "A new baseband linearizer for more efficient utilization of earth station amplifiers used for QPSK transmission," IEEE JSAC, Vol. SAC-1, Jan. 1983.

김 선 준 (Sun-Jun Kim) 준회원



1996년 2월: 공군사관학교 항공공학과 졸업 (공학사)
2004년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (공학 석사)
1996년 3월 ~ 현재: 공군 정보통신 장교

<관심분야> 위성통신, 디지털 변복조 시스템

이 영 진 (Young-Jin Lee) 정회원

2000년 2월: 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
2002년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (공학석사)
2002년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr

홍 영 진 (Young-Jin Hong) 정회원

1975년 2월: 서울대학교 전기공학과 졸업 (공학사)
1982년 12월: SUNY, Stony Brook, 전기공학과 졸업 (공학석사)
1985년 12월: SUNY, Stony Brook, 전기공학과 졸업 (공학박사)
1978년1월 ~ 1981년 8월: 삼성전자 컴퓨터사업부
1986년6월 ~ 1991년 12월: LNR Communication, New York, 선임연구원
1992년1월 ~ 1993년 7월: 삼성종합기술원, 전송기술연구실장
1993년8월 ~ 1994년 3월: KT 위성사업단 위성감리국장
1994년4월 ~ 1997년 6월: Eastel Systems 연구소장
1997년7월 ~ 2003년 12월:SKC&C 서비스부문전무
2004년 1월 ~ 현재: 성일텔레콤 연구소장

서 종 수 (Jong-soo Seo) 정회원

1975년 2월: 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1983년 12월: Univ. of Ottwa, Canada 전기공학과 졸업 (공학석사)
1988년 6월: Univ. of Ottawa, Canada, 전기공학과 졸업 (공학박사)
1975년 4월 ~ 1981년 12월: LG정밀 연구소
1982년 7월 ~ 1989년 12월: IDC, Canada 책임연구원
1990년 1월 ~ 1992년 3월 : 삼성종합기술원 정보시스템 연구소 수석연구원
1992년 4월 ~ 1995년 2월: CAL, Canada 책임연구원
1995년 3월 ~ 현재: 연세대학교 전기·전자공학과 정교수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.
www.dbpia.co.kr