

지상파 DMB 전송 속도 향상을 위한 Amplitude-DQPSK 변조 기법

*권대근, *김형남, **임형수, **임종수
*부산대학교, **ETRI
* hnkim@pusan.ac.kr

Amplitude-DQPSK Modulation Technique for high-data-rate Terrestrial DMB

* Dae-Ken Kwon, * Hyoung-Nam Kim, ** Hyoungsoo Lim, ** Jong Soo Lim
* Pusan National University, ** ETRI.

요 약

현 지상파 DMB 시스템에서는 CIF 급 화질의 비디오 데이터를 보내고 있으나, 이동단말에서 점차 고해상도에 대한 요구가 증가하고 있다. 계층변조 기법은 기존 지상파 DMB 시스템의 전송성능을 향상시켜 이 같은 요구를 만족시키면서 기존 가입자와 호환성을 유지시키는 것을 목적으로 한다. 기존 지상파 DMB 시스템에서 $\pi/4$ -DQPSK 변조 기법을 사용하므로 파일럿 심볼을 사용할 수 없다는 것이 동위상 복조가 필요한 QAM 계열의 계층변조 기법을 적용하는데 커다란 제약조건으로 작용한다. 본 논문에서 이 같은 제약 조건 속에 새롭게 추가되는 전송 데이터를 진폭 변조하여 사용하는 A-DQPSK 방법을 제안한다. 진폭 변조를 사용하기 위해서는 채널 효과를 보상해야 하므로 기존 DQPSK 변조된 신호에 진폭을 변조하지 않은 진폭 파일럿을 이용하여 채널 진폭 추정한다. 추정된 채널 진폭 정보를 이용하여 수신된 신호의 진폭 정보를 등화 후 판정한다. 모의 실험을 통해 제안한 A-DQPSK 변조 기법이 기존 수신기의 수신 성능을 보장하면서 전송 속도를 향상시킬 수 있는 새로운 변조 기법임을 보인다.

1. 서론

고품질의 비디오/오디오 디지털 방송을 휴대단말기를 통해서 지하철, 차량 등의 고속의 이동환경에서 시청을 원하는 사용자들의 요구를 충족시키기 위한 이동 멀티미디어 방송 서비스에 관한 연구가 전 세계적으로 활발하게 이루어지고 있다. 유럽 노키아사의 DVB-H (Digital Video Broadcasting Handheld), 미국 퀄컴사의 MediaFLO (Forward Link Only) 등이 그러한 연구의 일환이며, 우리나라에서는 자체기술로 개발한 지상파 DMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting) 시스템을 지상파 이동멀티미디어 전송방식으로 채택하여 2005년 12월부터 정규방송을 시작하였다¹.

지상파 DMB 방송은 Band-III (174~216MHz) 주파수 대역에서의 지상파 방송으로 유럽의 Eureka-147 DAB (Digital Audio Broadcasting) 시스템에 그 기본을 두고 있으며 멀티미디어 송/수신에 필요한 성능을 만족시키기 위해 Outer Decoder로 Convolutional Interleaver와 Reed-Solomon Decoder 채택하여 오류 정정 능력을 향상시키고 멀티미디어 영상의 지원을 위한 H.264 즉, MPEG4 Part10 AVC(Advanced Video Coding)을 채택하였으며 멀티미디어 오디오 방송을 위해 BSAC(Bit Sliced Arithmetic Coding)의 기술을 결합한 것이다 [1] [2].

현재 지상파 DMB 시스템의 실제 비트 전송률은 약 1.15 Mb/s이며, CIF 급 방송서비스를 제공한다. 이는 고품질의 이동 멀티미디어 서비스를 원하는 사용자들

요구를 만족시키기에는 방송품질이 다소 떨어진다. 현재의 CIF 급 방송 품질을 SD 급으로 높이기 위해서는 약 2 Mb/s 정도의 전송률이 필요로 하게 된다. 본 논문은 기존 지상파 DMB 시스템의 기존 방송 스트림(HP, high priority)에 새로운 스트림(LP, low priority)을 추가하여 기존 지상파 DMB 시스템의 전송율을 증가시키는 계층 변조 방법 중 하나인 A-DQPSK (Amplitude Differential Quadrature Phase Shift Keying) 변조 기법을 제안한다.

계층변조가 사용된 예를 살펴보면 유럽의 DVB-T (DVB Terrestrial)의 경우에는 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 계열의 계층변조 방식을 사용하며, DVB-S (DVB Satellite)의 경우에는 PSK 방식의 계층변조 방식을 사용하여 서비스의 환경이나 조건에 따라 다양한 전송률을 선택할 수 있도록 하였다. 계층변조를 적용할 경우 전송률은 높아지지만 추가되는 신호로 인한 심벌간 거리감소가 기존 수신기에서 잡음으로 판단되어 기존 수신기의 성능 열화를 가져오게 된다. 그러므로 계층변조 시 전송률의 증가는 기존 수신기의 호환성(Backward Compatibility)을 유지하는 범위 내에서만 가능하다.

QAM 계열의 계층 변조 방식은 동위상 변조 기법이므로 수신기에서 동위상 복조를 위해 채널추정이 필요하므로 파일럿 신호를 전송해 주어야 한다 [3]. 지상파 DMB 시스템에서는 PRS (Phase Reference Symbol) 외에는 파일럿 신호가 제공되지 않으므로 기존 수신기와의 호환성을 생각할 때 QAM 계열의 계층 변조 방식은 지상파 DMB 시스템의 계층 변조 방식으로 적합하지 않다.

또 다른 방법으로는 파일럿 신호나 채널 추정 및 등화를 필요로 하지 않는 16-DAQPSK (16 Differential Amplitude Quadrature Phase Shift Keying) 방식을 고려할 수 있다. 이 방식은 수신기 구조가 간단하나, 수신기가

본 논문은 정보통신부의 출연금 등으로 수행하고 있는 한국전자통신연구원의 정보통신연구개발사업 위탁연구과제 연구결과입니다.

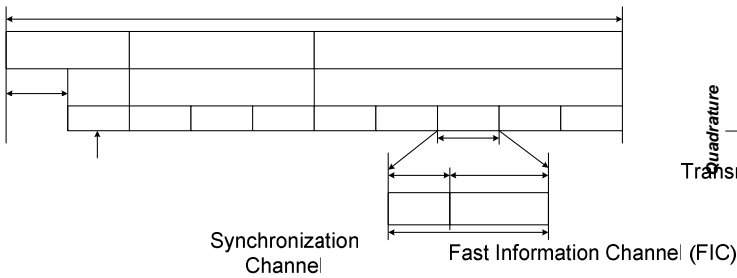


그림 1. 지상파 DMB 전송 프레임 구조.

빠른 속도로 이동하는 빠른 페이딩 채널 환경 하에서는 성능이 크게 떨어질 수 있다 [4] [5]. 본 논문에서는 16-A-DQPSK (16 Amplitude DQPSK) 방식을 제안한다. 기존의 지상파 DMB 데이터는 PRS 변조에 사용되고 추가되는 전송 데이터는 ASK 변조에 사용된다. 이 방식은 각 OFDM 심벌의 크기를 추정하는 방식으로 빠른 페이딩 채널 환경 하에서도 비교적 좋은 성능을 얻을 수 있다.

II. 지상파 DMB 시스템과 계층변조

지상파 DMB 시스템은 Eureka-147 시스템을 기반으로 제정된 표준이므로 지상파 DMB 방송 시스템을 이해하기 위해서는 Eureka-147 시스템에 대한 이해가 선행되어야 한다. Eureka-147 시스템은 1.536 MHz의 대역폭을 사용하며 이동체 수신에서 다중 경로 페이딩 및 도플러 확산에 대처하기 위해 COFDM 전송 방식을 사용하며 변조 방식은 $\pi/4$ -DQPSK를 사용하며 오류 정정 부호화 방식은 convolutional code를 사용하며 연결오류(burst error)를 방지하기 위한 384 ms의 시간영역 인터리빙 및 주파수 영역 인터리빙 기술을 적용한다. 전송규격은 지상 단일주파수 방송망(Single Frequency Network, SFN) 밴드 I, II, III에 적합한 전송모드 I을 사용하고 있으며 전송모드 I의 전송 파라미터는 그림 1에 나타나있다. 프레임 길이는 96 ms로서 총 76개의 OFDM 심벌들로 구성되어 있다. 각 OFDM 심벌들은 1 kHz의 간격을 가지는 1,536개의 부반송파로 구성되며 Guard Interval을 포함한 하나의 OFDM 심벌의 길이는 1.246 ms이다.

그림 1의 지상파 DMB 전송 프레임 구조를 살펴보면 DMB 수신기 측에서는 PRS만이 유일하게 알고 있는 심벌이며 PRS 뒤의 75개의 OFDM 심벌은 PRS를 기준으로 차등 복조하게 된다. PRS 뒤의 75개의 OFDM 심벌은 모두 데이터이므로 채널 추정을 위한 파일럿 심벌의 사용이 불가능하다. 파일럿 심벌의 사용이 불가능한 경우에는 판정된 심벌을 파일럿 심벌 대신 사용하는 방법인 판정 의거 채널 추정 방법이 사용될 수 있으나 지상파 DMB 시스템과 같이 긴 프레임 구조와 채널의 변화가 큰 이동 수신 환경에서 판정 의거 채널 추정 방법의 성능은 크게 떨어지게 된다. 이러한 파일럿 신호의 삽입이 불가능한 시스템의 구조는 정확한 채널 추정을 필요로 하는 QAM 계열의 계층 변조 기법을 사용하는데 커다란 제약이 된다.

다른 계층 변조 방법으로는 추가되는 LP 신호 역시 파일럿 신호나 채널 추정 및 등화를 필요로 하지 않는 16-DAQPSK 계층 변조 방식을 고려해 볼 수 있다. 이 방식은 구조가 간단하고 채널이 둘 이상의 연속한 OFDM 심벌 구간에 걸쳐 비교적 일정한 값을 가지는 느린

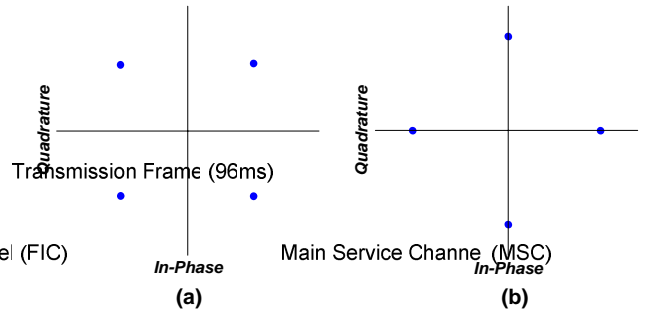


그림 2. $\pi/4$ -DQPSK 성상도 (a) 홀수 번째 심벌, (b) 짝수 번째 심벌.

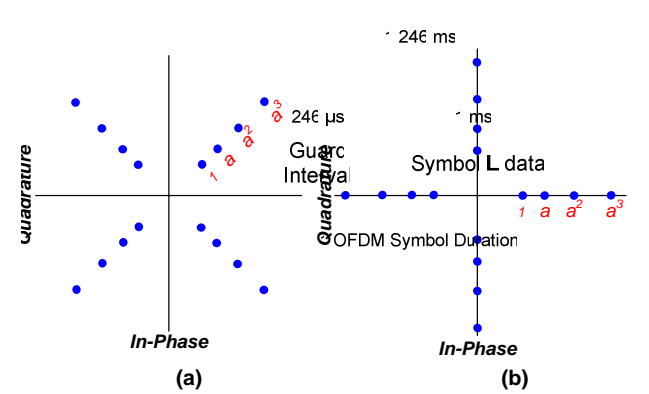


그림 3. 16-DAQPSK 성상도 (a) 홀수 번째 심벌, (b) 짝수 번째 심벌.

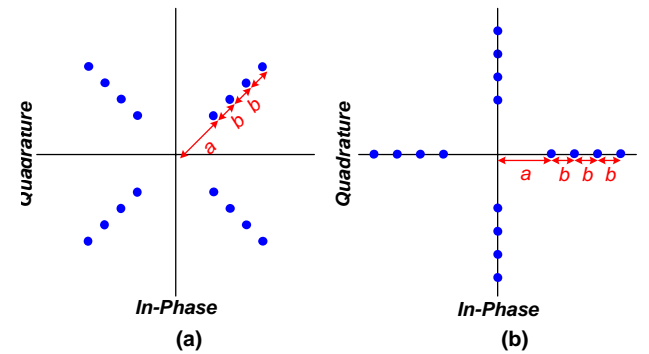


그림 4. 16-A-DQPSK 성상도 (a) 홀수 번째 심벌, (b) 짝수 번째 심벌.

페이딩 채널 환경 하에서는 잘 동작하지만, 단말기가 빠른 속도로 이동하는 빠른 페이딩 채널 환경 하에서는 성능이 크게 떨어질 수 있다.

마지막으로 본 논문에서 제안하는 16-A-DQPSK 계층 변조 방식이 있다. 이 변조 방식에서 기존 HP 신호는 전송 심벌의 위상 정보로서 $\pi/4$ -DQPSK 방식으로 변조되며 추가되는 LP 신호는 진폭 크기 정보로 ASK (Amplitude Shift Keying) 방식으로 변조된다. 기존 $\pi/4$ -DQPSK 변조 방식에서 위상에만 정보가 실리는 것에 착안하여 크기의 조절이 자유롭다는 점을 이용한 것이다.

그림 2은 $\pi/4$ -DQPSK 성상도를 나타낸 것이며, 그림 3와 그림 4은 각각 16-DAQPSK와 16-A-DQPSK의 성상도를 보인 것이다. 그림 3에서 서로 다른 크기 값들을 특징 짓는 크기 요소 (amplitude factor) α 값은 최적화된 값인 1.4를 사용하였다 [4]. 그림 4에서는 a 와 b 의 두 개의 파라미터 있는데, 이 둘은 기존

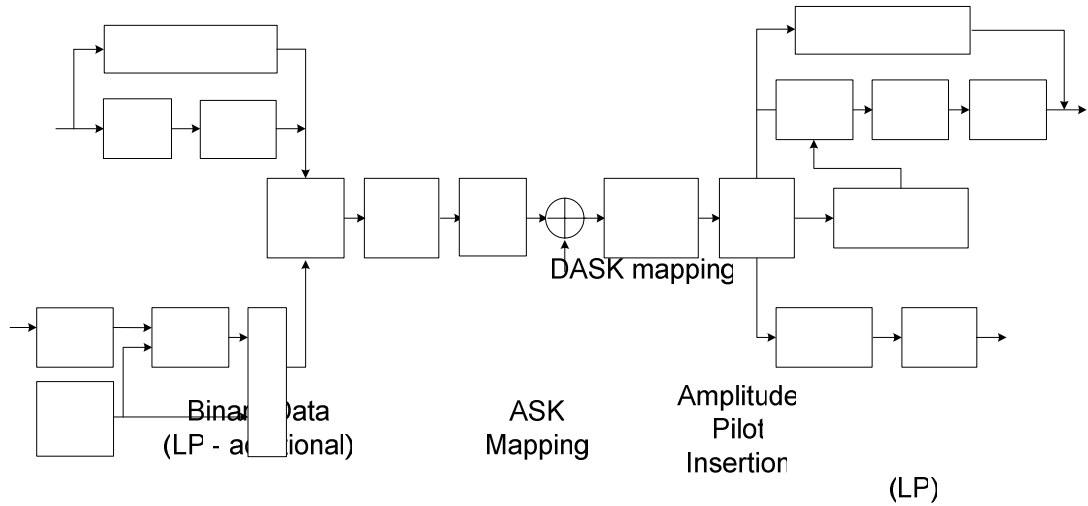


그림 5. 16-DAQPSK / 16-A-DQPSK 계층 변조를 적용한 지상파 DMB의 송수신도

시스템을 통해 전송되는 데이터 외의 추가 전송 데이터의 비트 오류율과 기존 시스템에 대한 호환성을 결정짓는다. 시뮬레이션 결과에 의하면, 최적의 파라미터는 $a=1.5, b=1$ 로 얻어진다.

16-A-DQPSK 계층 변조방식에서 ASK 변조된 LP 신호의 복조를 위해서 채널 크기 정보를 추정하고 등화하는 것이 필요하다. 기존 DQPSK 변조된 신호에 진폭을 변조하여 크기의 파일럿을 이용하여 채널 진폭 추정한다. 추정된 채널 진폭 정보를 이용하여 수신된 신호의 진폭 정보를 등화 후 판정한다. 이를 위해 일부 $\pi/4$ -DQPSK 방식으로 변조된 HP 신호의 일부분에 LP 신호를 추가하지 않고 채널의 Phase 정보를 추정하는 크기 파일럿으로 사용한다. 크기의 정보를 위한 크기 정보 파일럿이 일반적인 파일럿 전송 방식과 같이 시간 또는 주파수 차원에서 전송되거나 또는 비주기적으로 전송되어야 한다. 본 논문에서는 기존의 파일럿 배치방법 중 하나인 comb-type 파일럿 배치 방법을 사용하였다 [6].

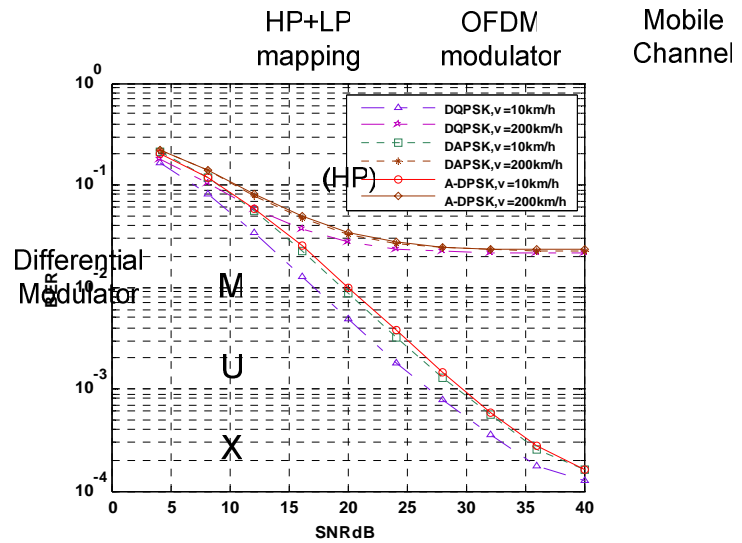


그림 6. COST 207 TU 6 채널에서 16-DAQPSK / 16-A-DQPSK 계층 변조된 신호를 기존 수신기에서 복조 시 성능

III. 시뮬레이션 결과

계층 변조된 DMB 시스템의 성능을 평가하기 위하여 시뮬레이션을 수행하였다. 실험에 사용된 채널은 COST 207 TU6 이다 [7]. 시뮬레이션에 사용된 중심 주파수는 200 MHz 이며, 계층 변조의 성능을 보기 위해 convolutional coding 블록과 인터리빙 블록을 제외한 상태에서 BER 을 측정하였다. 16-DAQPSK 와 16-A-DQPSK 계층 변조를 적용한 지상파 DMB 의 송수신도가 그림 5 에 나타나있다.

먼저 그림 6 에서는 16-DAQPSK 와 16-A-DQPSK 계층 변조를 적용할 경우에 기존 지상파 DMB 수신기에서의 성능 열화 정도를 분석하였다. 16-A-DQPSK 와 16-DAQPSK 계층 변조 방식을 적용하게 되면 단말기의 이동 속도가 10 km/h 인 경우 기존 지상파 DMB 수신기의 수신 성능이 약 3 dB 가량 열화되며, 단말기의 이동 속도가 200 km/h 인 경우에는 기존 수신기와 매우 유사한 성능을 가짐을 알 수 있다.

그림 7 은 동일한 조건 하에서 16-DAQPSK 와 16-A-DQPSK 계층 변조된 신호의 수신 성능을 보인 것이다. 단말기의 이동 속도가 10 km/h 인 경우 16-A-DQPSK 방식이 16-DAQPSK 방식에 비해 약 5 dB 정도 성능이 뛰어난 것을 볼 수 있다. 단말기 이동 속도가 200

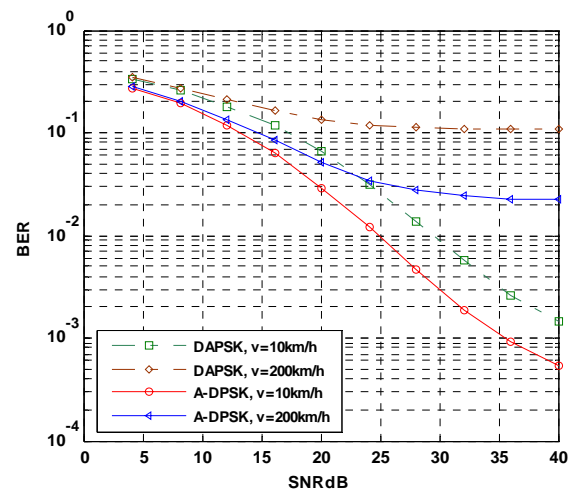


그림 7. COST 207 TU 6 채널에서 16-DAQPSK / 16-A-DQPSK 계층 변조된 신호의 성능 비교

km/h 정도의 이동 수신 환경에서 16-DAQPSK 와 16-A-DQPSK 의 수신 성능은 10 km/h 인 경우에 비해 매우 떨어짐을 볼 수 있다. 이는 고속 이동 환경에서는 부반송파 간 간섭이 매우 커지게 되는 것에 그 원인이다. 그러나 16-DAQPSK 의 성능 열화는 16-A-DQPSK 에 비해 매우 심각한 것으로 관찰된다. 이것은 단말기의 이동 속도가 매우 빠른 경우 인접한 두 개의 OFDM 심벌 구간 사이의 채널 변화가 매우 크게 나타나게 되어 차동 복조 성능이 저하되기 때문이다. 이상의 결과로부터 16-A-DQPSK 신호 방식이 16-DAQPSK 신호 방식에 비해 기존의 수신기의 성능 열화를 최소화하면서 이동 수신 환경 하에서 지상파 DMB 시스템의 데이터 전송 속도를 높이기 위한 새로운 변조 방식으로 적합하다고 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 지상파 DMB 시스템의 데이터 전송률을 향상 시키기 위한 방법으로 16-A-DQPSK 계층 변조를 제안한다. 시뮬레이션을 통하여 16-A-DQPSK 계층 변조 방식은 파일럿 심볼을 사용할 수 없는 기존 지상파 DMB 시스템과의 호환성을 유지하면서 데이터 전송 속도의 향상이 가능한 새로운 변조 방식임을 보였다. 특히 고속 이동 환경에서는 16-DAQPSK 계층 변조 방식에 비해 뛰어난 성능을 보임으로서 16-A-DQPSK 계층 변조 방식은 지상파 DMB 시스템의 성능 향상에 기여 할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] ETSI, 2001., "ETSI EN 300 401, Radio broadcast systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers," European Telecommunications Standards Institute, May 2001.
- [2] Gwangsoon Lee, Sammo Cho, Kyu-Tae Yang, Young Kwon Hanhm, and Soo In Lee, "Development of terrestrial DMB transmission system based on Eureka-147 DAB system," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 51, no. 1, pp. 63-68, Feb. 2005.
- [3] James K. Cavers, "An analysis of pilot symbol assisted modulation for rayleigh fading channels," IEEE Vehicular Technology Conf., vol. 2, pp. 894-898, Sept. 2002.
- [4] H. Rohling and V. Engels, "Differential amplitude phase shift keying (DAPSK)—A new modulation method for DTVB," in Proc. Int. Broadcasting Convention, Amsterdam, The Netherlands, 1995, pp. 102-108.
- [5] Der-Zheng Liu, Che-Ho Wei, "DAPSK-OFDM transmissions for high data-rate digital mobile radio", ISCAS Conf. vol. 2, pp. 417-420, May 2001.
- [6] Meng-Han Hsieh, Che-Ho Wei, "Channel estimation for OFDM systems based on comb-type pilot arrangement in frequency selective fading channels", IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 44, no. 1, pp. 217 - 225, Feb. 1998.
- [7] COST 207 Report, Digital land mobile radio communications, Commission of European Communities, Directorate General, Telecommunications, Information Industries and Innovation, Luxembourg, 1989.