

계층변조가 적용된 T-DMB 시스템에서 변조방식 검출기법에 대한 연구

*배재휘, 김영수, 임종수, 이수인 **한동석

*한국전자통신연구원 **경북대학교

*jhbae@etri.re.kr

Research on the modulation method detection in hierarchically modulated T-DMB

*JaeHwui Bae, YoungSu Kim, JongSoo Lim, Soo In Lee **Dong-Seog Han

*ETRI, **Kyungpook National University

요약

국내외적인 이동멀티미디어 방송 시장의 급속한 성장과 더불어 동일한 주파수 대역에서 기존 T-DMB 시스템에 비해 더 많은 데이터 전송률을 얻기 위해, T-DMB 시스템에 계층변조를 적용하여 전송률을 높이는 연구가 국내외적으로 추진되고 있다. 기존 T-DMB 시스템의 DQPSK 신호에 새로운 변조방식으로 변조된 신호를 더하여 계층변조 하는 경우에, 새로 추가되는 신호에는 한 개 이상의 변조방식이 적용될 수 있다. 이러한 경우의 일례는 DQPSK-BPSK 및 DQPSK-QPSK 변조가 있을 수 있다. 이와 같이 새로 추가되는 신호에 한 개 이상의 변조방식이 적용된 경우에, 수신단에서 새로 추가된 신호에 적용된 변조방식을 용이하게 검출하기 위한 수단이 필요하다. 이것을 위하여 PRS 신호에 PN 시퀀스를 계층변조 형태로 추가하여 수신단에서 PN 시퀀스의 상관을 취하여 새로 추가되는 신호의 변조방식을 검출하는 방법을 제안하고, 실험 결과를 제시한다.

1. 서론

최근에 휴대 인터넷과 이동멀티미디어 방송과 같이 유사한 서비스를 제공하는 시스템들간에 경쟁이 치열해짐에 따라[1], 동일한 주파수 대역폭에서 데이터 전송률을 높이기 위한 계층변조에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다[2][3]. 특히 DQPSK 변조만을 사용하는 기존 T-DMB 신호(HP, high priority signal)에 새로운 변조를 적용해서 계층변조를 하여 기존의 T-DMB 대비 데이터 전송률을 높일 수 있다[4]. 이와 같이 계층변조된 T-DMB에서 새로 추가되는 신호(LP, low priority signal)는 서비스 목적에 따라 한 개 이상의 변조방식이 적용될 수 있다. 이와 같이 복수의 변조방식이 적용된 계층변조 T-DMB 시스템에서, 수신단에서 용이하게 새로 추가된 신호에 적용된 변조방식을 검출하는 것은 매우 중요하다.

본 논문에서는 계층변조 T-DMB 시스템에서 새로 추가된 신호인 LP에 적용된 변조방식을 수신단에서 용이하게 검출할 수 있는 방법을 제시한다. 제안된 방법은 기존 T-DMB 신호인 HP 및 LP가 공유하는 PRS(phase reference symbol)에 PN 시퀀스를 추가하는 것이다. 그리고 제안된 방법의 PN 시퀀스 검출 성능을 다중경로 수신환경에서 분석하여, 계층변조 T-DMB 시스템에 적용성을 분석하였다. 제 2 장에서는 계층변조 T-DMB 시스템에 대해 소개한다. 제 3 장은 제안된 계층변조 T-DMB 시스템에서 LP신호의 변조방식 검출 기법에 대해 기술한다. 제 4 장은 계층변조 T-DMB 시스템에 제안된 LP 신호 변조 방식 검출 기법의 적용성 분석결과를 기술한다. 제 5 장에서 연구결과와 활용성 및 향후연구 방향에 대해 언급한다.

2. 계층변조 T-DMB 시스템

이 장에서는 T-DMB 이동멀티미디어 방송 시스템의 전송표준 및 계층변조가 적용된 T-DMB 시스템에 대해 소개한다[4].

가. T-DMB 전송 시스템 구조

T-DMB 시스템은 고정, 휴대 및 이동환경에서 CD급 음질을 제공하는 Eureka-147 DAB 시스템을 기반으로 만들어졌다[5]. Eureka-147 DAB 시스템의 물리계층은 그림 1.에 나타난 것과 같이 5가지의 데이터 경로를 가진다. FIC와 SI는 다중화 및 서비스 정보를 보내고, DAB 오디오 프레임 채널은 DAB 오디오 서비스에 이용된다. Eureka-147 시스템에서 입력되는 서비스 신호는 먼저 확산 스크램블러(energy dispersal scrambler)를 통해 입력신호의 에너지를 분산시키는 과정을 거치고, 다음 단계로 컨벌루션 부호화를 거친다. 이 때 각 서비스 마다 적용하는 보호수준(protection level)에 따라 다양한 부호율(code rate)이 적용된다. 그 다음에는 군집에러가 컨벌루션 부호의 성능 열화를 막기 위한 시간 인터리버(time interleaver)를 거친다. 시간 인터리버는 4개의 데이터 프레임에 걸쳐서 일어나며, CIF 단위로 이루어진다. 데이터 프레임은 synchronization 채널(2 OFDM 심볼 =Null 1개+PRS 심볼 1개), FIC(fast information channel) 심볼 3개 그리고 실제 payload를 실어 나르는 72개의 MSC(main service channel) 심볼로 구성되는 총 76개의 OFDM 심볼로 구성된다. 또한 18개의 OFDM 심볼을 묶어서 하나의 CIF로 정의하기 때문에, 1 프레임은 synchronization 채널 1개, FIC 심볼 3개 그리고 4개의 CIF로 구성된다고도 할 수 있다. 이 때 FIC 심볼(1/3)과 MSC 심볼(사용자 정의)에는 서로 다른 수준의 컨벌루션 부호율이 적용되며, FIC 심볼에 대해서는 시간 인터리빙이 적용되지 않는다. 여기까지 처리된 다양한 서비스 신호는 주서비스 멀티플렉스에서 하나의 스트림으로 만들어지고, 다음 단계에서 데이터 프레임 구조로 만들어져서 DQPSK 변조 및 주파수 인터리빙을 거쳐 OFDM 신호로 만들어진다.

T-DMB는 스트림 모드에 비디오 멀티플렉스를 추가하여 이동멀

터미디어 방송 서비스를 제공한다[2]. T-DMB에서는 FIC는 부호율 1/3 그리고 MSC는 부호율 1/2을 적용한다.

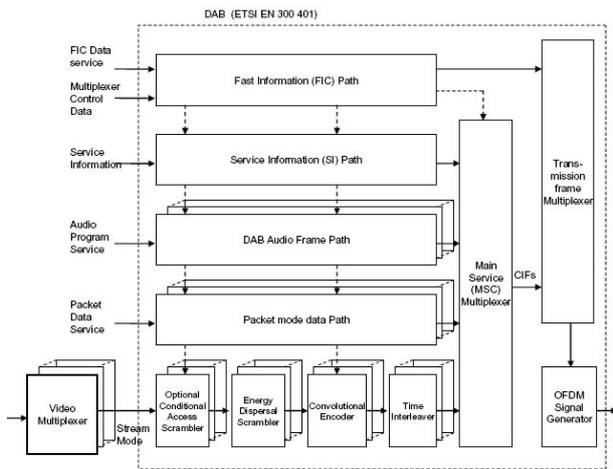


그림 1. T-DMB의 비디오 서비스 전송 구조

나. 계층변조 T-DMB

OFDM 전송 시스템에 계층변조를 적용한 사례는 DVB-T 시스템이 있다. DVB-T 시스템에서는 16QAM, 64QAM 변조에 계층변조 기법을 적용하는 것을 표준에 포함하고 있다[3]. 기존 시스템과 역호환성(backward compatibility)을 유지하는 계층변조를 적용하기 위해서는 기존 시스템의 서비스를 제공하는 HP(high priority) 스트림과 새로 추가된 LP(low priority) 스트림으로 나누어진다[4].

$$S_H(n) = S_{hp}(n) + S_{lp}(n)$$

T-DMB에 계층변조를 적용하는 경우, HP 신호는 DQPSK 변조가 적용되고, LP 신호는 HP 스트림에 최소한의 영향을 주면서 LP신호의 성능을 최대화 할 수 있는 변조가 적용되어야 한다. 여기서는 T-DMB 계층변조를 위해 LP신호의 변조에 BPSK 및 QPSK 변조를 적용하는 일례에 대해 설명한다. 기존 T-DMB 신호인 HP신호에 새롭게 추가되는 신호인 LP신호를 더하여 얻어지는 계층변조된 T-DMB 신호 $S_H(n)$ 는 다음과 같이 나타난다.

$$S_H(n) = (\alpha + 1) \times S_{hp}(n) + S_{lp}(n)$$

$$S_{hp}(n) = z_{hp}(n) \times z_{hp}(n-1)$$

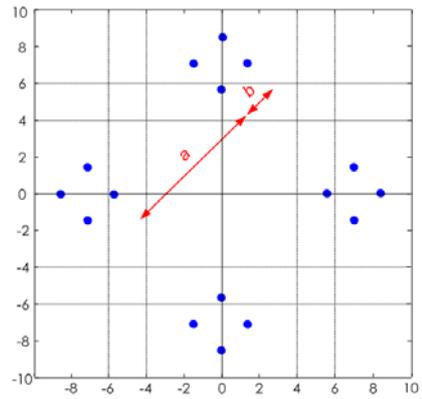
$$S_{lp}(n) = x_{lp}(n) + j \cdot y_{lp}(n)$$

여기서, $S_{hp}(0) = x_{hp}(0)$, $S_{lp}(n) = x_{lp}(n)$
 $z_{hp}(n) = x_{hp}(n) + j \cdot y_{hp}(n)$
 $n = 1, 2, \dots, N$ α : 계층변조 계수

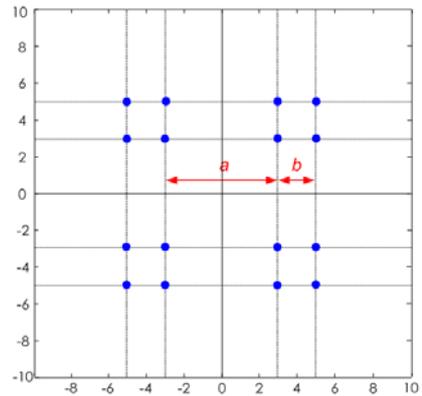
계층변조 T-DMB 신호의 성상은 그림 2. 및 그림 3.과 같이 PRS를 기준으로 홀수번째 OFDM 심볼은 (a), 짝수번째 심볼은 (b)와 같이 나타난다. 그리고 성상비(constellation ratio) α 는 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha = b/a$$

여기서, b 는 정상간의 간격이고,
 a 는 정상균간의 간격이다.

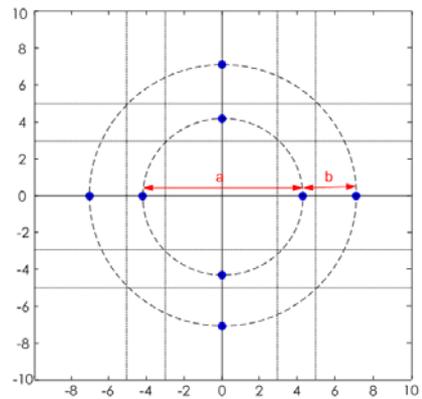


(a) 홀수번째 OFDM 심볼 성상

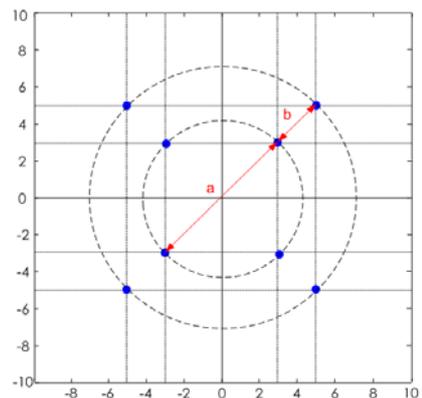


(b) 짝수번째 OFDM 심볼 성상

그림 2. HP=DQPSK, LP=QPSK 일 때 계층 변조된 신호의 성상도



(q) 홀수번째 OFDM 심볼 성상



(b) 짝수번째 OFDM 심볼 성상

그림 3. HP=DQPSK, LP=BPSK 일 때 계층 변조된 신호의 성상도

3. 제안된 계층변조 T-DMB에서 변조방식 검출 기법

계층변조된 T-DMB 시스템에서 데이터 심볼에는 기존 T-DMB 신호인 HP 신호와 새로 추가되는 LP 신호가 더해져서 HP, LP 신호가 공존하는 계층변조된 신호가 얻어진다. 그러나, 매 데이터 프레임의 시작점의 기준이 되는 PRS(pseudo random sequence)는 계층변조가 적용되지 않고, HP와 LP 모두 동일한 PRS 신호를 공유하게 된다. PN 시퀀스를 계층변조된 T-DMB에 PN시퀀스를 추가하는 과정은 그림 4와 같다.

HP신호는 콘벌루션 부호기(convolutional encoder)를 거치고, 전송 프레임 맥스를 통해서 서비스 프로그램을 다중화 하고, QPSK 변조를 하고 다시 DQPSK 변조를 한 후에 OFDM 변조를 수행하게 된다. OFDM 변조된 신호는 최종적으로 IFFT를 통해서 시간영역 신호로 변환된다. 그리고 LP 신호는 콘벌루션 부호기를 거치고, 전송 프레임 맥스를 거쳐 얻어진 신호에 대해, BPSK 또는 QPSK 변조를 수행하게 된다. 그리고 주파수 인터리빙을 거쳐 OFDM 변조를 수행하고, OFDM 변조된 신호는 HP 신호와 같이 IFFT를 통해 시간영역신호로 변환된다. 그리고 LP 신호에는 성장비 $1/\alpha$ 만큼 크기를 작게해서 HP 신호와 더해져 계층변조된 신호가 얻어진다.

제안된 LP 신호 변조방식 검출 기법은 이렇게 시간영역으로 변환된 HP 신호 및 LP 신호는 데이터 프레임의 시작점인 PRS 신호는 공통으로 사용한다. 따라서 PRS 신호에 PN 시퀀스를 HP 신호를 복조하는데 영향이 없을 만큼 그림 5와 같이 K배 작게해서 더한다.

수신단에서는 주파수 및 프레임 동기를 거친 이후에 PRS 신호를 검출하여 PN 시퀀스와 상호상관(cross correlation)을 취하여 쉽게 첨두치를 구하여, PN 시퀀스의 존재를 검출할 수 있다. 그리하여 PN 시퀀스의 존재유무에 따라 변조방식 정보를 검출할 수 있다.

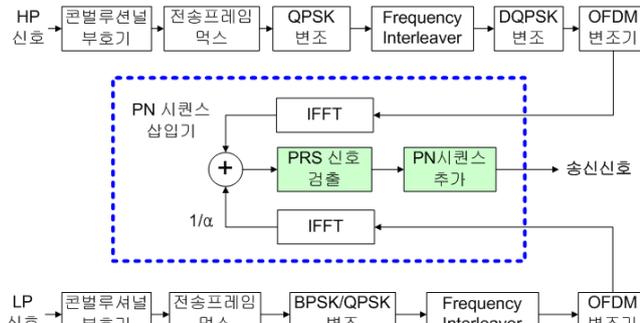


그림 4. 계층변조 T-DMB 송신단에 PN 시퀀스 추가 과정 블록도

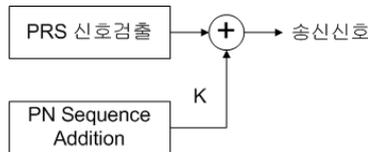


그림 5. 계층변조 T-DMB에서 PN 시퀀스 추가 세부 과정 블록도

4. 실험 및 결과

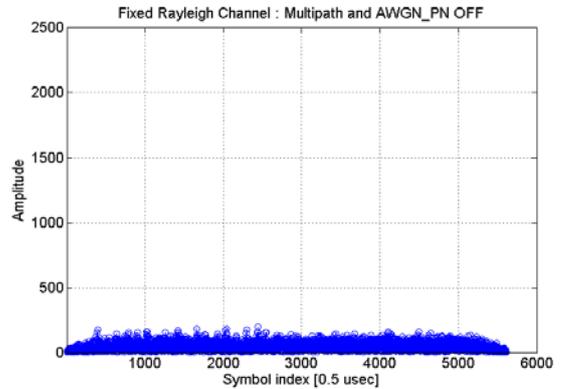
이 장에서는 컴퓨터 실험을 통하여 제안한 LP 신호변조방식 검출 기법의 성능 분석을 수행하였고, 그 결과를 제시한다.

가. 실험조건

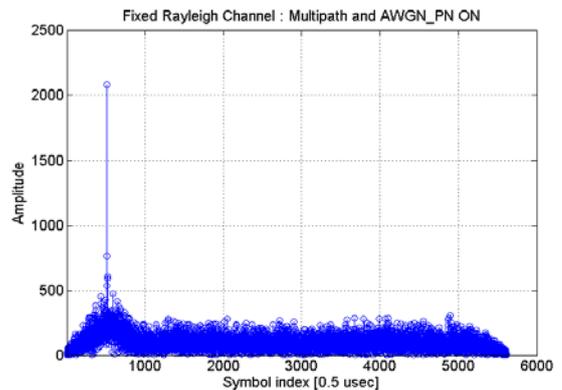
적용된 채널 모델은 COST207에서 제안한 도시채널 모델인 TU6(typical urban 6 path) 채널을 적용하였다. 그리고 적용된 PN시퀀스는 ATSC 방식의 디지털 TV 표준에서 사용하는 PN511 시퀀스를 적용하였다. PN511 시퀀스는 511개의 샘플 길이를 가지는 신호로, ATSC 8VSB 방식에서 프레임 동기 및 채널등화를 위해 사용하는 신호이다[6]. PN511 시퀀스의 상관특성은 AWGN(additive white Gaussian noise) 환경에서 AWGN을 더한 신호와 원래의 PN511 신호에 대해 상호상관을 취하면 얻어지는 첨두치(peak value)와 나머지 값들과의 차이는 약 25dB의 차이가 얻어진다. 따라서 PN511 시퀀스의 상호상관 특성은 매우 우수한 값을 가진다. PN511 시퀀스를 얻어진 계층변조신호의 PRS 신호에 앞쪽 511개 샘플에 K배 만큼 곱해서 더하였다. 여기서 PN511 시퀀스에 곱하는 상수 K=0.3의 값을 적용하였다. 그리하여 수신단에서 얻어진 PN 시퀀스의 첨두치를 구하여 변조모드 검출 성능을 분석하였다.

나. 결과분석

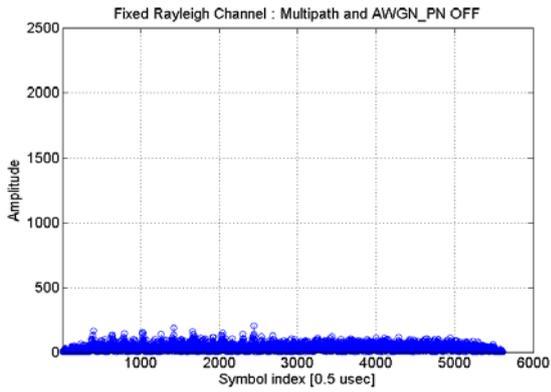
위에서 설명한 과정을 통하여 얻어진 계층변조 신호에서 PRS 신호를 검출하여 PN511 시퀀스와 상호상관을 통해 얻은 첨두치는 그림 6, 그림 7. 및 그림 8.에 나타나 있다. 그림 6.에는 SNR=0 dB 일 때, PN511 시퀀스를 추가한 경우와 추가하지 않은 경우에 각각 얻어지는 상호상관의 출력값을 나타내고 있다. SNR=0 dB 일 때 분석한 그림 6.에서, 그림 6. (a)에 나타나 있는 것과 같이 PN511 시퀀스가 없는 경우에는 상호상관 값에서 첨두치가 없고 약 200정도의 값이 얻어진다. 그림 6. (b)에서는 PN511 시퀀스가 있는 경우에는 상호상관을 통해서 약 2000 이상의 첨두치가 얻어지는 것을 볼 수 있다.



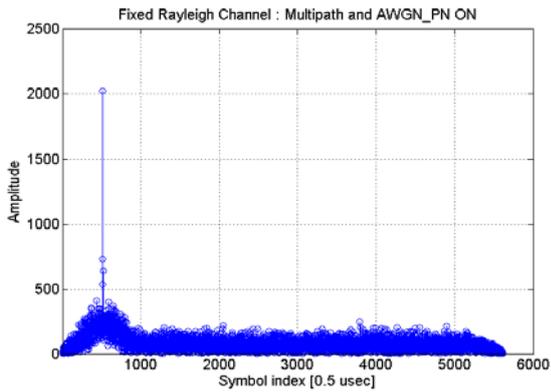
(a) PN511을 추가하지 않은 경우에 첨두치 검출 결과



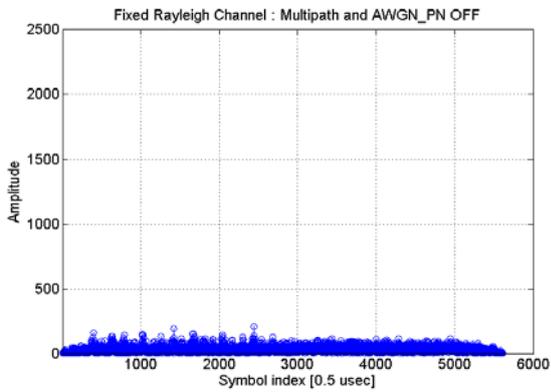
(b) PN511을 추가한 경우에 첨두치 검출 결과
그림 6. SNR = 0 dB 일 때 얻은 결과



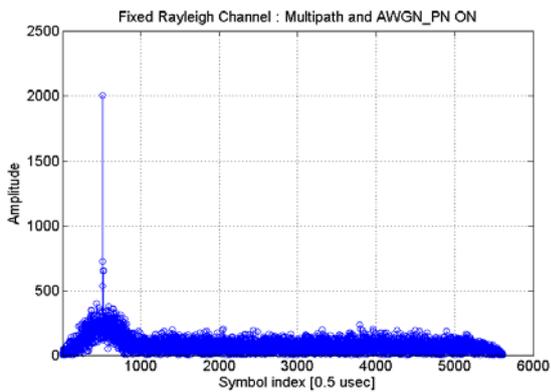
(a) PN511을 추가하지 않은 경우에 칩두치 검출 결과



(b) PN511을 추가한 경우에 칩두치 검출 결과
그림 7. SNR = 10 dB 일 때 얻은 결과



(a) PN511을 추가하지 않은 경우에 칩두치 검출 결과



(b) PN511을 추가한 경우에 칩두치 검출 결과
그림 8. SNR = 20 dB 일 때 얻은 결과

또한 SNR=10dB일 때 분석한 그림 7.의 (a), (b)에서도 PN511 시퀀스가 없는 경우는 약 200의 값이 그리고 PN511시퀀스가 있는 경우에는 약 2000의 값이 얻어지는 것을 볼 수 있다. 그리고 SNR=20dB 일 때 분석한 그림 8.의 (a), (b)에서도 PN511 시퀀스가 없는 경우는 약 200의 값이 그리고 PN511시퀀스가 있는 경우에는 약 2000의 값이 얻어지는 것을 볼 수 있다. PN511 시퀀스가 없는 경우와 있는 경우에 각각 상호상관을 통해서 얻어진 칩두치의 전력을 비교하면 다음과 같다. PN511 시퀀스가 추가된 경우에는 SNR = 0 dB, 10 dB 및 20 dB 일 때 얻어진 칩두치의 값은 약 2000 정도이고, PN 시퀀스가 없는 경우에는 약 200 정도의 값이 얻어진다. 따라서,

$$20\log_{10}(2000/200) = 20 \text{ dB}$$

PN511 시퀀스가 추가된 경우와 추가되지 않은 경우 사이에 칩두치의 값은 약 20 dB의 차이가 존재한다.

이것으로부터 PN 시퀀스를 PRS 신호에 추가하여 수신신호에 상호상관을 취하여 얻은 칩두치를 분석하여 PN 시퀀스의 존재 유무를 쉽게 확인할 수 있다. 만약 PN 시퀀스가 추가된 경우를 LP 신호에 BPSK변조를 적용한 것으로 정하고, PN 시퀀스가 없는 경우를 LP 신호에 QPSK 변조를 적용한 것으로 정하면, 수신단에서는 PN 시퀀스의 존재 유무를 검출할 수 있다. 따라서 이 과정을 통해 LP에 적용된 변조 방식을 쉽게 검출할 수 있다. LP에 더 많은 변조가 적용된다면 PRS 신호의 구간을 나누어 PN 시퀀스를 적용하여 더 많은 경우의 수를 구별 하는 것도 제시한 변조방식 검출 기법을 적용하여 구별하는 것이 가능하다.

5. 결론

본 논문에서는, 계층변조 T-DMB 시스템에서 새로 추가되는 LP 신호에 적용된 변조방식을 수신단에서 용이하게 검출하는 기법과 성능 분석 결과를 제시하였다. 제안한 LP신호 변조방식 검출 기법은 계층변조 T-DMB 시스템에 적용할 때, LP 신호변조 방식을 용이하게 검출할 수 있다는 것을 확인하였다. 뿐만 아니라 제안한 방법은 향후에 개발되는 이동방송 시스템에서도 복수개의 변조 방식이 적용되는 경우에, 적용된 변조방식을 검출하기 위한 기법에도 응용될 수 있을 것으로 생각한다.

6. 참고 문헌

- [1] J. H. Bae, G. S. Lee, J. S. Lim, S. I. Lee, D. S. Han, "An overview of terrestrial multimedia broadcasting systems : T-DMB and DVB-H," ABU DTV Symposium Oct. 2005.
- [2] 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.
- [3] Michael J. Ruf, H. Schulze, "Erhöhung der Datenkapazität bei DAB durch hierarchische Modulation," ITG-Fachtagung Codierung, März 1998 in Aachen, ITG Fachbericht 146, S. 249-257
- [4] Ji-Hyun Kim, Hyoung-Nam Kim, Hyoungsoo Lim, Jong Soo Lim "Performance Improvement of Terrestrial DMB Receivers in Hierarchical Modulation Mode," Consumer Electronics 2007 ICCE2007 International Conference on. Jan. 2007.
- [5] ETSI TS 102 428, Digital Audio Broadcasting (DAB) ; DMB video service ; User Application Specification, Jun. 2005.
- [6] Advanced Television Systems Committee, ATSC Digital Television Standard (A/53A), April 2001.