

특집논문-00-5-2-02

CATV 망을 통한 디지털 TV 전송에 대한 성능 분석

손 원*, 이 재 련*, 이 진 환**

Performance Analysis on Digital TV Transmission Through CATV Networks

Won Sohn*, Jaeryun Lee* and Jinwhan Lee**

요 약

이 논문은 아날로그 CATV망을 이용하여 디지털 TV신호를 전송할 때의 성능을 분석하였다. 채널손상 요소로는 랜덤잡음, 극소반사(microreflection), 및 CTB(Composite Tripple Beats)를 고려하였으며, 랜덤잡음과 CTB에 대한 채널 모형화는 가우시안과 와이블 분포를 각각 적용하였다. 극소반사에 대한 채널 모형화는 지연시간에 따라 세 가지의 경우로 구분하였으며, 극소반사의 영향을 최소화하기 위해서 수신단에서 반송파 복원기와 블라인더 등화기를 적용하였다. 설정된 채널모형에 대한 디지털 전송성능을 분석하기 위하여, DVB-C 규격을 적용한 컴퓨터 모의장치를 구현하였으며, 모의실험을 통하여 각 채널 형상에 대한 성능을 알기 위해 E_b/N_0 값에 대한 BER값을 구하였다.

Abstract

This paper analyzed the transmission performance when we transmitted digital TV signal through analog CATV network. We considered random noise, microreflection, and composite tripple beats as channel impairment factors, and random noise and CTB(Composite Tripple Beat) are modelled as Gaussian distribution and Weibull distribution respectively. Channel modellings for microreflections are classified as three cases, and we exploited carrier recovery and blind equalizer to minimize their effects. We developed a computer simulator for the digital transmission system using DVB-C specification to analyze digital transmission performance, and found BER values according to E_b/N_0 for each configuration.

I. 서 론

기존의 아날로그 CATV망을 통한 디지털신호 전송에 관한 연구는 1990년대부터 활발하게 진행되고 있다. 미국은 디지털방송 방식을 논의하기 시작할 때, 지상파방송 뿐만 아니라, CATV방송에 대해서도 함께 다루었으며, 유럽은 위성, 지상파, 및 CATV에 대한 디지털방송을 DVB를 통하여 모두 다루었다. 이러한 관점에서 우리 나라는 디지털 CATV방송에 대한 논의가 디지털 위성방송과 디지털

지상파방송에 대한 논의가 충분히 이루어진 후에 진행되고 있다. CATV망은 지상파나 위성과는 다른 매체 전달 특성을 가지고 있기 때문에 채널환경이 다르며, 아파트가 많은 비중을 차지하는 우리 나라는 미국이나 유럽의 CATV망 환경과 구조면에서 다르기 때문에, 우리 나라 환경에서 아날로그 CATV망을 통한 디지털 전송에 대한 연구는 의미가 있다고 할 수 있다. 이 연구는 미국 및 유럽의 디지털 CATV에 대한 연구결과를 바탕으로 우리 나라 CATV망을 통한 디지털 전송성능을 분석하고자 한다.

미국 CableLabs사의 디지털 전송실험에 따르면, 측정 지역의 95% 정도가 C/N값이 33 dB를 만족하였으며, 99%가 25 dB를 만족한다고 하였다^[1]. 참고문헌 [2]에

* 경희대학교 전자정보학부
School of Electronics and Information, Kyung Hee University

** 한국전자통신연구원
Electronics and Telecommunications Research Institute

의하면 16-VSB가 최소화질을 보장하는 TOV(Threshold of Visibility)를 만족하는 C/N이 29.1 dB인 것을 고려하면, 측정 대상 가입자 중 95% 이상이 TOV를 만족한다는 것을 알 수 있다. 8-VSB인 경우에는 TOV를 만족하는 C/N이 15.0 dB이기 때문에 99% 이상이 TOV를 만족한다.

J. Hamilton과 D. Stoneback은 디지털 반송파를 아날로그 CATV 전송시스템에 추가했을 때의 손상 정도에 대하여 연구하여, 추가로 전송되는 디지털 반송파에 의한 기존의 아날로그 채널에 대한 영향을 최소화하기 위해서는 아날로그 CATV 반송파보다 8~10 dB 정도 낮은 디지털 CATV 반송파를 전송할 것을 제안하였다^[3]. K.J. Kerpez는 HFC 디지털 전송에서 QAM과 VSB의 전체적인 전송능력이 유사하다는 것을 밝혔다^[4]. K. Laudel 등은 디지털 송수신기를 정밀하게 설계하면 256 QAM 변조방식이 디지털 TV 신호와 같은 고속데이터를 CATV망을 통하여 전송하는데 사용될 수 있다는 것을 보였다.^[5] K. Maeda와 K. Utsumi는 AM/QAM 혼합 전송에서 혼성 찌그러짐은 와이블 분포를 갖는다는 것을 주장하였다.^[6]

앞 문장에서처럼 기존 연구는 대부분 일부 잡음에만 국한되어 있으나, 이 논문에서는 랜덤잡음, 극소잡음 및 CTB를 모두 고려하여 아날로그 CATV망을 통한 디지털 전송능력을 분석하고자 하였다. 이 논문의 구조는 디지털 전송능력 분석을 위하여 먼저 아날로그 CATV망에 대한 채널 모델링을 하였다. 우리 나라의 주택 구조를 고려하여 세 가지 경우를 채널 모델링에서 고려하였으며, 세 가지 경우는 일반 주택구조, 맥내망 구조, 및 아파트 구조를 포함한다. 다음으로 디지털 전송능력을 분석하기 위한 수단으로써, 유럽의 표준인 DVB-C를 적용한 디지털 CATV 시스템을 소프트웨어적으로 구현하였다. 미국의 ATSC 방식은 아의 실험결과까지 공개된 상태이기 때문에, 자세한 실험결과가 없는 DVB-C를 선택하는 것이 바람직하다고 판단되기 때문에 DVB-C를 전송시스템 모델로 채택하였다. 마지막으로 DVB-C 전송시스템을 이용한 모의실험 결과와 분석을 포함하였다.

II. 채널 모델링

디지털 CATV 망은 여러 가지 신호손상 요소에 의하여 영향을 받을 수 있으며, 신호손상 요소로는 랜덤잡음, 찌그러짐, 극소반사, AM 험, 잉여 FM 등이 있으나, 여기서

는 주요 결손요소로 알려진 랜덤잡음, 찌그러짐, 및 극소 반사를 고려하여 채널 모형을 시도하였다.

랜덤잡음은 주로 CATV 시스템의 간선, 분기 및 연장증폭기를 통하여 시스템에 부가되는 것으로 백색 가우시안 잡음이 채널 상에 부가되도록 하였다. 대부분의 상호변조에 의한 찌그러짐은 초간선, 동축 분배망 및 가입자망에서 생성되는 것으로, CSO(Composite Second Order)와 CTB가 있으나, 각 증폭기를 푸시-풀 방식을 이용하여 설계할 때, CSO는 무시할 수 있으므로, CTB만 고려하였다. CTB에 대한 채널모델링은 참고문헌 [6]에 따라, 비대칭도가 1.5이고 눈금인자를 변수로 한 와이블 분포를 가지는 것으로 하였다. 와이블 분포에 따른 CTB 잡음은 I 및 Q 채널에 와이블 분포를 가지는 랜덤숫자를 RF 신호에 더하는 방식으로 시스템에 추가하였다. 이 때의 잡음밀도는 (식 1)에 따라 구하였다.

$$N_0 = \frac{E[r^2]}{2} = \frac{b^2}{a} \Gamma\left(\frac{2}{a}\right) \quad (1)$$

여기서, r 은 CTB에 의한 혼성 찌그러짐의 진폭을, $E[r^2]$ 은 혼성 찌그러짐의 총전력을, a 는 분포의 형태를 결정하는 비대칭도를, b 는 크기를 결정하는 눈금인자를 의미한다.

극소반사 또는 다중경로는 CATV 시스템내의 임피던스 부정합에 의하여 발생하는 것으로, 이를 발생시키는 요소는 광대역 동축망내의 어느 곳에서나 발생할 수 있으나, 소자간의 거리가 수 백 피트 이내인 곳에서의 문제가 특히 심각하므로, 그림 1, 그림 2 및 그림 3과 같이 탭으로부터 가입자까지의 인입선 구조, 맥내 망 구조 및 아파트 망 구조에 대해서만 고려하였다.

그림 1에서 (반사경로1)은 소스와 탭 간의 거리가 300 ft이고, 분배 케이블 손실이 1.6 dB/100 ft @750 MHz일때,

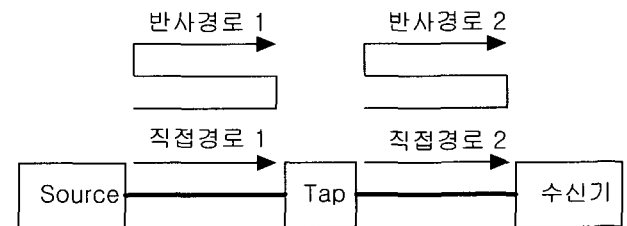


그림 1. 일반 주택 구조에서의 극소반사 발생요인
Fig. 1. Microreflection at tap-off

표 1. 극소반사에 의한 충격응답계수
Table 1. Impulse response by microreflections

헤드엔드와 가입자 출력구 사이의 극소반사		택내망에 의한 극소반사		아파트 망에 의한 극소반사	
지연시간 (nsec)	충격응답계수(dB)	지연시간 (nsec)	충격응답계수(dB)	지연시간 (nsec)	충격응답계수(dB)
0	0	0	0	0	0
83	-13	10	-5	113	-5
166	-19	20	-10	226	-10
249	-19	30	-15	339	-15
333	-24	40	-20	452	-20
416	-26	50	-25	565	-25
500	-28	60	-30	678	-30
583	-30	70	-35	791	-35
666	-32	80	-40	904	-40
750	-32	90	-45	1017	-45
833	-31	100	-50	1130	-50
916	-31	110	-55	1243	-55
1000	-35	120	-60	1356	-60

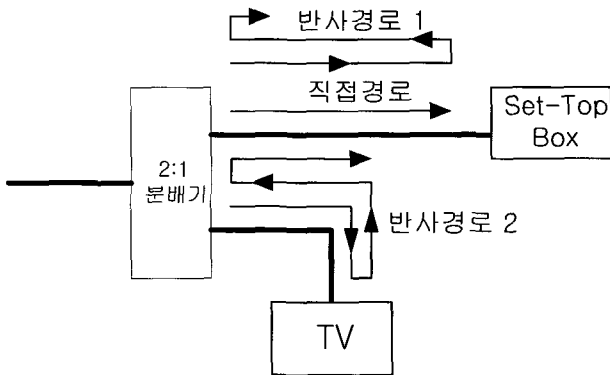


그림 2. 택내망에서의 극소반사 발생요인
Fig. 2. Microreflection at home wiring

경로 손실이 16 dB 정도가 되므로, 왕복경로 손실만을 고려하더라도 32 dB가 손실되므로 무시하였으며, (반사경로2)에 의한 손실은 표 1의 첫 번째 열과 같이 모형화하였다. 표 1의 값은 미국 CableLabs사에서 측정한 결과로서, 가입자의 99%를 만족시키는 것이다.

그림 2의 (반사경로1)은 셋톱박스와 2:1 분배기에 의한 반사손실이 발생하기 때문에 직접신호보다는 훨씬 작은 신호를 가지게 되므로 이에 대한 영향은 (반사경로2)에 비하여 적은 편이다. (반사경로2)에 의한 반사신호는 특히 종단장치가 없을 때에는 입력 신호의 100%가 반사

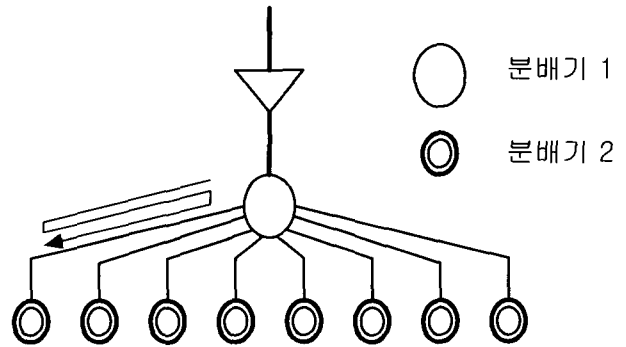


그림 3 아파트 구조에서의 극소반사요인
Fig. 3. Microreflection at apartment wiring

되어 2:1 분배기로 재입력하게 된다. 이 때, 분배기의 단자간의 절연상태가 좋지 않을 경우에는 반사된 신호가 다른 단자를 통하여 셋톱박스로 재입력될 수 있다. 반사신호의 지연시간은 분배기에서 셋톱박스간의 거리를 $L_1(ft)$, 분배기에서 TV간의 거리를 $L_2(ft)$ 라고 했을 때, $(L_1 + 2L_2)/885.6(\mu sec)$ 이 된다. 이 때의 전달손실은 L_1 과 L_2 를 3 ft라고 했을 때, 750 MHz에서 약 0.15 dB가 되므로 무시할 수 있으며, 분배기의 포트간의 절연지수를 5 dB라고 했을 때, 약 5 dB정도 감쇠된 신호가 약 10 nsec의 지연시간을 가지고 셋톱박스로 입력된다고 할 수 있다. 이러한 경우를 모형화한 결과는 표 1의 2 번째 열과 같다.

그림 3은 아파트 CATV망의 일부분을 그린 것이며, 아파트 규모에 따라 그림 3과 같은 그룹의 수가 정해진다. (분배기 1)은 외부로부터의 신호를 증폭한 후 각 가정에 CATV 신호를 분배하기 위한 분배기이다. (분배기 2)는 각 가구 내에서 CATV 신호를 분배하기 위한 분배기이다. 이 때, 임의의 (분배기 2)에서 반사된 신호가 (분배기 1)을 통하여 다른 (분배기 2)로 재입력될 수 있다. (분배기 1)과 (분배기 2)간의 거리를 50 ft라고 했을 때, 750 MHz에서 전달손실은 약 1.6 dB가 된다. (분배기 1)의 포트간 절연지수가 3.4 dB라고 했을 때, 모형화한 결과는 표 1의 3 번째 열과 같다.

헤드엔드부에서의 RF 출력신호를 $s(n)$, 수신점에서의 수신신호를 $r(n)$, CATV 망의 극소반사에 의한 채널 충격반응을 $h_m(n)$, 랜덤 잡음을 $n_{RANDOM}(n)$, CTB에 의한 찌그러짐잡음을 $n_{CTB}(n)$ 이라고 할 때, 채널 모델은 식 2와 같이 표현될 수 있으며, 이에 대한 블록도는 그림 4와 같다.

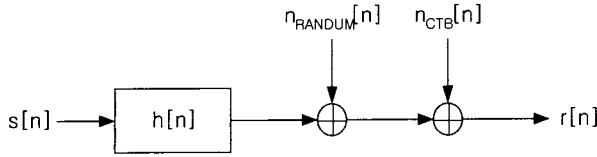


그림 4 채널 모형화
Fig. 4. Channel modelling

$$r(n) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h_m[k] s[n-k] + n_{RANDOM}[n] + n_{CTB}[n] \quad (2)$$

DVB-C 규격을 적용하고 채널당 6 MHz를 사용하는 디지털 CATV 시스템에서 심볼율이 약 5.2 MHz 정도 되기 때문에 심볼 주기는 약 192 nsec가 된다. 그림 1과 같은 경우에는 탭과 수신기간의 거리를 약 100 ft로 가정하면, 반사신호에 의한 지연시간이 226 nsec의 배수가 되기 때문에, 10배로 상향 표본된 송신시스템의 출력신호에 표 1을 이용하여 극소반사효과를 주었다. 그림 2와 그림 3에 의한 지연시간은 분배기와 수신기간의 거리가 매우 짧아 지연시간이 20 nsec 이하까지 단축될 수 있기 때문에 20배로 상향 표본된 송신시스템 출력신호에 표 1을 이용하여 극소반사효과를 주었다.

III. DVB-C 송·수신 시스템 구현

CATV망의 전송성능을 분석하기 위하여 디지털 CATV 시스템을 표 2에 있는 DVB-C 규격에^[7] 따라 그림 5와 같이 소프트웨어로 구현하였다.

모의실험은 그림 5와 같이 채널 코딩과 QAM 변조방식

표 2. 전송 파라미터 규격
Table 2. Transmission parameter specifications

전송 파라미터	규격
Channel Bandwidth(MHz)	6.0
변조방식	64-QAM/256-QAM
Inner code	None
Outer code	RS(204,188)
Randomizer	$1 + X^{14} + X^{15}$
Symbol rate(MBaud)	5.217
Information bit rate(Mbps)	64 QAM: 28.8 256 QAM: 38.5
Excess Bandwidth	15%

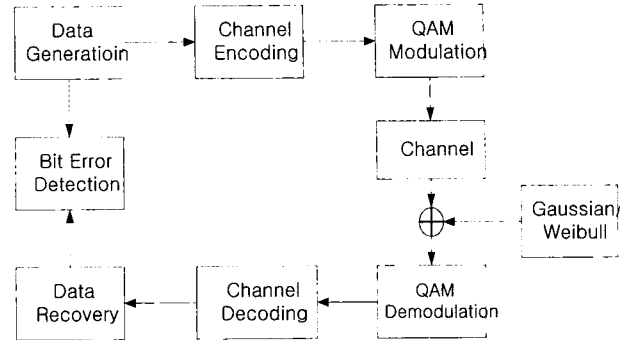


그림 5. DVB-C방식에 따른 디지털 전송시스템
Fig. 5. Digital transmission system by DVB-C

을 사용한 변·복조부로 나누어 구현하였으며, 몬테카를로 방식을 사용하기 때문에 비트 오류수가 적어도 100개가 나오도록 하기 위해서 매우 많은 양의 데이터를 연산하여야 했다. 이에 따른 연산시간을 줄이기 위해 전체적인 모의실험 구조는 약 105 bit를 단위로 이것을 여러 번 반복하는 방법을 사용하였다.

먼저 소스신호인 MPEG-2 트랜스포트 데이터는 0과 1을 동일한 빈도로 발생시키는 랜덤정수 발생기를 사용하여 생성했다. 채널코딩에는 스크램블링과 RS 부호화, 길쌈 인터리빙 등이 포함되었다. 스크램블링에서 PRBS는 각 레지스터에 할당된 초기 값과 생성다항식에 의해 발생하며, 길이가 15인 배열을 잡아서 각 레지스터를 배열의 인덱스에 해당하는 값으로 연산한 후, 인덱스를 하나씩 이동시키는 방법을 사용하였다. DVB-C는 RS(204, 188) 부호화를 사용하므로 188 바이트의 MPEG 트랜스포트에 51 바이트의 '0'을 추가시킨 후 RS(255,239) 인코더에 입력시켰고, 출력시에 다시 51 바이트의 '0'을 제거함으로써 RS(204, 188) 부호화를 구현하였다. 길쌈 인터리빙은 입력 데이터를 일렬로 나열한 후 각 비트의 인덱스를 이용하여 그 순서를 바꿔주는 것으로 동작시켰다. 이때 입력된 한 프레임 시퀀스는 12 프레임 길이로 확장되고 결과적으로 총 11 프레임의 지연이 발생하게 되며, 이 지연은 수신단의 길쌈 인터리버에서 제거되도록 하였다.

변조단에는 심볼매핑, 차등부호화, QAM 매핑, 올림코사 인제곱근 여파기, QAM 변조, 및 채널잡음의 기능을 포함하였다. 변조할 때는 심볼율이 5.217 MBaud, 반송파 주파수가 5.217 MHz가 되도록 하였다. 올림코사인 제곱근 여파기에서는 입력 심볼을 10배로 상향 표본화하여 연산을 수행하였다. 변조할 때는 대부분의 경우에는 상향표본화를

수행하지 않고 특정 경우에만 10배로 상향 표본화하였다. 수신단의 최적필터는 송신단에서 사용된 것과 동일한 올림코사인 제곱근 여파기를 사용하였다. 잡음은 수신단의 올림코사인 제곱근 여파기의 출력단에서 추가하였으며, 잡음전력은 입력되는 E_b/N_0 값에 따라 결정되도록 하였다. BER 값은 소스신호와 수신신호를 비트 단위로 비교해서 에러가 발생한 비트 수를 산출해내고 이 값을 전체 비트 수로 나누어 BER을 구하였다. 극소반사에 의한 영향을 없애기 위하여 복조단에 반송파 회복기와 I, Q 출력값에 대하여, CMA (Constant Modulus Algorithm)를 사용하고 25개의 탭을 사용하는 블라인더 등화기를 구현하였다.

IV. 모의실험 결과 및 분석

모의실험은 채널환경에 따라 랜덤잡음, CTB 잡음, 및 극소반사잡음의 경우에 대하여 각각 수행하였다.

1. 랜덤잡음

CATV망 채널이 AWGN 채널이라는 가정아래, 64-QAM 또는 256-QAM 변조방식을 적용했을 때, 채널코딩을 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 E_b/N_0 의 값에 따른 BER값을 구하였다. 그림 6은 변조방식 종류와 채널코딩 사용여부에 따른 4가지 경우의 BER 곡선을

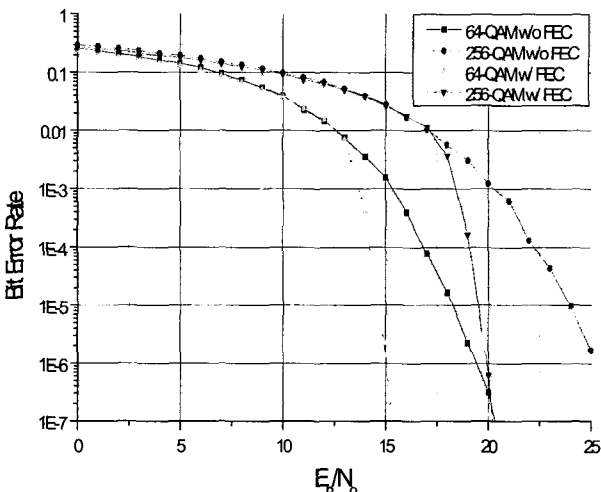


그림 6. E_b/N_0 에 따른 BER값(랜덤잡음)
Fig. 6. BER values according to E_b/N_0 (Random Noise)

나타낸 것이다. ATSC에서 TOV는 BER값이 3×10^{-6} 일 때를 규정하기 있으며, 이는 객관적 화질평가를 위한 기준이다. 변조방식과 채널부호화 방식이 다른 DVB-C를 적용한 전송시스템에서 TOV 개념을 적용하는 것은 논리적으로 문제가 없다. BER값에서의 E_b/N_0 값을 그림 6으로부터 구하면, 64-QAM에서는 약 15 dB, 256-QAM에서는 약 20 dB임을 알 수 있다. C/N값은 채널대역폭이 6 MHz이고 비트율은 64-QAM이 31.302 Mbps, 256-QAM이 41.736 Mbps가 되므로 각각 22 dB 및 28.4 dB가 된다.

CableLabs사에 의한 자료에 따르면^[2], 가입자 99%에 대한 최소 C/N값이 25dB가 되기 때문에 64-QAM 변조방식은 TOV를 얻기 위한 C/N이 22 dB이기 때문에 가입자 99% 이상에게 TOV를 만족하는 화질을 제공할 수 있다는 것을 알 수 있다. 256-QAM의 경우에는 TOV를 만족하는 C/N이 28.4 dB이기 때문에 가입자 99%에게 TOV를 제공한다는 것은 어렵게 되나, 가입자 95%에 대한 최소 C/N값이 33 dB이기 때문에 95%의 가입자에게는 TOV를 만족하는 화질을 제공할 수 있다. 또한 CATV 서비스가 이루어지고 있는 상한 주파수보다 12 MHz 높은 서비스대역 밖의 지역에 대해서는 가입자 99%의 최소 C/N이 19 dB, 95%는 27 dB, 90%는 30 dB이기 때문에, 64 QAM은 95%의 가입자에게 TOV를 만족하는 화질을 제공할 수 있고, 256-QAM은 90%의 가입자에게 제공할 수 있다.

2. CTB

CATV망 채널에 CTB가 가장 영향을 크게 미치는 손상요소는 가정아래, 채널코딩을 사용하지 않은 상태에서 E_b/N_0 의 값에 따른 BER값을 64-QAM과 256-QAM에 대하여 그림 7과 같이 구하였다. 그림 6에서 채널코딩을 사용하지 않았을 때의 TOV에 대한 BER값은 약 1.5×10^{-3} 이므로, 이 때의 E_b/N_0 값은 그림 7로부터, 64-QAM일 때는 20 dB, 256-QAM일 때는 26 dB가 된다. 따라서 C/CTB는 각각 27dB 및 34.4 dB가 되므로, 가입자의 수신환경에서의 CTB가 이 값들을 만족하면 좋은 화질의 서비스를 제공할 수 있다.

3. 극소반사

그림 8은 표 1의 극소반사를 고려한 충격응답계수를 고려했을 때의 채널부호화가 포함되지 않은 64 QAM

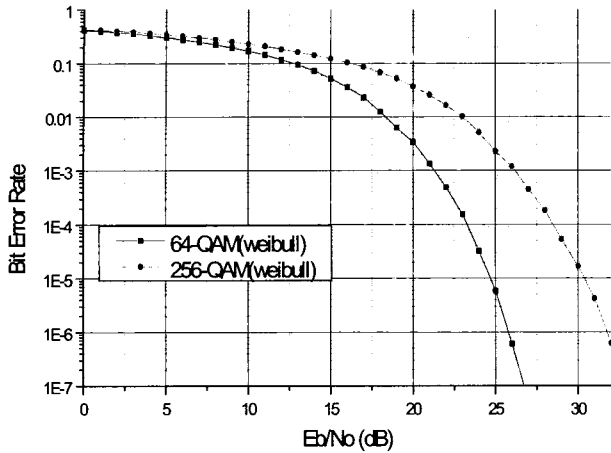


그림 7. E_b/N_0 에 대한 BER값(CTB)
Fig. 7. BER results with respect to E_b/N_0 (CTB)

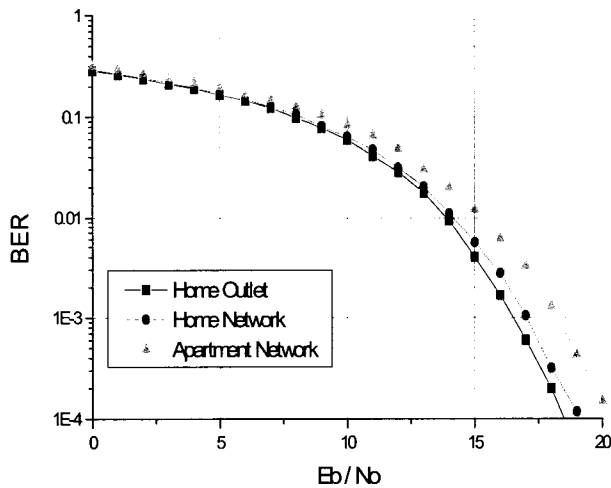


그림 8. 극소반사환경에서 랜덤잡음에 따른 BER 값
Fig. 8. BER values with respect to random noise with microreflections

변조에 대한 모의실험 결과이다. 그림 6에서 BER 값이 10^{-3} 일 때의 QAM 64에 대한 E_b/N_0 는 약 15.5 dB가 된다. 그림 8에 따르면, 헤드엔드와 가입자 출력구 간의 극소반사에 대한 결과는 요구 E_b/N_0 가 약 16.5 dB가 되기 때문에, 약 1 dB의 손실이 있음을 알 수 있다. 택내 망의 경우에는 요구 E_b/N_0 가 약 17.0 dB가 되기 때문에, 약 1.5 dB의 손실이 있음을 알 수 있으며, 아파트 망의 경우에는 요구 E_b/N_0 가 약 18 dB가 되기 때문에,

약 2.5 dB의 손실이 있음을 알 수 있다. 그림 10과 그림 11은 적응등화기를 적용하기 전과 후의 성상도를 보여준다.

4. 랜덤잡음+CTB+극소반사

위에서 분석한 랜덤잡음과 극소반사가 있을 때, CTB에 대한 BER 성능을 살펴보기 위하여 아래의 조건에서 모의 실험을 수행하였다. 아래의 첫 번째와 두 번째 조건은 BER값이 10^{-4} 일 때의 조건이다. 따라서 CTB가 없을 때, BER값이 10^{-4} 이 된다는 것을 의미한다.

- 택내 망 반사(50-200MHz)
- E_b/N_0 (랜덤 잡음) = 18.8 dB
- $C/CTB > 10$ dB

그림 9에서 CTB 잡음을 증가시켜가면서 모의실험을 수행한 결과, C/CTB 가 45 dB 이하의 CTB 잡음에서는 BER성능에 영향을 심각하게 주었으나, C/CTB 가 45 dB 이상일 때는 큰 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다.

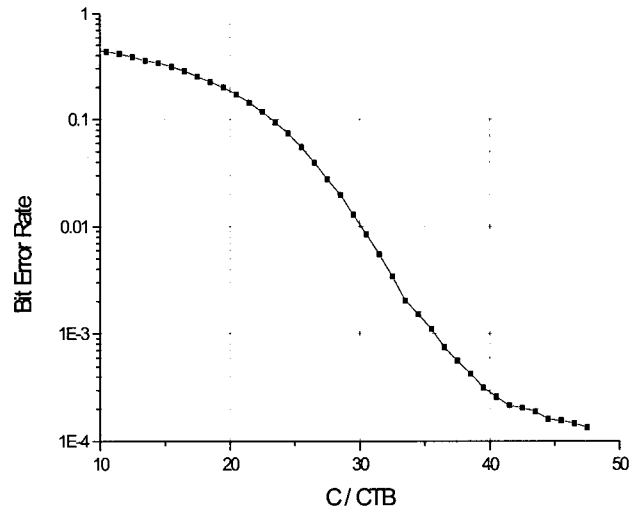


그림 9. C/CTB 에 따른 BER 값
Fig. 9. BER values for C/CTB

V. 결 론

이 논문은 기존의 CATV망을 이용하여 DVB-C 규격에

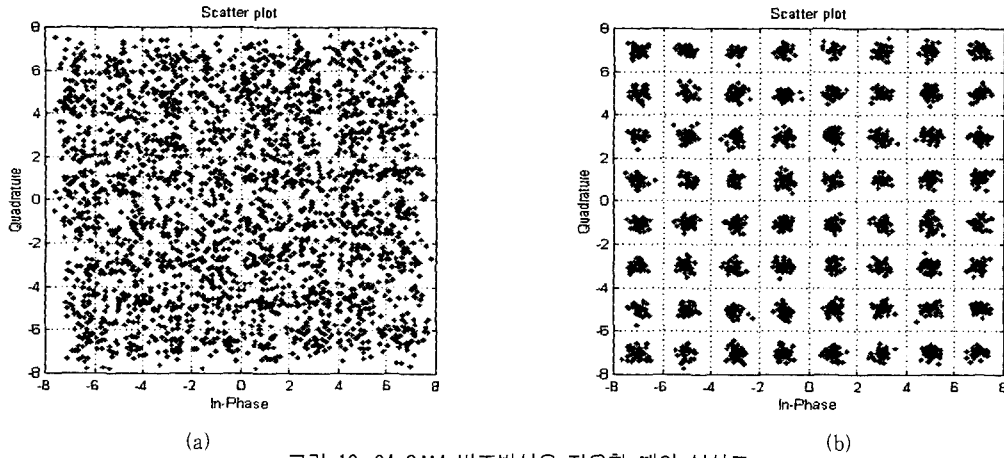


그림 10. 64 QAM 변조방식을 적용할 때의 성상도
Fig. 10. Constellation diagram for 64 QAM

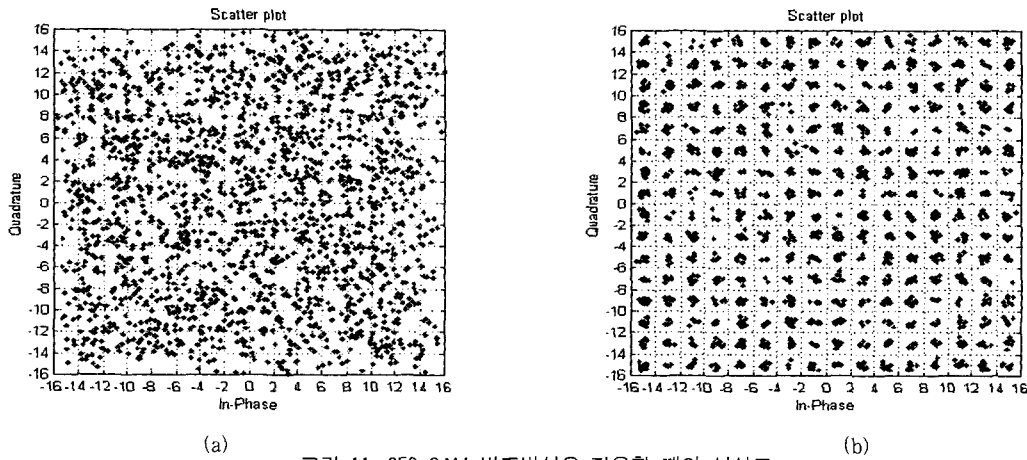


그림 11. 256 QAM 변조방식을 적용할 때의 성상도
Fig. 11. Constellation diagram for 256 QAM

따라 디지털 방송신호를 전송할 때의 수신성능을 랜덤잡음, CTB, 및 극소반사의 관점에서 살펴보았다. 랜덤잡음에 대해서는 CableLabs사의 C/N 측정결과를 이용하면, 64-QAM 변조방식은 99%이상의 가입자에게 TOV를 만족하는 화질을 제공할 수 있지만, 256-QAM 변조방식은 95%이상의 가입자에게 TOV를 만족하는 화질을 제공할 수 있다. CTB의 경우에는 C/CTB가 64-QAM에서 45 dB를 만족한다면, CTB에 의한 영향은 무시할 수가 있다. 극소반사는 경우에 따라 BER이 10^{-3} 일 때, 약 1 ~ 2.5 dB 정도의 신호손상을 줄 수 있으며, 팩내 망의 경우보다, 아파트 망에서의 신호손상 정도가 10^{-3} BER에서 약 1 dB 정도 열악함을 보였다. 모의실험에서 적용한 적응등화기의 탭 수를 증가하면 이에 대한 신호손상은 어느 정도 감소

할 수 있을 것으로 판단된다.

이 연구는 팩내 망 및 아파트 망에서 특정한 조건에서 모의실험을 수행하였으며, 좀 더 일반적인 경우에서 모의 실험을 수행할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] "Digital Transmission Characterization of Cable Television Systems," *CableLabs*, Nov. 1994.
- [2] "Field Test Results of the Grand Alliance HDTV Transmission Subsystem," *Submitted by MSTV, CableLabs, and PBS to SS/WP-2 Field Testing Task*

- Force of ACATS*, Sep. 16, 1994.
- [3] J. Hamilton and D. Stoneback, "The Effect of Digital Carriers on Analog CATV Distribution Systems," *1993 NCTA Technical Papers*, pp. 100-111, 1993.
- [4] K. J. Kerpez, "A Comparison of QAM and VSB for Hybrid Fiber/Coax Digital Transmission," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 41, no. 1, pp. 9-16, Mar. 1995.
- [5] K. Laudel, et al., "Performance of a 256-QAM Demodulator/Equalizer in a Cable Environment," *1994 NCTA Technical Papers*, pp. 141-145, 1994.
- [6] K. Maeda and K. Utsumi, "Bit-Error Rate of M-QAM Signal and Its Analysis Model for Composite Distortions in AM/QAM Hybrid Transmission," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 47, no. 8, pp. 1173-1180, Aug. 1999.
- [7] M. Ghosh, "Digital Video Broadcasting: Cable Specification," *Philips Journal of Research*, vol. 50, no. 1/2, pp. 79-90, 1996.

저 자 소 개

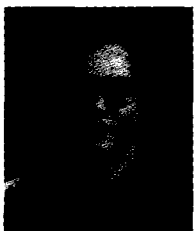


손 원

1982년 2월 : 경북대학교 공학사 (전자공학과)
 1990년 5월 : 텍사스 A&M 대 공학석사 (전기공학과)
 1993년 8월 : 텍사스 A&M 대 공학박사(전기공학과)
 1982년 1월 ~ 1987년 6월 : 국방과학연구소(진해)
 1993년 9월 ~ 1999년 2월 : 한국전자통신연구원
 1999년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보학부 조교수
 주관심분야 : 디지털방송, 위성통신, 신호처리

이 재 련

2000년 2월 : 경희대학교 공학사 (전파공학과)
 2000년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 석사과정 (전파공학과)
 주관심분야 : 멀티미디어전송, 영상통신



이 진 환

1987년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 졸업
 2000년 2월 : 한국정보통신대학원 통신공학부 석사학위 취득
 1989년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 AV전송연구팀 선임연구원