

100Mbps Home Network 구현을 위한 시스템의 제안 및 전송능력 분석

김수환*, 황인근*, 김환우**

*충남대학교 전자공학과, **충남대학교 정보통신공학부

Proposing System for 100Mbps Home Network & Analysis of Transmission Performance

*Soo-hwan Kim, *In-keun Hwang, **Whan-woo Kim

*Dept. of Electronics Eng. Chungnam National University, **Dept. of Information and
Communications Eng. Chungnam National University

E-mail : wwkim@cnu.ac.kr

요 약

홈네트워크는 정보통신 네트워크의 최종단인 가정 내 통신망이다. 이제까지 백본 네트워크나 액세스 네트워크 등에 비해 상대적으로 연구가 적었지만 최근 들어서 가정 내에서 복수 개의 PC의 사용이 증가되면서 홈네트워크에 대한 관심이 증가하고 있다.

본 논문에서는 100Mbps 전송속도를 갖는 Home Network 구현을 위하여 두 가지방법으로 시스템을 제안한다. 첫번째 방법은 현재 100Mbps 급 홈네트워크의 표준안으로 예상되는 OFDM 변조방식의 일종인 DMT 방식을 사용하는 것이고, 두 번째는 최소대역폭 라인코딩 방식을 이용하는 것이다.

1. 서 론

홈네트워크는 정보통신 네트워크의 최종단인 가정 내 통신망이다. 최근 들어서 가정 내에서 복수 개의 PC의 사용이 보편화되고 이들 PC 간의 통신, 주변 장치들의 공유, IP 주소의 공유와 함께 정보통신기기와 가전기기

의 통합체인 정보가전기기의 개념이 대두되면서 홈네트워크에 대한 관심이 고조되고 있다. 그 중에서 기존의 전화선을 이용하는 HomePNA는 전송률 1Mbps에 이어 10Mbps까지의 표준안이 확정되어 발표되었으며 앞으로는 100Mbps 표준안 마련을 위하여 각 업체들이 경쟁을 할 것으로 보인다.

이러한 추세에 맞추어 우리나라에서도 홈네트워크 기술개발이 절실히 필요하다. 본 논문에서는 차세대 홈네트워크가 될 것인 100Mbps 급 홈네트워크 시스템을 두가지 방법으로 제안한다. 첫번째 방법은 현재 100Mbps 급 홈네트워크의 표준안으로 예상되는 OFDM 변조방식의 일종인 DMT 방식을 사용하는 것이고, 두 번째는 최소대역폭 라인코딩 방식을 이용하는 것이다.

우선 2 장에서는 DMT 방식을 이용한 시스템을 제안하고 모의실험을 통하여 채널할당 비트 수를 측정하였다. 3 장에서는 최소대역폭 선로부호를 사용한 시스템을 제안하고 모의실험을 통하여 시스템을 분석하였다. 마지막으로 4 장에서는 결론을 맺는다.

2. DMT 방식을 사용한 시스템 제안

그림 1은 DMT 방식을 이용한 시스템의 블록도이다

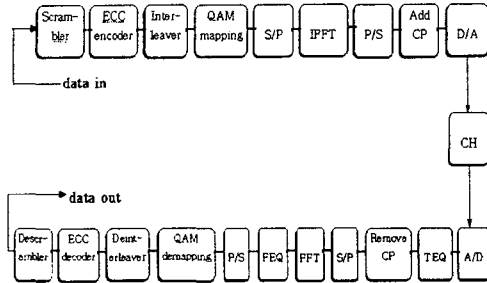


그림 1 DMT 방식을 이용한 시스템의 블록도

입력 비트열은 M-ary 심볼로 변환되어 IFFT 에 의해 변조된다. 그 후 cyclic prefix (CP)가 추가되는데 CP의 길이가 채널의 임펄스 응답보다 작게 되면 ISI가 발생하게 된다. 이를 방지하기 위해 수신단에서는 시간 영역의 등화기를 사용하여 임펄스 응답의 길이를 CP이내로 감소시킬 수 있다.

모의 실험에서는 VDSL의 Zipper 방식과 같은 파라미터를 사용하였다. 표 1은 VDSL Zipper 방식의 기본 파라미터 값들을 보여준다. 사용된 파라미터는 표 1과 같다.

표 1의 파라미터를 통해 100Mbps를 갖기 위해서 각각의 부채널에 할당되어지는 비트수의 평균을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$10\text{kHz} \times (320 + 4096) = 10.78125\text{kHz} \times 4096 = 44.16\text{MHz} \quad (1)$$

$$\text{Required BW} = 10.78125\text{kHz} \times 2048 = 22.08\text{MHz} \quad (2)$$

$$100\text{Mbps} / 10\text{kHz} = 10000\text{bps/Hz} = 10000\text{bits/symbol} \quad (3)$$

기존의 시스템 (POTS 및 ADSL)과 채널을 공유하기 위해서는 1.104MHz 이하의 대역은 사용할 수 없으므로 160개 (160 × 10.78125 = 1.725MHz) 정도의 부채널을 사용하지 않는다. 따라서 부채널당 평균 할당 비트수는 아래와 같다.

$$10000\text{bits} / (2048 - 160) = 5.3\text{bit/carrier}$$

각 채널 당 비트 수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$d_k = \log_2 \left(1 + \frac{SNR_k}{\Gamma} \right), \quad SNR_k = \frac{\epsilon_k |H_k|^2}{|N_k|^2} \quad (4)$$

위 식에서 SNR_k 는 k 번째 부채널의 SNR을 나타내고, ϵ_k 는 각 부채널에 할당된 심볼 에너지, $|H_k|^2$ 와 $|N_k|^2$ 는 각각 부채널에서의 감쇄율과 잡음의 전력을 나타낸다. Γ 는 SNR-gap을 나타내고 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\Gamma = \frac{mar}{3cg} [Q^{-1}(P_e/4)]^2 \quad (5)$$

위 식에서 mar 는 margin을 cg 는 coding gain을 나타내고, P_e 는 심볼에러확율을 나타낸다.

Fsamp (MHz)	22.08MHz
IFFT size (samples)	4096
Overhead for T_p and T_{tran}	320 (14.5μs)
Data symbol rate	5.0kHz
Efficiency	46.4%
Cyclic "suffix" maximum	220
Cyclic extension	320+220
Subcarrier spacing	5.390625kHz
Used subcarriers	56-2047 (0.3-11MHz)
In-band transmit PSD without power boost	-60dBm/Hz

표 1 VDSL Zipper 방식의 basic parameters

모의 실험을 통한 각 부채널 당 할당 비트수를 그림 2에서 보여준다. 모의 실험에 사용된 채널은 HomePNA v.2.0에서 제안된 10개의 테스트 모델 중에서 1,2,9,10번 네 개의 채널을 사용하였다. System margin은 6dB로 가정하였고, SNR-gap은 BER이 10^{-7} 을 만족하도록 9.8dB로 정하였다. 잡음으로는 AWGN (-140dBm/Hz)를 사용하였다.

3. 최소 대역폭 선로부호

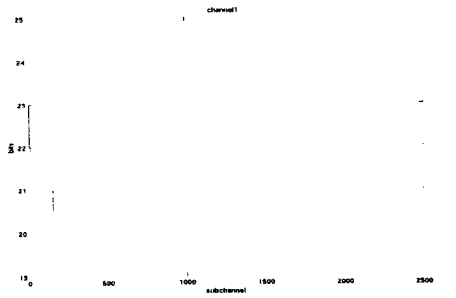
선로부호를 설계할 때는 흔히 고려되는 주요 성질은 다음과 같다. 첫째, 유한연속장(Run-Length-Limited:RLL) 성질. 둘째, 교류 전송신호에 직류성분이 존재하지 않거나 저주파 성분이 적음을 뜻하는 이른바 무직류 성분(DC-free)성질을 가져야 하는데 선로부호의 무직류 성분 성질은 시스템 매개변수인 Running Digital Sum(RDS)와 Digital Sum Variation(DSV)와의 연관성이 있는데 y_n 을 인코딩 출력이라고 할 때 어떤 유한구간 $[I, J]$ 동안 RDS 와 DSV 는 다음과 같이 나타낼 수 있으며, DSV 가 유한한 선로부호는 무직류 성분 성질을 갖는다.

$$RDS[I, J] \equiv \sum_{n=I}^J y_n \quad DSV \equiv \text{Max}_{I, J} \left| \sum_{n=-\infty}^{\infty} y_n \right| \quad (6)$$

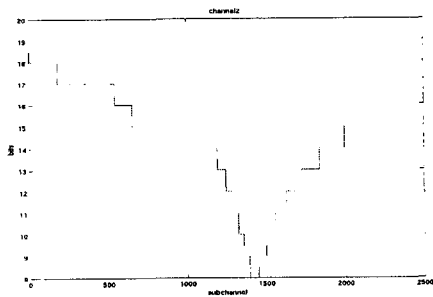
셋째, 나이퀴스트 주파수에서 영전력을 가지는 최소대역폭(Minimum Bandwidth) 성질을 가져야 한다. 이는 또 다른 매개변수 RAS(Running Alternating Sum)과 ASV(Alternating Sum Variation)들에 관련된다. 이 두 매개 변수는 다음과 같으며, ASV 가 유한하면 선로부호는 최소대역폭 성질을 갖는다.

$$RAS[I, J] \equiv \sum_{n=I}^J (-1)^n y_n \quad ASV \equiv \text{Max}_{I, J} \left| \sum_{n=-\infty}^{\infty} (-1)^n y_n \right| \quad (7)$$

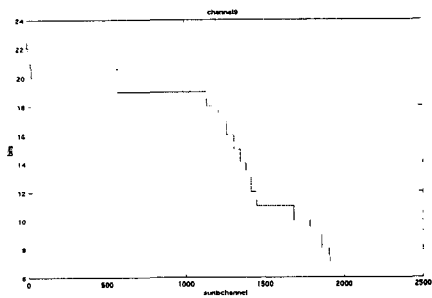
부호화 알고리즘에 사용된 입력은 M-Level QAM 기저대역 등가 즉 L-level PAM($L = \sqrt{M}$)을 고려한다. 각 부호화기의 입력열은 L-level PAM 심볼열이고 출력열 또한 L-level PAM 심볼열로 구성된다. 각 부호화기는 심볼열을 프레임 형태로 묶고 몇 개의 프레임을 연결하여 블록 형태로 구성하는 블록 부호화 형태를 취한다. 입력열이 L-level PAM 일경우 블록당 프레임(N)은 $N = \log_2 L$ 와 같이 되고 출력열의 프레임은 입력 프레임의 복제또는 반전형태로 나타내며 플래그 심볼은 각각의 프레임들의 상태에 대한 정보를 갖는 비트들로 구성되는 하나의 심볼로 블록의 끝에 위치한다. 반전과 복사의 결정은 바로 전 프레임 까지의 DSV 나 ASV 의 누적치와 현 프레임의 DSV 와 ASV 의 부호를 비교하여 같으면 반전시키고 다르면 복사를 한다. 이



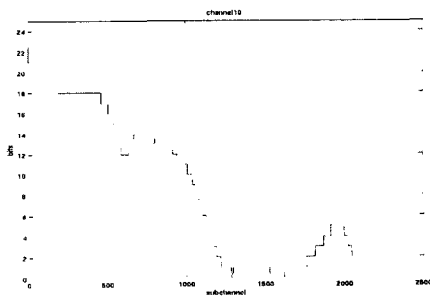
(a) 테스트 채널 1



(b) 테스트 채널 2



(c) 테스트 채널 9



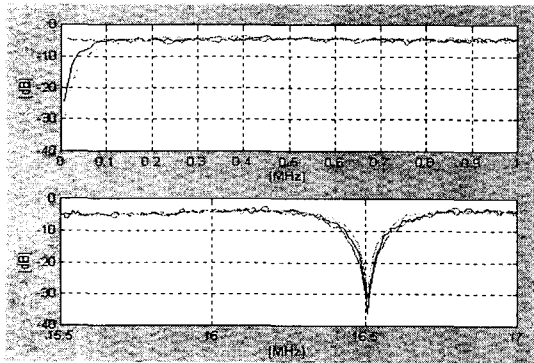
(d) 테스트 채널 10

그림 2 부채널 당 할당 비트수

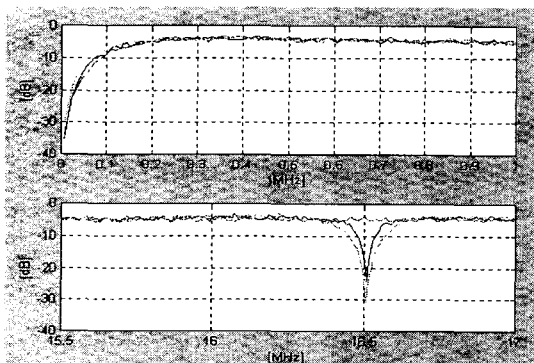
때 DSV 와 ASV 에 가중치 α (0~1)를 두어 이 값을 조정하여(0~1) 선로부호의 무지류 성분 성질과 최소대역폭 성질을 동시에 조절할 수 있다.

컴퓨터 모의 실험은 위에서 설명한 부호화 알고리즘을 이용하여 8-level PAM 신호를 가지고 했으며 redundancy 는 1%, 프레임 당 심볼 수는 33, 블록당 프레임수는 3 이다. 심볼속도는 33M baud 이고 roll-off 값이 0.25 인 Raised cosine roll-off filter 를 사용하였다.

가중치 α 를 변화시키며(0~1) 실험한 결과, 0.5 일때 dc 부근과 나이퀴스트 주파수 근처에서 비슷한 골이 생기며 0 에 가까울수록 나이퀴스트 주파수 성분이 억제되고 1 에 가까워 질수록 dc 성분이 억제 된다는 것을 알 수 있다. 이를 홈 네트워크에 적용키 위해서는 α 을 0.5 이상의 값을 취하여 dc 에서의 골을 좀더 깊게 만들어 저주파 쪽에 있는 전화대역과 ISDN 및 ADSL 대역을 억제 할 수 있을 것으로 기대된다.



(a) α 가 0.5 보다 작은 경우



(b) α 가 0.5 보다 큰 경우

그림 3 가중치변화에 따른 부호의 출력 전력스펙트럼

4. 결 론

본 논문에서는 DMT 방식과 최소대역폭 라인코딩 방식으로 100Mbps 전송속도를 갖는 Home network 시스템을 제안하였다. DMT 방식에서는 부채널에 할당되는 비트를 모의실험을 통해 알아보고 그 결과 100Mbps 의 전송속도를 내기에 충분하다는 것을 알 수 있었다. 최소대역폭 라인코딩 방식에서는 저주파대역의 PSD 를 줄임으로써 기존의 서비스와의 호환을 이룰 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Jean-Jacques Werner, "The HDSL Environment," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.9, No.6, August, 1991.
- [2] HomePNA Confidential, "Interface Specification for HomePNATN 2.0 10M8 Technology," 1999.
- [3] Thomas Starr, John M. Cioff, and Reter Silverman, Understanding Digital Subscriber Line Technology, Prentice-Hall, 1999.
- [4] John A.C. Bingham, ADSL, VDSL, and Multicarrier Modulation, John Wiley & Sons, Inc. 2000.
- [5] ITU Recommendation G.996.1 "Test Procedures for digital subscriber line (DSL) Transceivers," March, 1999.
- [6] D. Y. Kin and J.K. Kim, "A Condition for stable minimum band-width line codes," IEEE Trans. Commun., vol.COM-33, No.2, pp.152-257, Feb, 1985.
- [7] 백제인, "최소 대역폭 전송에서의 개안 조건," 전자 공학회 논문지 제 27 권 제 9 호, pp.11-16, 1990 년 9 월.