

가입자 선로특성에 따른 ADSL 전송품질에의 영향

이재완*,황민호*,서석철*,이해길**,고남영**

군장대학, 군산대학교

The Effects of ADSL Transmission Speed and Quality with Subscribe-loop characteristic

Jae-wan Lee*,Min-ho Hwang*,Suk-chul Seo*,Hae-gil Lee**,Nam-young Ko**

Kunjang College, Kunsan University

E-mail : oneuni@hanmir.com

요 약

가입자 Loop 대다수를 차지하는 동선케이블을 이용한 고속데이터서비스가 증가 발전하고 있는데 가입자선로에서 전송속도에 영향을 미치는 요소는 여러 종류가 있지만 전송로상에서 낙뢰, 전력유도 등 외부 전자기적 환경에 의해 통신회선에 잡음이 발생하고 이러한 잡음은 고속데이터서비스의 전송속도 및 전송품질에 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 가입자 통신회선에서 나타나는 잡음특성을 분석하고, 이를 기반으로 ADSL서비스의 전송품질에 가장 광범위하게 영향을 미치는 잡음을 가입자선로에 주입하여 케이블 거리별 전송속도를 측정하고 전송속도와의 관계를 분석하였다.

ABSTRACT

The high-speed data service is on the increase and on the development because of using the coaxial cable which hold the most part of subscriber's loop, the transmission rate in a subscriber line has influenced by an external-electromagnetic factor such as the falling of a thunderbolt and the electromagnetic induction on transmission line. this external environment gets the noise of a communications line and then has an influence to the transmission speed and quality for the high-speed data service. this paper makes an analysis of noise characteristic appeared a subscriber communications line, measures a transmission speed per each cable-distance and resolves these relationship by putting the noise, which has affected extensively the transmission quality of ADSL service, into a subscriber line.

1. 서 론

ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)은 기존 전화선을 통해 일반 음성통화는 물론 데이터 통신을 고속으로 이용할 수 있는 기술로 송수신 속도의 차이 때문에 비대칭형이란 수식어가 붙었다. 최근 정보통신기술의 급속한 발달로 xDSL 고속데이터통신이 급속도로 발전하고 있다. 또한 초고속데이터망구축을 위해 점차 광케이블이 증가하고 있으나 xDSL 기술은 가입자선로시설의 대부분을 차지하는 동선로 케이블의 활용을 극대화시키기 위해 개발된 기술로 국내에서도 ADSL을 이용한 고속데이터서비스가 급성장하고 있다. 신규사업자들의 경우 대규모 아파트 단지를 중심으로 광케이블을 구내 통신실까지 인입하여 대내까지는 동선로를 활용하여 고속데이터서비스를 제공하고 있다. 여기서 동선케이블은 단말측이나 전구간에 걸쳐 사용될 수 있는데 전송매체가 동(copper)을 이용한 것이므로 외부로부터의 노이즈에 영향을 많이 받게 된다. 이러한 노이즈는 음

성급통신에서는 귀에 거슬리는 잡음으로 나타나며 데이터통신에서는 비트에러, 통신두절, 전송속도 등의 성능저하를 유발한다. 본 연구에서는 가입자 통신회선에서 나타나는 잡음분포를 분석하고, ADSL서비스에서 가장 광범위하게 영향을 미치는 잡음을 가입자선로에 주입하여 케이블 거리별 전송속도를 측정하고, 이를 토대로 ADSL서비스에 있어 전송속도와의 관계를 측정을 통해 비교·분석하였다.

II. 전송회선의 특성

가입자 통신케이블은 수 회선~수 천회선으로 구성되어 있으며 수백m~수km 까지 지하 또는 가공에 설치되어 있어, 특히 옥외에 설치되어 있는 통신케이블은 낙뢰, 전력선, 전철선 및 기타 다양한 전자파환경에 노출되어 있다. 케이블내 2가닥(Pair)으로 구성되어 있는 통신회선은 다양한

외부 전자파환경에 의한 전자기결합 현상으로 단말에서 유도잡음이 나타나게 되며 결국 통신회선의 전송특성을 저하시키게 된다. 또한 이러한 외부적 영향외에 한 케이블내에는 다양한 서비스를 제공하는 통신회선이 존재하므로 통신회선간의 영향 즉, 누화(Crosstalk)가 존재한다. 이와 같이 하나의 통신회선에 나타나는 노이즈는 외부 전자파환경에 의해 나타나는 잡음과 케이블 내 인접회선에 의해 나타나는 누화잡음 그리고 기타 잡음 등이 공존하게 된다.

외부의 전자파로 인해 통신회선에 나타나는 잡음은 다음과 같은 다양한 요소에 의해 결정된다.

- 잡음원의 세기 - 잡음원과의 거리
- 케이블의 길이
- 케이블 차폐층의 차폐성능
- 전송회선의 평형도(balance)

여기에서 평형도는 통신회선의 고유 특성으로 내외부적으로 발생하는 공통모드(Common mode)의 노이즈를 차동모드(Differential mode)로 변환시키는 변수가 된다[1]. 실제 장구간의 케이블이 설치되면 회선(L1, L2)과 대지간의 전기적 특성이 변화하게 되며 이로 인해 평형도 저하가 나타난다. 그림 1과 같이 공통모드로 발생된 전류는 단말에서 회선의 평형도에 따라 차동모드의 전류가 존재하게 된다.

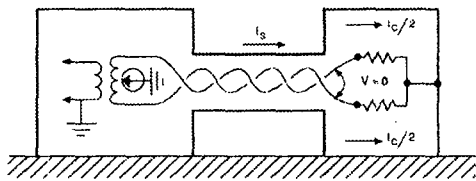


그림 1. 평형회로에서 공통모드의 제거

아래 그림 2는 1kHz ~ 1MHz 까지 실제 여러 가입자회선의 평형도를 측정된 것으로 주파수가 증가함에 따라 감소하고 회선에 따라 매우 다양함을 알 수 있다.

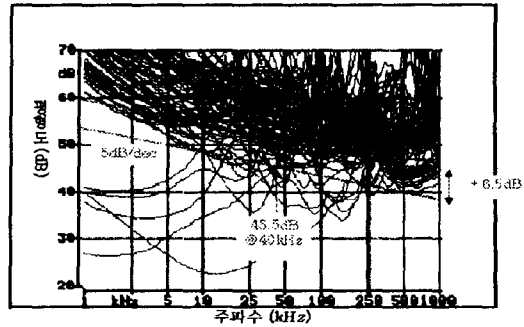


그림 2. 가입자회선의 평형도

또한 측정된 일부 회선의 경우 저주파수쪽에서 낮은 평형도를 갖는데 평형도가 낮은 주파수대역에서의 잡음이 상대적으로 높게 나타난다. 평형도가 매우 양호하다면 단말에서는 거의 잡음이 발생하지 않지만 실제로는 그렇지 못하다.

1. 가입자회선의 잡음환경

앞서 언급한 것처럼 통신회선에 나타나는 잡음 발생요인을 내부적인 것과 외부적인 것으로 구분하였는데 이를 좀 더 상세히 설명하면 다음과 같다.

가. 내부적 요인

케이블내에는 그림 3과 같이 여러 회선이 존재하게 되는데 인접회선간의 전자기결합을 통하여 누화(Crosstalk)가 발생하게 된다. 최근에는 등케이블을 이용한 다양한 고속데이터서비스가 등장하여 누화영향을 고려한 서비스간 Spectrum Management 가 매우 중요한 기술로 등장하고 있다. 특히 근단누화(NEXT, Near End Crosstalk)는 송출신호가 인접회선의 수신신호에 영향을 끼치는 것으로 동일 주파수 대역을 사용하는 다른 서비스간에 전송품질에 매우 중요한 요소이다. 인접회선에 ISDN, ADSL, HDSL 등의 다양한 서비스가 존재할 때 여러 서비스중 ADSL과 HDSL의 주파수대역이 가장 많이 중첩되어 있으므로 서로간의 누화간섭 영향을 신중히 고려해야 한다.

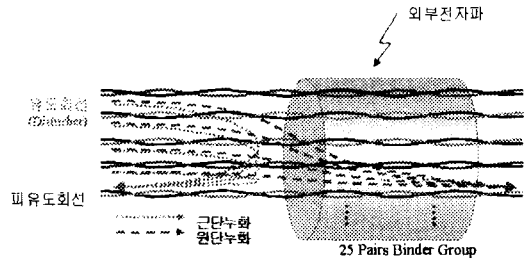


그림 3. 동일케이블내의 누화 현상

나. 외부적 요인

가입자회선에서 나타날 수 있는 외부적 요인으로서는 낙뢰, 전력선, 전철시설, 방송송신탑, 기타 인접된 전기장치에 의한 영향으로 구분할 수 있다. 잡음의 형태는 낙뢰와 같이 임펄스 형태로 나타날 수 있으나 AWGN(Additive White Gaussian Noise)의 형태로 전 주파수 대역에 거의 상시로 나타나는 경향이 많다. 특히 방송송신탑에 의한 영향을 살펴보면 AM 방송은 535kHz ~ 1605kHz 대역에 존재하는데 이는 ADSL 주파수대역과 거의 일치하여 가장 큰 장애 요소로 나타난다.

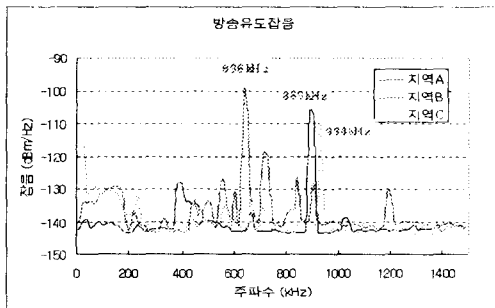


그림 4. AM 방송송신탑 인근 가입자회선의 PSD
위의 그림 4는 AM방송송신탑 인근의 가입자회선에서 측정된 결과로 특정 방송주파수의 전력밀도가 매우 크게 나타나게 됨을 알 수 있다.

다. 배경잡음(Background Noise)

디지털 전송장치의 평형 입력단에 나타나는 노이즈는 앞에서 설명한 내부적 요인과 외부적 요인이 결합하여 나타나며 이를 배경잡음이라 한다[2]. 이 배경잡음의 레벨은 전송장치의 설계에 있어 신호대 잡음비를 결정하는 중요한 요소이다. 가입자선로의 특성에서 설명하였듯이 단말에 나타나는 잡음레벨은 여러 가지 요인들에 의해 결정되는 것이므로 여기서는 잡음원 종류와 레벨을 고려하지 않고 가입자회선 단말에 나타나는 분포를 보였다.

통계적 데이터를 추출하기 위해 농어촌, 중소도시, 대도시를 구분하여 9개지역 약 600회선을 측정하였다. 그림 5에서 주파수별 배경잡음을 살펴보면 가장 아래의 실선은 가입자 회선 약 50%를 차지하는 통계적 평균값(median)으로 -140 dBm/Hz의 값을 갖는다(표준편차 6dBm). 그 위의 실선은 전체회선의 약 80%를 차지하는 레벨로서 비교적 양호한 회선에 나타나는 분포이다. 가장 위의 실선은 불량한 경우로 전체 5% 이내가 이 값을 차지한다. 이 경우는 외부잡음에 의한 것

우보다는 회선의 평형도 불량에 따른 결과로 나타난다. 여기서 측정된 주파수는 10kHz ~ 1.5MHz 대역으로 ADSL 이하의 디지털통신 주파수대역을 포함한다. 이러한 측정결과로부터 고속 데이터서비스를 제공하는데 있어 레벨분포가 -130dBm/Hz 이하를 양호회선으로, -120dBm/Hz 이상을 불량회선으로 구분할 수 있다.

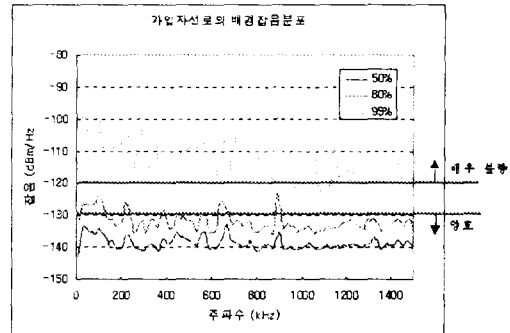


그림 5. 가입자회선의 주파수별 PSD

2. ADSL 전송속도와 잡음과의 관계

가. ADSL 전송방식

국내에서 사용되는 ADSL은 DMT(Discrete Multitone)방식을 사용하는데 이는 다중 반송파 변조(Multicarrier Modulation)의 일종으로 그림 6은ADSL 시스템(DMT 방식)의 주파수 스펙트럼을 나타내고있다. 이 방식의 특징은 선형왜곡을 가진 채널, 즉 가입자회선의 ADSL 전송대역을 256개의 협대역 서브채널로 나누어 각각의 서브채널에서 QAM을 동시에 수행한다. SNR(신호대잡음비)이 큰 서브채널에서는 고밀도 QAM constellation을 사용하여 많은 비트를 할당하고 SNR이 작은 채널에서는 적은 수의 비트를 할당하거나 전혀 할당하지 않는 특징을 가지고 있다[2].

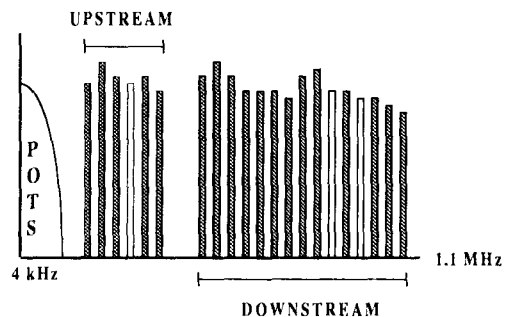


그림 6. DMT frequency spectrum (alcatel 기준)

따라서 그림 7과 같이 선로손실이나 외부 잡음에 적절하게 비트할당을 하기 때문에 RADSL(Rate Adaptive ADSL)이라고도 한다. 이러한 특징은 외부로부터 잡음이 발생하는 경우 그 주파수에 해당하는 채널에서 비트를 할당하지 않으므로 전송속도는 저하되지만 통신은 가능하다.

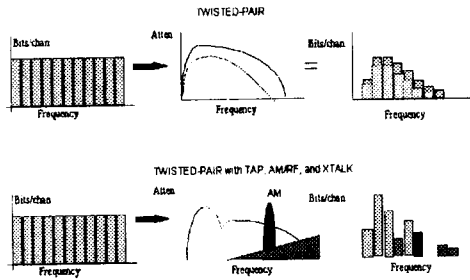


그림 7. 서브채널의 비트 할당[3]

나. 시험환경 구성

이러한 특징을 갖는 ADSL 시스템에 대해 실제 케이블을 가지고 현장에서 측정된 잡음환경을 바탕으로 잡음을 인가하여 ADSL 전송속도와의 관계를 확인하였다. 배경잡음의 크기는 회선마다 다르게 나타나므로 실제 단말에 잡음을 인가하여 잡음레벨에 따른 전송속도를 측정하였다.

1) 시험선로 구성

그림 8과 같이 DSLAM(알카텔 칩세트 Ver 3.1)에 0.4mm JF FS케이블 최대 5Km를 연결하여 500m단위로 길이를 증가시키면서 전송속도를 측정하였다. 케이블 양단에 배경잡음(Background noise)을 주입하기 위하여 잡음발생기(NSA 400)를 사용하였으며 속도측정기는 SUNSET xDSL(sunrise사)을 사용하였다.

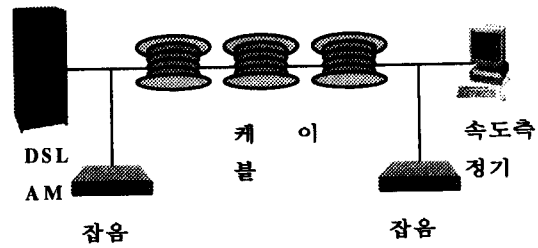


그림 8. 잡음 시험선로 구성

2) 시험방법

DSLAM 최대속도는 Downstream rate 8128kbps, Upwntstream rate 992kbps로 설정하였고, 케이블 거리는 1Km부터 500m씩 증가하면서 5Km까지 측정하였다. 측정결과는 측정값의 오차를 줄이기 위하여 각각 5회선을 측정하여 Median값을 취하였다.

잡음은 아래와 같이 배경잡음과 방송유도잡음을 구분하여 일반적인 가입자선로는 배경잡음을 주입하여 측정하였고, 방송유도가 유입되는 지역은 배경잡음의 평균치와 방송유도잡음을 동시에 주입하여 측정하였다.

3) 배경잡음(Background noise) 주입

배경잡음(Background Noise)은 디지털 전송회선으로부터 전송장치의 평형 입력단에 나타나는 잡음으로 서비스의 전체 전송대역에서 시스템에 존재하는 총 잡음 전력을 말한다. 또한 배경잡음은 전자 운동으로 발생하는 열잡음(백색잡음), 전력유도, 방송유도 그리고 주변 신호로부터의 누화 등에 의해 발생한다. 따라서 배경잡음의 세기는 회선 주변의 전기적인 환경에 민감하게 영향을 받기 때문에 선마다 세기에 편차가 심하다. 그림 9는 회선에 존재하는 잡음의 주파수별 분포를 나타내었다. 측정결과 회선에 존재하는 주파수별 잡음은 주파수에 상관없이 평균 -140dBm/Hz 정도였다.

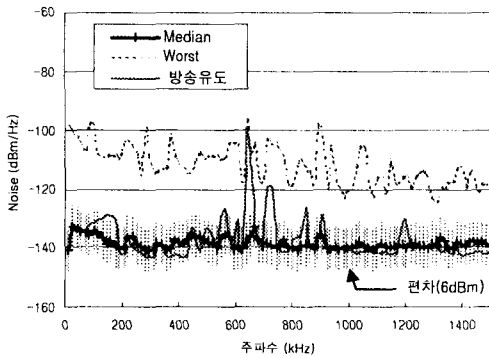


그림 9. 주파수별 잡음의 분포

3) 방송유도잡음 주입

위 그림에서와 같이 AM라디오방송용 주파수(600 KHz 부근)에서 강한 잡음이 발생하였다. 이러한 AM라디오방송용 주파수는 전국에 산재하여 전송성능에 영향을 주고 있으므로, 이를 주입하여 전송속도의 영향을 측정하였다. 방송용 안테나 인 근 1Km이내 가입자선로에서 측정한 결과 600 KHz 방송주파수에서 평균 -35 dBm, 심한지역 -23 dBm의 방송유도잡음이 측정되어 보통지역과 심각한 지역을 구분하여 주입한 후 전송속도를 비교하였다..

3. 케이블 거리별 ADSL 전송속도 측정

ADSL서비스에서 가장 광범위하게 영향을 미치는 잡음을 가입자선로에 주입하여 케이블 거리별 전송속도를 측정하였다.

측정한 ADSL 전송속도는 0.4mm F/S케이블 또는 JF F/S케이블에 적용할 수 있으며 배경잡음을 주입한 일반적인 가입자 선로를 측정한 결과는 그림 9에서와 같이 하향속도는 케이블 거리

- 1.5 Km까지는 8 Mbps (Downstream rate)
- 2.0 Km는 7.8 ~ 7.7 Mbps
- 3.0 Km는 6.2 ~ 4.2 Mbps
- 4.0 Km는 3.1 ~ 1.6 Mbps
- 5.0 Km는 0.9 ~ 0.3 Mbps 정도의 속도이다.

그림 9. 배경잡음에 따른 ADSL 하향속도

위의 측정에서 상향은 하향보다 속도 저하가 작게 나타났으며 배경잡음이 -120dBm/Hz 이상인 경우는 평균적인 배경잡음(-140dBm/Hz)에 비해 최대 2Mbps의 속도 저하를 나타내었다.

그림 10. 배경잡음에 따른 ADSL 상향속도

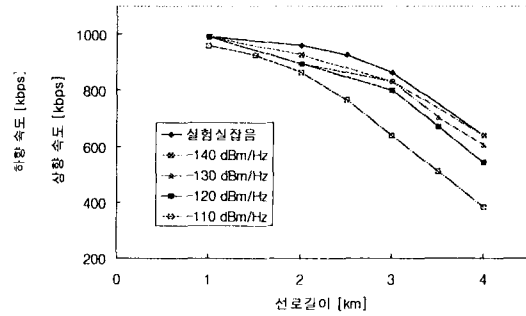


그림 11은 AM방송잡음을 인가한 것으로 반송 주파수에서 비트 할당이 이루어지지 않으므로 속도저하가 발생하며 최대전력레벨이 증가할수록 영향을 받는 서브채널이 증가하여 속도가 저하됨을 알 수 있다. 4km의 선로에 최대전력레벨이 -18.7dBm의 AM 방송잡음을 주입한 경우는 링크를 잡지 못하였다. 이것은 DMT 기반의 xDSL에서 수신단의 FFT(Fast Fourier Transform)에 의해 잡음이 확산되어 많은 서브채널에 영향을 주기 때문이라고 분석된다[6].

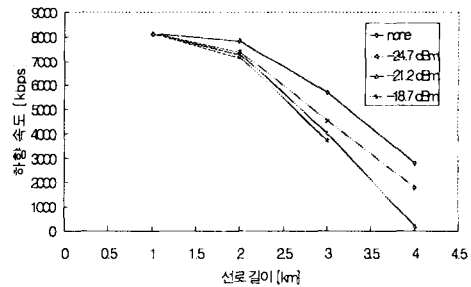


그림 11 AM 방송잡음과 ADSL 하향속도

본 연구에서는 배경잡음과 AM방송잡음으로 인한 ADSL 전송성능과의 관계를 살펴보았는데 동일 선로거리에 대해 배경잡음의 변화에 따라 속도변화가 크게 나타남을 알 수 있고, AM방송잡음이 나타나는 경우 해당 주파수에 비트할당을 하지 않으므로 인해 전송속도가 저하됨을 알 수 있다. 실제 가입자 통신회선에서 나타나는 잡음에서 특정주파수에 의한 간섭은 주로 AM 방송잡음이며 위의 예는 하나의 주파수만을 고려하여 측정하였으나 지역에 따라 여러개의 주파수가 동시에 나타날 수 있으며 이러한 경우의 속도저하는 더욱 크다 할 수 있다.

III. 결 론

고속데이터서비스를 제공하는 가입자 통신회선

의 전송매체는 대부분 동선케이블로서 실험 및 측정을 통하여 가입자회선에 나타나는 잡음의 경향을 살펴보고 이를 근거로 하여 가입자 선로 특성에 따른 ADSL 전송품질에의 영향을 살펴 보았다. 가입자통신회선에서 나타나는 주요 전자파 장애는 AM방송이었으며 이것은 추가적인 성능저하를 초래하게 된다. 이외에 전력선·전철선에서 발생할 수 있는 아크방전에 의한 직접적인 영향도 검토되어야 할 것이다. 이러한 잡음에의 영향을 최소화시키기 위해서는 케이블 평형도 증가, 케이블 차폐 및 지하와 등 몇 가지 대책이 있을 수 있으나 케이블 평형도를 개선시키는 것은 매우 어렵고, 차폐효과를 상승시키기 위해서는 케이블의 구조 및 재질을 개선해야 하므로 매우 어려운 실정이다. 본 논문의 결과는 선로손실과 잡음 영향으로부터 고속디지털서비스의 전송성능 및 장치성능 개선 그리고 전송속도 예측 등에 활용될 수 있을 것으로 분석되어진다.

참고문헌

- [1] 장학신, "케이블 선로공학", pp.58-71,1998
- [2] Reeve, W. *Subscriber Loop Signaling and Transmission Handbook : Digital*. IEEE Press, 1992
- [3] J.M.Cioffi, "A Multicarrier Primer", Amati Communications Corporation and Stanford University, T1E1.4/91-157, Nov., 1991
- [4] T. Starr, J. M. Cioffi and P. J. Silverman, *Understanding digital subscriber line technology*, Prentice hall, 1999
- [5] IEEE Std 743-1995. IEEE Standard Equipment Requirements and Measurement Techniques for Analog Transmission parameters for Telecommunications
- [6] B. J. Jeong, K. H. Yoo, "Digital RFI canceller for DMT based VDSL", *Electronics Letters*, Vol. 34, No. 17, pp.1640-1641, 1998