

통신용 동(copper)케이블의 광대역 전송특성

오 호 석, 정 경 희, 이 영 탁
(주)KT 운영시스템연구소

Wideband Transmission Characteristics of Copper Cables

Hoseok Oh, Kyounghee Jung, Youngtark Lee
Operations Support System Laboratory, KT

Abstract - 기존 동(copper)케이블을 이용한 초고속 서비스 xDSL 기술이 점차 주파수 대역을 사용하게 되었다. 전송매체인 동케이블은 동선의 굵기 및 길이에 따라 주파수별 특성이 달라지게 되어 동케이블의 특성을 이해하는 것은 단말장치의 개발 및 운용측면에 매우 중요하다. 본 논문은 초고속서비스를 제공하는데 기본이 되는 동케이블 중에서 시내선로와 구내선로로 사용되는 JFFS, CPEV, SH, UTP, TIV 케이블을 대상으로 1MHz~30MHz 대역의 손실, 특성임피던스, 근단누화 등을 측정하고 결과를 분석하였다.

CAT5급, TIV 0.8mm를 대상으로 측정하였다.

측정항목은 광대역 전송특성에서 가장 중요한 항목으로 판단되는 손실, 특성임피던스, 근단누화 등을 대상으로 하였다. 표 1은 케이블 종류 및 측정항목을 나타낸 것이다.

1. 서 론

가입자망 기술의 고도화에 기존 동케이블을 활용을 목적으로 한 xDSL 기술이 발전됨에 따라 2002년 7월 현재 초고속 가입자가 920만명을 넘어섰다[1]. 1999년도부터 급격히 증가한 ADSL의 경우 최대 1.1MHz까지의 주파수 대역을 사용하고 있는데 기존 음성급 전화보다 높은 주파수대역을 사용하게 되므로 동케이블의 특성에 따라 서비스 가능거리 및 서비스의 품질이 달라질 수 있다. 현재는 ADSL보다 더 높은 주파수대역을 사용하는 VDSL의 국제 표준화가 진행중에 있으나[2] 이미 IP를 기반으로 한 장치가 출시됨에 따라 가입자에게 최고 52Mbps(하향)의 초고속서비스 제공이 가능하게 되었다. VDSL은 최고 12MHz까지의 주파수대역을 사용하게 되므로 ADSL보다 동케이블 서비스 거리는 훨씬 줄어들게 되었지만 FTTC망 구조의 진화로 점차 원거리 가입자도 초고속서비스를 사용할 수 있게 되었다. 하지만 단말부분에서는 여전히 동케이블을 사용하게 되므로 광대역 신호의 전송매체인 동(copper)케이블에 대한 광대역 특성을 함께 고려하여 서비스 제한 거리 및 서비스 품질을 평가할 필요가 있다.

본 논문은 시내케이블(젤리충진 폼스킨케이블)과 구내케이블(CPEV, SH, UTP 3/5, TIV) 등 현재 전송매체로 사용되고 있는 대표적인 동케이블을 중심으로 1MHz~30MHz 대역의 전기적 특성을 측정하고 이를 분석하였다.

2. 케이블의 광대역 전송특성

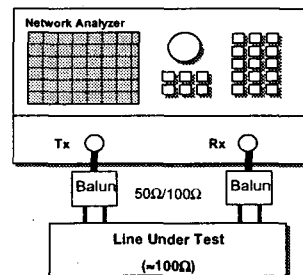
2.1 측정 케이블 종류 및 측정항목

전송신호의 매체인 동케이블의 종류는 매우 다양하다. 통신사업자 관점에서 구성되는 가입자선로는 광케이블, 동케이블로 크게 구분할 수 있으며 설치되는 위치에 따라 시내케이블, 구내케이블 등으로 구분할 수 있다. 시내케이블은 주로 폼스킨(FS, Foam Skin) 또는 젤리충진폼스킨(JFFS, Jelly Filled Foam Skin)케이블을 사용하고 있는데 심선경의 굵기는 0.4, 0.5, 0.65, 0.9mm 등이 있다. 본 논문에서는 0.9mm를 제외하고 3가지 심선경을 갖는 케이블을 측정하였다. 구내케이블 역시 다양한 종류가 있는데 본 논문에서는 대표적인 CPEV 0.5mm, SH 0.6mm, UTP CAT3급, UTP

표 1. 케이블 종류 및 측정 항목

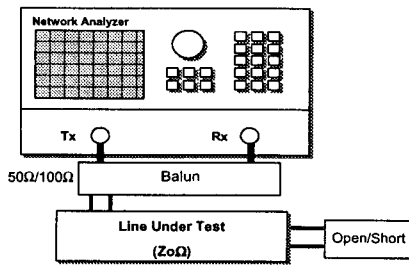
케이블종류	측정항목(시료 길이)			용도	관련 규격
	손실	특성임피던스	근단누화		
시내 케이블 (JFFS)	0.4 (100m)	○ (100m)	○ (500m)	시내 구간	KT기술 요구서
	0.5 (100m)	○ (100m)	○ (500m)		
	0.65 (100m)	○ (100m)	○ (500m)		
구내 케이블	CPEV 0.5mm (100m)	○ (100m)	○ (500m)	수직계	KSC 3603
	SH 0.5mm (200m)	○ (200m)	○ (200m)	"	KSC 3604
	UTP Cat3 (100m)	○ (100m)	○ (500m)	수직/수평계	EIA /TIA 568A
	UTP Cat5 (100m)	○ (100m)	○ (500m)	"	568A
	TIV 0.8mm (100m)	○ (100m)	-	수평계	KSC 3340

케이블 손실 및 특성임피던스는 그림 1, 그림 2와 같이 네트워크분석기를 이용하여 측정하였으며 근단누화는 레벨메터를 이용하여 측정하였다. 특성임피던스는 케이블 회선의 단말을 단락 또는 개방했을 때 반사손실을 측정하여 이 값을 이용해 특성임피던스를 계산하였다.



$$\text{Loss (dB)} = \text{Tx Power (dBm)} - \text{Rx Power (dBm)}$$

그림 1. 손실 측정 구성



$$\text{특성임피던스}(Z_0) = \sqrt{Z_{open} \cdot Z_{short}}$$

그림 2. 특성임피던스 측정 구성

2.2 측정결과

케이블의 손실은 이론적으로 심선경의 굵기에 반비례 하지만 그림 3에서 볼 수 있듯이 구내배선으로 사용되는 SH와 TIV 등이 심선경이 다른 것에 비해 굵은 것에 비해 특성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 최근에는 고속 데이터전송을 위해 UTP케이블이 많이 사용되고 있지만 신축건물에 주로 적용되고 있으며 많은 아파트나 빌딩에는 이러한 케이블이 사용되고 있다. 특히 TIV는 케이블 형태는 아니지만 심선경이 0.8mm인데 반해 상대적으로 손실이 크고 주파수 응답특성 또한 매우 불균일하다. SH와 TIV를 제외하고는 심선경이 굵어지면 손실이 감소함을 알 수 있다.

케이블 삽입손실 (1MHz ~ 30MHz, 100m)

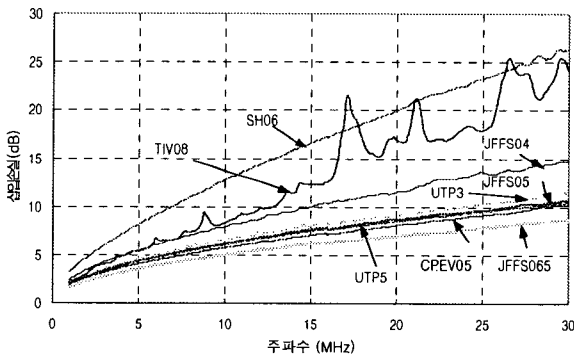


그림 3. 케이블 종류별 손실 특성

그림 4는 측정된 케이블 종류별 특성임피던스이다. 특성임피던스는 단말장치로부터 케이블로 송출되는 신호의 전력 또는 케이블로부터 전송장치로 입력되는 신호전력의 양을 결정하는 중요한 변수이다. 이론적으로 단말장치의 입출력단 공칭임피던스는 케이블의 특성임피던스와 동일할 때 최대의 신호전력이 송수신 될 수 있다. 현재 표준화 기구에서 정의하고 있는 xDSL용 단말장치의 공칭임피던스는 사용하는 주파수 대역에 따라 135Ω, 100Ω 등을 사용하고 있으며 ADSL 주파수대역 이상에서는 보통 100Ω 특성임피던스를 갖는다. 측정결과에 따르면 앞의 손실 특성이 주파수에 따라 불균일했던 TIV, SH 등의 특성임피던스가 불량한 것으로 나타났다. 이외의 케이블류는 모든 주파수대역에서 100Ω에 수렴하고 있음을 알 수 있다.

케이블의 근단누화 특성은 회선 상호간의 간섭을 결정하는 중요한 것으로 다양한 전송장치가 동일한 케이블을 활용할 경우 인접회선간에 상호간 간섭을 주게 됨에 따라 전송성과 밀접한 관계를 갖는다.

근단누화 특성을 설명하기 위해 근단누화(NEXT, Near End Crosstalk)와 근단누화전력합(NEXT Power Sum Loss)라는 두 가지 용어를 사용할 수 있는데 근단누화는 단순히 회선 1대1 상호간에 미치는 간섭이고 근단누화전력합은 피유도 1회선이 동일 바인더 그룹내 다른 기유도회선 모두에 의해 나타나는 간섭을 의미한다. 그림 5는 각 케이블내 회선간 근단누화량을 측정하여 각 회선마다 근단누화전력합을 계산한 다음 그 중에서 가장 불량한 값을 표현한 것이다.

특성임피던스 (1MHz ~ 30MHz)

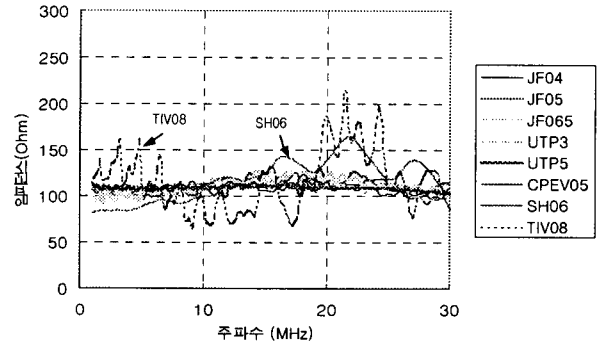


그림 4. 케이블 종류별 특성임피던스

EIA/TIA-568A에서 정의하고 있는 고속전송용 동선 케이블의 category는 케이블내 회선간의 누화특성을 개량하여 cat3급은 165MHz까지의 신호를, cat5급은 100MHz까지의 신호를 전송할 수 있도록 한 것이다. 측정결과에 의하면 100MHz까지 전송 가능한 UTP cat5 케이블이 역시 다른 케이블에 비하여 누화 특성이 월등히 우수하고 그 외의 케이블은 UTP cat3급에 준하는 누화특성을 갖는 것을 볼 수 있다.

NEXT - Worst Power Sum Loss

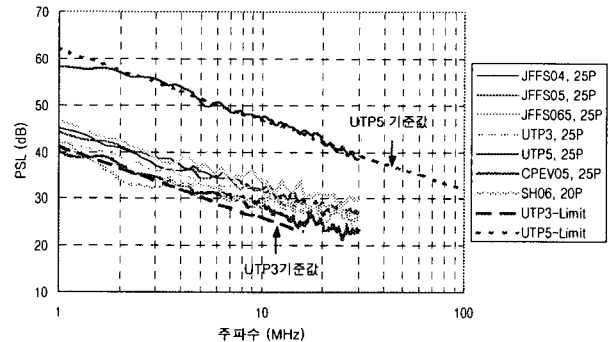
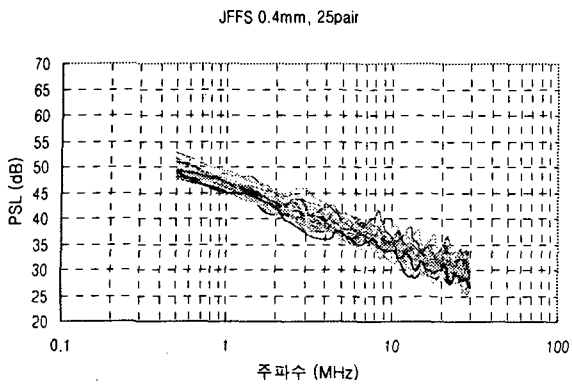
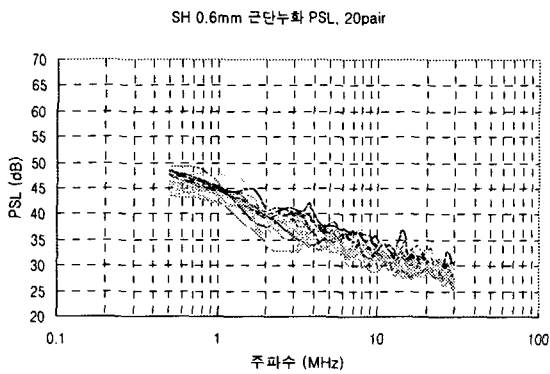


그림 5. 케이블 종류별 worst NEXT-PSL

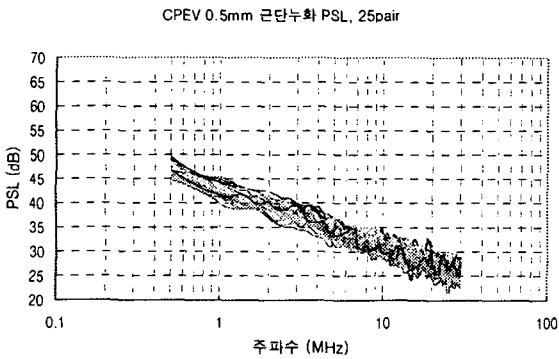
그림 6은 JFFS 0.4mm, SH 0.6mm, CPEV 0.5mm, UTP cat5 케이블에서 각 회선의 NEXT PSL을 보인 것이다. 측정된 케이블은 20~25회선으로 구성된 케이블로서 각 케이블내 1번부터 20번 또는 25번까지의 회선에 대한 값이다. 각 회선 번호별 동일하지는 않고 약간씩 차이를 보이고 있음을 알 수 있고 여기에서도 UTP cat5급 케이블 각 회선별 편차 및 결과값이 가장 양호함을 알 수 있다.



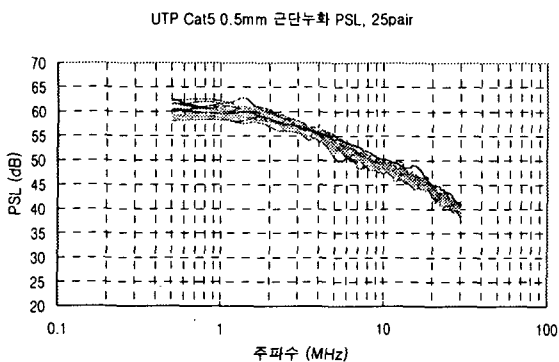
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. 케이블 종류에 따른 회선별 NEXT PSL

회선 상호간의 누화영향을 줄이기 위해 1쌍으로 구성된 2가닥의 심선을 서로 꼬아 놓아서 전기통신케이블을 보통 꼬임 쌍선(twisted pair)케이블이라고 부르기도 한다. 케이블은 이렇게 꼬아 놓은 많은 쌍의 회선을 동시에 수용하게 되는데 일정한 수의 묶음을 다시 꼬게 된다. 이를 바인더 그룹이라고 부르며 이러한 작업을 통해 바인더그룹간 누화영향을 줄일 수 있다. 여기서는 바인더 그룹간의 근단누화 영향을 평가해 보았다. 즉, 인접 바인더 회선간의 근단누화량을 측정하였다. 바인더그룹간 누화영향은 보통 동일바인더 그룹내에서 누화로 인해 서비스장애가 발생할 때 바인더그룹을 분리하여 문제점을 해결하려 하는 경우가 있는데 어느 정도 대책이 되는지를 판단할 수 있다. 그림 7은 측정된 JFFS-50p 케이블의 바인더그룹 구성도로서 11~12개 회선을 하나의 바인더그룹으로 하여 총 4개 묶음으로 구성되어 있다.

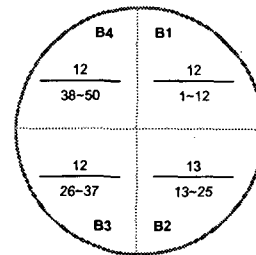


그림 7. JFFS-50p 케이블 심선 구성

그림 8은 각 바인더그룹의 첫 번째 회선을 대상으로 측정된 인접회선 또는 바인더그룹에 의한 NEXT-PSL이다. 전체적으로 동일 바인더그룹내 회선에 의한 누화영향이 인접한 바인더그룹에 의한 누화영향보다 크게 나타났다. 각 선 방향의 바인더그룹간 누화영향이 상대적으로 작게 나타났다. 각 경우의 누화량은 3~15dB까지 회선마다 차이가 있었다.

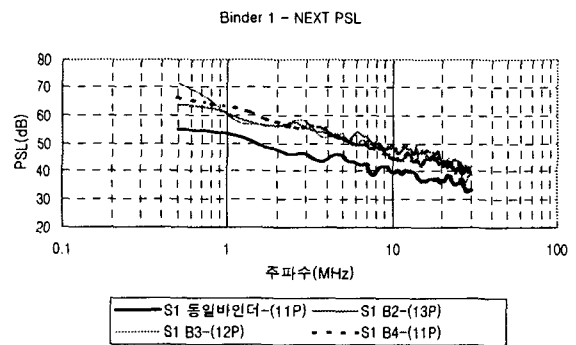


그림 8(a). 인접바인더 NEXT PSL(B1 기준)

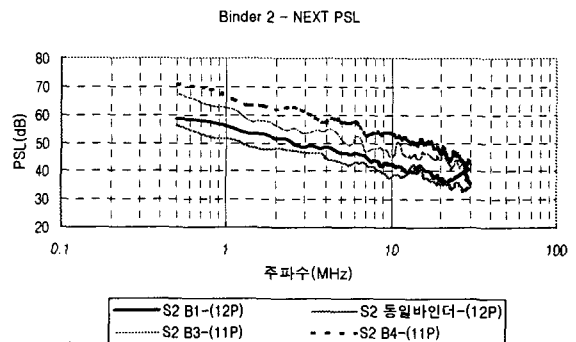


그림 8(b). 인접바인더 NEXT PSL(B2 기준)

[참 고 문 헌]

- [1] 정보통신부 <http://www.mic.go.kr/>
- [2] ITU-T G.993.1 (2001.11.)

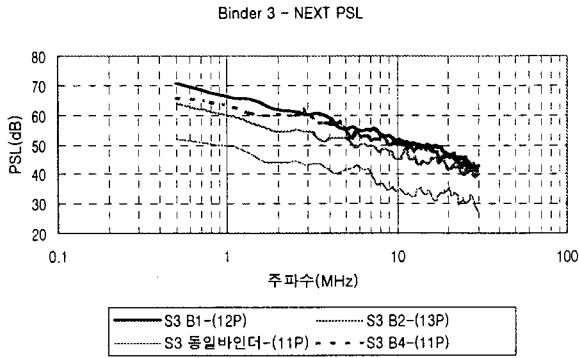


그림 8(c). 인접바인더 NEXT PSL(B3 기준)

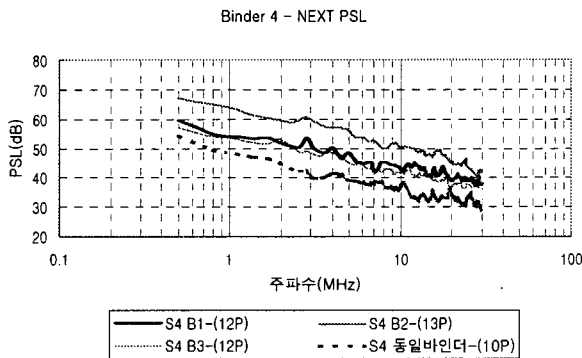


그림 8(d). 인접바인더 NEXT PSL(B4 기준)

3. 결 론

초고속서비스를 제공하기 위해 전송장치간 전송매체로 사용되는 동(copper)케이블에 대한 1~30MHz 대역의 광대역특성, 즉 전송품질과 밀접한 관련이 있는 손실, 특성임피던스, 근단누화 등을 측정하였다. 가입자 케이블이 점차 FTTC망으로 진화되어 가고 있지만 최종 접속되는 구간은 여전히 동케이블이 주류를 이루고 있어 이러한 광대역특성을 면밀히 검토할 필요가 있다. 사용되는 주파수가 증가할수록 동케이블 특성상 손실은 증가하게 되는데 이는 서비스 제공가능거리와 밀접한 관련이 있다. 특성임피던스는 전체 회로의 삽입손실과 관련이 있고 단말장치의 설계에 응용되는 항목이다. 시내선로로 사용되는 JFFS케이블은 UTP cat3급 수준이며, 구내선로로 사용되는 SH케이블과 옥내선으로 불리는 TIV의 경우 손실 및 특성임피던스가 주파수에 따라 불량한 특성을 보이고 있다. 최근에는 UTP cat5급 구내케이블이 많이 사용되고 있지만 이미 오래된 건물에서는 이러한 케이블을 많이 사용하고 있어 초고속 전송특성에 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 근단누화 특성은 다양한 주파수대역을 사용하는 xDSL시스템이 동일한 케이블을 사용하여 가입자에게 제공될 경우 상호간 간섭으로 인해 서비스중단 또는 속도저하 등의 환경에 놓일 수 있으므로 매우 중요하게 다루어야 할 항목이며 최근 초고속서비스간 주파수관리(spectrum management)가 이슈 등장하고 있다. 본 측정결과는 안정적인 초고속서비스 제공 및 전송장치 설계에 활용될 수 있을 것이다.