

철도에서 DSL 모뎀을 사용한 데이터 전송에 관한 고찰

An investigation of data transmission scheme using DSL modem

조봉관 최규형** 장석각***
B. K. Cho G. H. Choi S. G. Chang

ABSTRACT

Communication line used in the rail-road have different use from subscriber line in the public telecommunication. But, when an existing communication equipment is replaced, by applying new high-speed transfer technology, we can anticipate the increase of transmission rate and decrease of waiting time according to high-speed of communication line, cost reduction of infrastructure construction and maintenance/repair according to centralization of communication line and transmission equipment.

In this study, the transmission scheme of several xDSL(Digital Subscriber Line) modems were compared and analyzed. The way of applying xDSL modem to the metal cable which is used in the JR(Japan Railroad) is analyzed, In addition, the result tested in railroad communication line was reviewed.

1. 서론

철도에서 사용하는 통신회선은 전기통신사업자의 가입자 회선과는 사용 용도가 다르다. 그러나, 기존의 통신설비의 교체시에 최신의 고속전송기술을 적용함으로써 정보통신회선의 고속화에 따른 정보전송용량의 증가와 대기시간의 단축화, 정보통신회선 및 전송장치의 집중화에 따른 인프라 및 유지보수 비용의 절감을 기대할 수 있다. 본 논문에서는 여러 가지 xDSL(Digital Subscriber Line)모뎀의 전송방식을 비교분석하고 JR에서 사용하는 xDSL 모뎀의 메탈케이블로의 적용방안과 시험결과를 검토하였다.

1.1 DSL 전송방식

인터넷에서 고속통신의 수요가 높아지면서 Broadband 접속회선중에서 가장 급속도로 보급되고 있는 방식이 ADSL을 시작으로 하는 DSL(Digital Subscriber Line) 전송기술이다. 또한, 고속통신 기술의 진보와 함께 음성, 데이터, 화상 정보를 서비스하기 위해 기존에는 광전송기술을 사용하였다. 최근에는 이미 설치된 메탈케이블의 유효한 활용 방안으로서 DSL전송기술이 전기통신사업자의 통신회선을 중심으로 도입되기 시작하였다. 다양한 DSL 전송방식에 대한 비교를 표 1에 표시

* 한국철도기술연구원, 철도통신연구그룹, 주임연구원, 정회원

** 한국철도기술연구원, 철도통신연구그룹, 수석연구원, 정회원

*** 한국철도기술연구원, 철도통신연구그룹, 책임연구원, 정회원

하였다.

DSL전송방식에서는 전송매체로 메탈케이블을 사용하여 기존의 데이터 전송속도를 수십~수백 배 빠르게 구현할 수 있다. 현재의 철도운영기관에서는 자가 통신회선을 보유하고 있으며 주로 메탈케이블이 포설되어 있다. 따라서, DSL 전송기술은 철도운영기관 측면에서 저비용으로 고속으로 전송할 수 있는 최적의 기술이며 광케이블을 사용하기 어려운 선구에서도 메탈케이블을 사용하여 고속전송을 실현할 수 있다.

DSL전송방식에서는 넓은 대역을 사용하여 고속 전송하는 방식을 취하고 있으며 높은 주파수의 신호를 사용한다. 철도통신케이블에서는 음성대역(4kHz이하)의 통신을 가정한 방식으로 되어 있으며 DSL전송방식을 실현하기 위해서는 기존에 문제가 되지 않았던 누화에 따른 다른 회선으로부터의 영향을 무시할 수 없게 되었다.

표 1. xDSL 전송방식별 전송속도와 전송거리 비교

전송 방식	전송 속도	전송 거리
HDSL(High-bit-rate Digital Subscriber Line)	Up/Down link 대칭 1.5Mbps(2대) 2Mbps(3대)	3.6km
SDSL(Symmetric Digital Subscriber Line)	Up/Down link 대칭 160kbps~2Mbps	6.9km[160kbps] 2.4km[2Mbps]
ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)	Up : 16~640kbps Down : 1.5~9Mbps	5.5km[1.5Mbps] 2.7km[9Mbps]
VDSL(Very high-bit-rate Digital Subscriber Line)	Up : 1.5~2Mbps Down : 13~52Mbps	1.4km[13Mbps] 0.3km[52Mbps]

2. 철도통신

2.1 회선의 종류

철도운영기관은 사령과 역, 연선전화를 연결하는 자가 통신네트워크를 구축하고 있으며 종류와 형상도 다양하다. 그중에서 메탈케이블로 수용할 수 있는 주요 회선은 표 2와 같다.

표 2. 메탈케이블 주요 용도 및 사용 사례

주요 용도	사용 사례
열차운전용 회선	CTC(열차집중제어장치) 회선, 사령전화회선, 열차무선회선, 연선전화회선, 원격제어회선, 사령 FAX회선
여객용 회선	자동 여객방송회선, 시계용 회선
재해정보, 유지보수정보용 회선	신호·통신집중감시회선, 방재 관련 시스템 회선, 화상감시회선, TID회선, 연락용 회선
업무용 회선	각종 업무시스템 회선

2.2 통신 회선의 요구 사항

철도통신회선이 전기통신사업자의 가입자 회선과 비교해서 엄격히 요구되는 부분은 고신뢰성(가용성), 높은 통신품질, 역간의 장거리 전송, 내환경성, 최소 전송지연, 철도 주요 회선과의 공존성 등이 있다.

위에서 언급한 항목중에 통신품질은 인터넷 서비스분야에서 주로 요구되고 있으며 품질이 양호하다는 의미는 인터넷의 Best-effort 측면이 아닌 통상적으로 일정한 성능이 보증되는 “대역보증형” 또는 중요한 데이터를 우선적으로 통신할 수 있는 “우선제어형”방식이 요구된다. 또한, 설치환경측면에서도 철도특유의 급전·열차주행에 따른 잡음, 열차진동과 고온·온습도 등의 가혹한 환경조건에서 사용되기 때문에 일반 가입자 회선보다 더 엄격한 환경내성이 요구된다.

3. 고속 전송 메카니즘

정보량에 관한 Shannon-Hartley’s 법칙에 의해 대역폭 W, 신호대 잡음비 S/N(여기서, N은 white noise)의 이상적인 통신시스템의 전송속도[C]를 구하면 다음과 같다.

$$C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ [bps]} \text{ ----- (1)}$$

(1) 식에서 충분한 대역폭과 신호대 잡음비를 크게 확보하면 전송속도가 빨라지는 것을 알 수 있다. 따라서, 전송장치의 설계에서도 대역폭을 넓게 하면서 송신신호의 출력을 높게 설계하면 논리적으로는 고속 전송이 가능하다. 일반적으로 주파수 대역이 높을수록 대역폭 확보가 용이하며 고속전송을 손쉽게 구현할 수 있다.

4. 통신회선 성능시험

가입자 회선으로 사용되는 메탈케이블은 도체외경, 목표로 하는 전송거리, 전송 데이터가 서로 다르다. 그리고, 기존에는 주로 역간 10km 전송거리에서 최대 9.6kbps 정도의 전송속도를 구현하였다. 이는 철도에서 사용되는 통신회선이 전화회선에서 발전해 오면서 음성대역(~4kHz)을 기본으로 고려하였다. 앞에서 언급한 것과 같이 철도통신에서 DSL 전송방식을 적용할 경우에는 누화에 의한 영향을 고려하여야 한다.

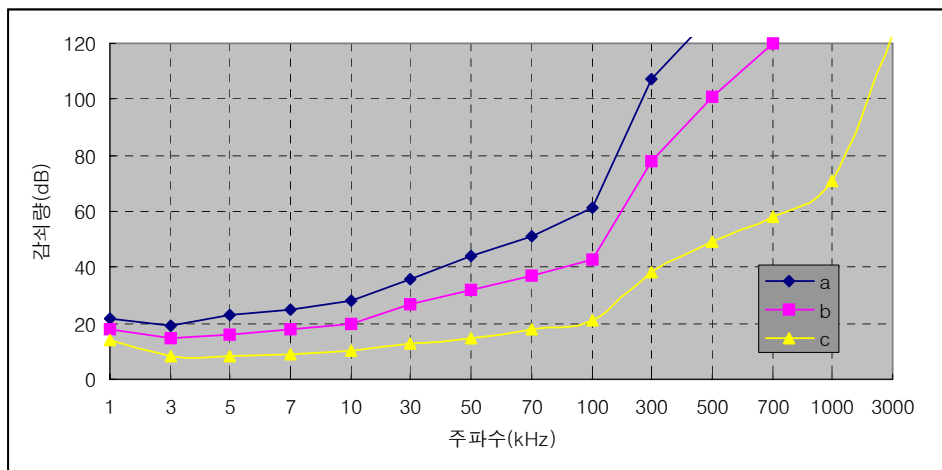


그림 1. 통신회선 감쇠 특성(JR동해철도)

그림 1과 3은 철도통신회선의 감쇠특성 및 누화특성에 관해서 시험한 그래프이다. 그림 1에서

곡선 a, b, c는 각각 전송거리 5.3km, 11km, 15.3km에서의 감쇠량을 나타낸다.

4.1 회선 감쇠 특성

유니트형 통신케이블(도체외경 0.9mm, 폴리에틸렌 절연)의 감쇠특성을 그림 1에 표시하였다. 그림에서 주파수가 높아질수록 그리고 전송거리가 길어질수록 감쇠량이 커지는 것을 알 수 있다.

4.2 회선 누화 특성

누화(crosstalk)란 하나의 통신회선에 다른 통신회선으로부터의 신호가 흘러 들어오는 것을 말하며 누화방향에 따라 근단 누화와 원단 누화가 있다. 누화에는 전자결합에 의한 것과 정전결합에 의한 것이 있다. 철도통신케이블은 4개의 심선을 성형구조로 복수 개 묶어서 구성하고 있다. 이론적으로는 심선의 상대적 위치가 완전히 정방형을 취하면 전자결합, 정전결합은 발생하지 않는다. 그러나, 실제로는 다른 콰드(quad)와의 위치관계, 제조, 시공시의 문제로 인해 누화가 발생한다. 철도 통신에서 누화가 발생할 경우 그림 2와 같이 나타내며 전송거리 3.9km에서 회선 누화 특성에 대한 실측 결과는 그림 3과 같다.

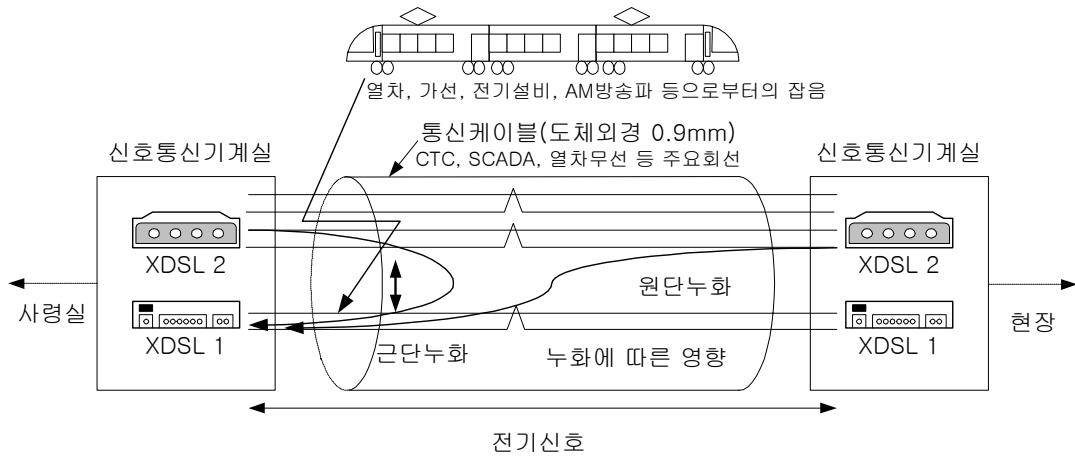


그림 2. 철도통신에서 누화 현상

그림 3에서 근단 누화 감쇠량은 콰드간의 이격이 커질수록 작아지며 이론적으로 주파수의 1.5승에 반비례하고 실측치도 거의 이론치와 일치한다. 한편, 원단 누화 감쇠량은 근단 누화 감쇠량 보다 작다. 원단 누화감쇠량은 이론적으로 주파수의 2승에 반비례하며 100kHz까지는 주파수에 거의 반비례한다. 100kHz 이상에서는 고주파 성분 때문에 원단 누화 감쇠량은 커진다. 따라서, 기존에 음성대역에서 실용상에 문제가 되지 않은 누화에 의한 영향을 무시할 수 없게 되었다. 그림 3에서 곡선 a는 전송거리 3.9km에서 원단 누화 감쇠량을 나타내며, 곡선 b는 전송거리 3.9km에서 근단 누화 감쇠량을 나타낸다.

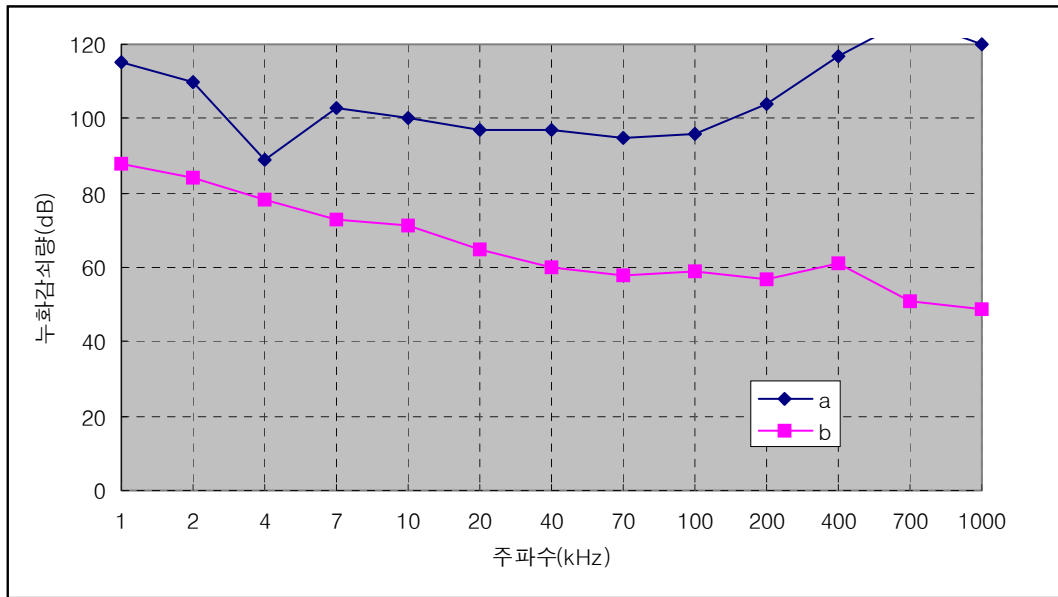


그림 3. 철도통신회선의 노화 감쇠 특성

5. DSL 전송방식의 시스템 구성 및 공존성

철도에서 DSL 전송방식을 적용할 경우의 시스템 구성은 그림 4와 같다.

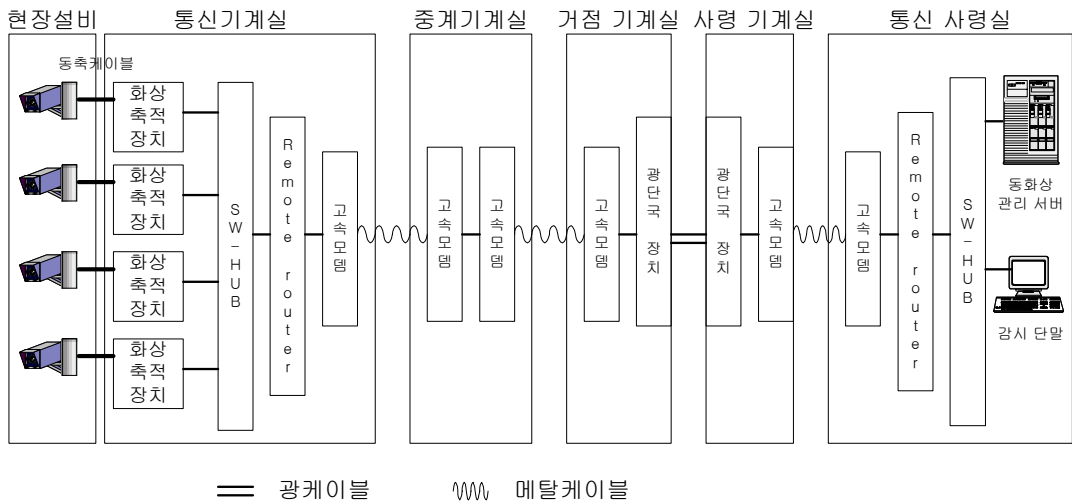


그림 4. 철도에서 DSL 전송방식의 시스템 구성(동해여객철도)

복수의 DSL 전송방식을 동일한 통신 케이블 내부에 도입한 경우의 상호 영향에 관해서 검토하였으며, 시험에서는 동일한 케이블내에 2개의 전송장치를 수용한 경우의 BER을 측정하였다. 전송거리 5.2km구간에서 시험한 결과를 표 3에 표시하였다.

시험결과, 5.2km 전송거리에서 복수의 전송장치를 공존시켜 전송이 가능하나, 전송거리가 길어질 경우에는 전송품질의 열화가 예상되기 때문에 충분한 검증이 필요하다. 또한, 회선간의 이격거리가 커질수록 전송품질이 향상되는 경향이 있기 때문에 동일한 통신 케이블내에서 복수의 DSL 전송방식을 공존시킬 경우에는 송신 출력차가 큰 전송장치의 과드간 이격 거리를 충분히 확보하여야 한다.

표 3. DSL 전송방식의 공존시험 결과(전송거리 5.2km)

전송방식	SDSL	ADSL	HDSL	음 성	수용위치
SDSL	O	O	O	-	동일 콰드
ADSL	O	-	O	-	동일 콰드
HDSL	O	O	-	-	인접 콰드
음 성	O	-	O	-	인접 콰드

6. 맺음말

DSL전송방식의 장점은 기존의 메탈케이블을 사용하여 고속전송을 실현할 수 있으며 장치의 가격하락으로 화상의 촬영과 디지털 기록을 손쉽게 구현할 수 있게 되었다. 현재 JR동일본에서도 동경권 화상전송시스템을 구축하여 2003년 6월부터 운영하고 있으며 동영상 전송을 위한 전용 네트워크를 구축하면서 역간의 주요통신회선을 기존의 메탈케이블을 광케이블로 대체하고 있다. 이에 따른 결과로 역간 전송로로서 기존에 사용한 메탈케이블의 활용측면에서 SDSL 모뎀을 도입하여 사용하고 있다. 따라서,

국내에서도 최근 철도통신분야에서 초고속정보통신망 구축계획에 따라 점차적으로 광케이블 포설공사를 진행중에 있으며 광전송로까지의 접근회선으로 수요의 증대가 예상되며 된다. 또한, 광케이블 미포설구간에서도 고속데이터 전송을 위해 xDSL 모뎀의 도입이 예상된다.

철도통신에서도 DSL전송방식을 도입할 경우의 앞에서 검토한 사용환경, 누화감쇠특성 등을 충분히 고려하여야 할 것이다.

참고문헌

1. Kawabe (2002년), "철도의 메탈케이블에서 고속전송기술 적용에 관한 연구", JREA, Vol.51
2. Kawabe (2002년), "철도통신회선에서 고속디지털 전송방식의 전송시험결과", 일본 전기학회 통신연구회 논문집