

수화자 반향을 고려한 자국내 최소 전송손실에 대한 고찰

○ 장 청 룡
한국전기통신공사

홍 진 우
사업지원본부

A Consideration on the Minimum Transmission Loss for
the Intraoffice Call Path Based on the Listener Echo

Chung Ryong Jang , Jin Woo Hong
K.T.A. Research Center

ABSTRACT

Listener echos, which arise in multiple 4-wire loop connections(MLC) during the evolving switched telephone network, impare voice-band data signal transmission performance. This paper first shows the calculation method of the total number of listener echo loops over N 4-wire physical loops and presents the additative law for listener echos. It next demonstrates that about 4 dB should be ensured to make the transmission loss of intraoffice call path be minimum for the voice-band data service in a digital local switch .

1. 서 론

기존의 공중통신망은 디지털 기술의 발달에 따라 아날로그/디지털 혼재망을 거쳐 완전한 디지털 통신망으로 진화되어 가고 있다.

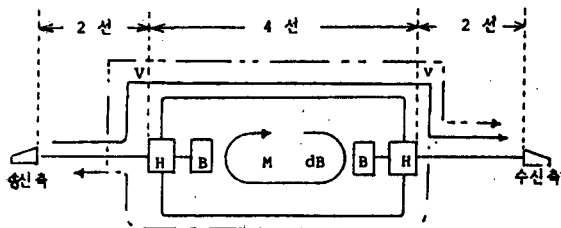
이러한 통신망의 디지털화 과정에서 2선식 아날로그 망소자가 4선식 디지털 망소자로 교체되어감에 따라 4선식 접속로의 양종단은 하이브리드 회로에 의해 종단된다. 더욱이 하이브리드 종단 회로에서는 완전한 임피던스의 정합을 구현하기가 불가능하므로 자연히 신호가 반사되어 결국 4선식 접속로는 하나의 루프처럼 작용하게된다. 결국 아날로그/디지털 혼재망에서 1개의 통화로 구성에는 여러개의 4선 루프접속(MLC: Multiple 4-Wire loop Connection)을 형성하게 됨을 알 수 있다. 또한 이러한 4선식 접속루프에서 발생하는 반향 효과중 수화자 반향은 비음성 대이타 전송에 많은 영향을 미치는 것으로 평가되었다.^(1,2)

본 논문에서는 먼저 일반적 통화로 구성에서 형성되는 직렬형태의 4선 루프 접속에서 수화자 반향 루프를 해석하고 여기서 발생하는 각 루프의 신호대 반향비(SER: Signal to echo ratio)에 대한 가법성을 소개하였다. 두번째는 음성급 데이터 모뎀 또는 G II 팩시밀리에 필요한 신호대 반향비를 이용하여 디지털 망에서의 음성급 서비스를 위한 자국내 최소 전송손실을 산출하였다.

2. 다중 4선식 루프 접속

2.1 수화자 반향

단말의 상호접속계에는 2선과 4선의 전송방식이 혼재함에 따라 접속계의 중간에는 그림 1과 같이 2선·4선 변환의 필요성이 생긴다. 즉 4선의 양종단은 하이브리드 회로에 의해 종단되며 이 하이브리드 회로내에 있는 평형회로의



—— : 주신호
- - - : 송화자 반향 신호
· · · : 수화자 반향 신호
B : 평형회로 , H : 하이브리드 회로
V : 입력신호 , v : 출력신호
 $M = 20 \log |m|$

그림 1. 단일 4선 루프의 반향

임피던스는 2선 통화로의 임피던스와 완전한 정합이 불가능하여 여기에서 신호전력의 일부가 반사된다. 이러한 반사 신호는 송화자 반향과 수화자 반향으로 구분한다. 송화자 반향은 원래의 신호가 상대측 하이브리드 종단회로에 의해 반사되어 송화자 반향경로를 따라 송화자 자신에게 되돌아 오므로 반사신호의 진폭과 지연시간에 따라 송화자의 정상직 신호처리에 영향을 줄 수 있다.

또한 상대측 하이브리드 임피던스의 부정합으로 인하여 종단에서 반사된 신호가 또다시 자신의 하이브리드 종단에서 반사되어 수화자에게 전달되는 신호가 발생하는데 이를 수화자 반향이라 한다. 음성급 데이터 통신에서 반향효과의 성능 측정방법중 하나로서 신호대 수화자 반향비(SER: Signal to listener echo ratio)가 이용되고 있다.⁽¹¹⁾⁽¹³⁾

SER은 반향 경로를 따라 연속적으로 진행됨에 따라 일어난 수화자 반향전력의 전체합을 다음과 같이 계산하므로써 얻을 수 있다. 그러면 루프의 손실을 M dB라 하고 이와 일치하는 전압비 V/v 를 $|m| \exp(-j\theta)$ 로 하여

$$20 \log |m| = M \text{ dB} \quad (1)$$

가 되도록 한다. 식 (1)에서 이 루프가 안정하기 위해서는 $M > 0$ 이며 따라서 $|m| > 1$ 이 되어야 한다.

그리하면 수신된 신호전압의 실효치 제공은 입력 신호 전압과 연속적 반향 신호전압의 실효치 제공과 같으므로 식 (2)을 얻을 수 있다.

$$v^2 = V^2 \{ 1 + (1/|m|^2 \exp(-j2\theta)) + (1/|m|^4 \exp(-j4\theta)) + \dots \} \quad (2)$$

여기서, v : 수신신호전압
V : 입력신호전압
 θ : 루프위상

또한, $|m| > 1$ 이므로 식 (2)는 식 (3)과 같이 변형시킬 수 있다.

$$V^2/v^2 = 1 - \exp(j2\theta) / |m|^2 \quad (3)$$

만약 수신된 신호 전력이 입력 신호전력과 연속적 반향신호 전력의 합과 같다면, 즉

$$v^2 = V^2 + E^2 \quad (4)$$

여기서 E^2 : 연속적인 반향신호 전력의 전체합 일때, 신호대 반향전력비는 식 (5)와 같다.

$$V^2/E^2 = V^2/(v^2 - V^2) = |m|^2 \exp(-j2\theta) - 1 \quad (5)$$

식 (5)의 모듈라중 최소값은

$$|V/E|^2_{\min} = |m|^2 - 1 \doteq |m|^2 \quad (6)$$

이다.

따라서 가장 작은 SER(dB)은 식(1)에 의해 다음 식(7)과 같이 얻을 수 있다.

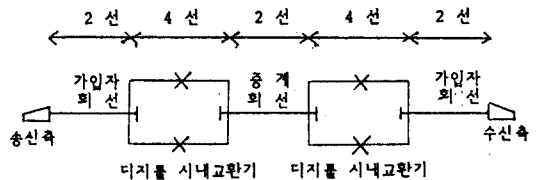
$$\begin{aligned} SER &= 10 \log |V/E|^2 = 10 \log |m|^2 \\ &= -10 \log_{10} 10^{-M/10} \quad (7) \end{aligned}$$

2. 2 다중 4선 루프접속과 수화자반향 루프

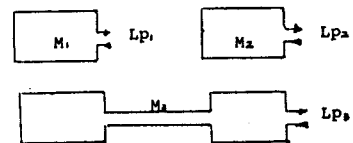
다중 4선루프접속(MLC)는 직렬 4선 루프접속과 복합 4선 루프접속으로 구분할 수 있다.^[4] 직렬 MLC는 기존 이널로그망의 디지털망으로 진화시 디지털 시내용교환기, 디지털 구내교환기등이 2선식 아날로그 정합장치를 교체하므로써 단말 상호간의 통화로계에 복수개의 4선루프가 직렬로 형성됨에 따라 구성되는 MLC이며 복합 MLC는 회의용 전화 서비스 제공시 4선 전송로에 복수개의 서비스 중계회선이 접속되는 통화로계에서 발생된다.

본 질에서는 진화단계의 전화교환망에서 주로 형성되는 직렬 MLC의 복수개 4선루프로 인하여 음성급 데이터 전송에 영향을 주는 수화자반향(전화를 대상으로 하는 경우 "준명음"이라고도 함)을 고려하기 위하여 수화자반향 루프의 수를 찾고 이러한 수화자반향 루프에서 수화자반향의 가법성을 기술하기로 한다.

먼저 2개의 디지털 시내교환기가 2개의 4선 루프를 구성하는 경우를 생각해 보기로 한다.



(1) 2개의 4선루프가 구성하는 통화로 접속



LP_j : j번째 수화자 반향 루프
 M_j : j번째 수화자 반향 루프의 손실

(2) 수화자 반향 루프

그림 2. 다중4선루프 접속예

이러한 구성은 그림 2의 (1) 에 보이며 이 구성에서 3개의 수화자 반향루프가 그림 2의 (2)에 잘 나타내지고 있다. 다음에 이러한 실제 4선 루프수를 N 개까지 확장시켜 구성할 경우 수화자 반향 루프의 수를 산출해 보도록 한다.

이 경우 i 개 ($1 \leq i \leq N$) 씩 4선루프를 구성하면 수화자반향 루프는 N-i+1 개가 되며 전체 수화자반향 루프의 수 N_m 은 식 (8)과 같다.

$$N_m = \sum_{i=1}^N (N - i + 1) = N(N+1)/2 \quad (8)$$

한편 직렬 MLC 의 각 수화자반향 루프에 대한 루프 위상 확률 밀도 및 하이브리드 리턴 로스 실태의 평가에 의하면 각 수화자반향 루프의 위상확률밀도는 주파수에 따라 달라져 저주파수 (0.3KHz)에서는 두개의 정상치를 가지며 고주파수 (3.4KHz)에서는 거의 일정한 밀도 특성을 갖고 있음이 밝혀졌다. 이것은 디지털교환기의 전파지연이 수화자반향 루프에 대한 루프 위상확률분포를 임의로 만들었기 때문이다. 또한 하이브리드 리턴 로스의 주파수 특성은 음성대역의 최고 주파수(3.4KHz) 근방에서 최소가됨이 밝혀졌다.

따라서 직렬 MLC 의 모든 수화자 반향신호는 각각 독립적인 것으로 간주 될 수 있으므로 수화자반향 신호전력은 서로 더해질 수 있다. 그러면 이러한 MLC 의 SER 은 식 (7)을 이용하여 식(9) 와 같이 나타낼수 있다.

$$SER = -10 \log_{10} \left(\sum_{j=1}^{N_m} 10^{-P_{i,j}/10} \right) \quad (9)$$

여기서, M_j : j번째 수화자 반향 루프의 손실
 N_m : 전체 수화자 반향 루프의 수

3. 디지털 망의 단국간 최소전송손실 산출방법

디지털망의 단국 상호간 전송손실을 최소로 규정하기 위해서는 접속 전송계를 자국외계와 자국내계로 구분할 수 있다. 자국외의 경우 주로 송화자반향 조건을 고려하여 전송손실을 규정할 수 있다. 자국내의 경우 전화서비스에 대해서는 준명음 조건을 고려해야 하며 비전화 서비스에 대해서는 수화자반향 왜를 고려해야 한다.

본 절에서는 시외계를 제외한 시내계의 서비스에 필요한 전송품질을 보장하기 위한 최소 전송

손실을 산출해 보도록 한다.

디지털 시내용 교환기의 도입에 따라 하이브리드 회로가 각 수용가입자마다 설치되어 전화기가 직접 하이브리드의 평형회로에서 종단된다.

이에 따라 평형회로의 임피던스는 가입자 임피던스의 평균에 근사하므로 단말의 리턴 로스는 현재보다 상당히 개선됨이 표 1에서 잘 나타내지고 있다.

표 1. 단말 명음 리턴 로스의 분포^[5]

구분	기준(dB)	디지털 시내용교환기 도입(dB)	
		음성급전화	음성급데이터
평균 표준편차	3	1.2	1.8
	1	3.2	5.6

음성급전화 서비스의 통화품질에 대한 주관적 시험의 결과에 의해 준명음 이음도(2K)가 7-10dB 의 범위에 있을 경우 2K의 감소에 따라 통화상태가 영향을 적게 받으나 4-7dB 의 범위에서는 통화상태에 많은 영향을 미치는 것으로 감지됨에 따라 7dB 를 음성급전화 서비스에 대한 준명음 어유를 간주한다. 또한 음성급 데이터 서비스에 대해서는 각종 전송속도의 음성대역 모델 신호와 G II팩시밀리를 이용하여 전송하는 경우 디지털 시내용 교환기의 4선 루프에서 발생하는 수화자 반향에 의한 전송품질의 열화효과를 임계치 이하 (데이터 모델인 경우 1×10^{-5} 의 평균오율; 팩시밀리인 경우 MOS(Mean Opinion Score) 가 2.5)로 하기 위해 확보해야 할 SER 의 실험 결과치는 표 2와 같다.

표 2. 시내계의 음성급 서비스를 위하여 필요한 SER

구분	SER(dB)	
음성급 전화	7	
음성급 데이터 모델	1200 b/s	8
	2400 b/s	1.3
	4800 b/s*	1.0
	9600 b/s*	1.1
G II 팩시밀리	1.8	

* : 등화기가 부착된 경우

3.1 음성급전화 서비스를 위한 최소 전송손실

자국내 접속호에 대하여 준명음에 의한 통화품질의 열화발생은 오직 가입자 통화로 구성에만 의존하므로 특정 가입자에게만 통화품질의 열화가 감지된다. 따라서 이와같은 상황은 엄격히 억제되어야 하므로 준명음 위험율을 0.1% ($T\alpha = 3.09$)로 한다.

그러면 준명음 어유(SER)에 의해 산출하는 최소 전송손실공식^[5]을 이용하여

$$N \geq 0.5 \left\{ 2K - (X_1 - X_2) + T\alpha \sqrt{4(\sigma_w^2 + \sigma_{X_1}^2) + \sigma_{X_2}^2} \right\} \quad (10)$$

여기서, σ_w : PCM 회선 1구간 손실변동의 표준편차 (0.5dB)

σ_w : PCM 회선 1구간의 비직선외국의 표준편차 (0.3dB)

$2K$: 준명음 어유(SER)

X_1, X_2 : 단말 명음 리턴 로스의 평균

$\sigma_{X_1}, \sigma_{X_2}$: 단말 명음 리턴로스의 표준편차

$T\alpha$: 위험율을 표시하는 계수

표1과 표2의 음성급 전화서비스를 위한 데이터를 적용하므로써 얻은 최소전송손실 N 은

$$N \geq -1.28(\text{dB})$$

이므로 음성급 전화서비스에서 준명음 조건을 고려한 최소전송손실은 약 -1dB임을 알 수 있다.

3.2 음성급 데이터서비스를 위한 최소전송손실

자국내호의 경우 수화자 반향에 의한 전송품질의 열화 발생은 가입자의 통화로 구성에만 의존하므로 앞서 언급한 음성급전화 서비스와 동일하게 수화자 반향 위험율을 0.1% ($T\alpha = 3.09$)로 정한다. 한편 각종 음성급데이터 서비스에 대하여 일정한 전송품질을 확보하기 위하여 필요한 SER 은 표2에 의해 G II팩시밀리의 경우가 가장 엄격하므로 이를 음성급 데이터 서비스를 위해 필요한 SER 로 규정하고 이에대한 최소 전송손실을 식(10)을 이용하여 산출한다.

이때 N 은

$$N \geq 3.37(\text{dB})$$

이므로 음성급 데이터 서비스를 위한 최소 전송손실은 약 4 dB가 됨을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 기존 전화망의 디지털화에 따라 형성되는 4선식 루프에서의 반향중 음성급 서비스에 영향을 주는 수화자 반향을 소개하고 특히 직렬 4선식 루프 접속시 형성되는 수화자 반향 루프의 수를 산출하였으며 이러한 각각의 루프에서 발생하는 수화자 반향에 대하여 전력의 상가성을 알 수 있었다.

또한 시내용 교환기의 디지털화에 따른 자국내 음성급 서비스에 대한 전송품질 열화 위험율을 0.1%로 정하였을때 약 4 dB 가 확보되어야 함을 알 수 있었다.

앞으로 기존 전화망의 디지털망으로의 과도기에 있어 반향효과를 고려한 자국의 접속개외 최소 전송 손실에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] N. Sato, et. al., "Transmission Loss Design for Non-Telephone Service in the Mixed Analog/Digital Telephone Network," Review of ECL, Vol.34, No.4, pp.421-428, 1986.
- [2] 山本, "所要のモテム通信品質を確保するのために必要とする4線ル-7"内一巡損失," 信學論, J66-B, No.8, pp. 1059 - 1066, 1983.
- [3] ITU, "Transmission Planning of Switched Telephone Network," Chapter I, Annex 6, 1976.
- [4] 村上, "複數4線ル-7を持つ通話系の損失設計法," 信學論, J66-A, No. 12, pp. 1103 - 1190, 1983.
- [5] 寺西, 北村, "デジタル網の伝送施設設計," 第1章, 電氣通信協會, 1984.