

ISDN 전화기의 송화 에코 평가 기준

강경욱¹, 장대영²
한국전자통신연구소

Evaluation Standard on Talker Echo of ISDN Telephone

Kang Kyeonguk, Jang Daeyoung
Electronics and Telecommunications Research Institute

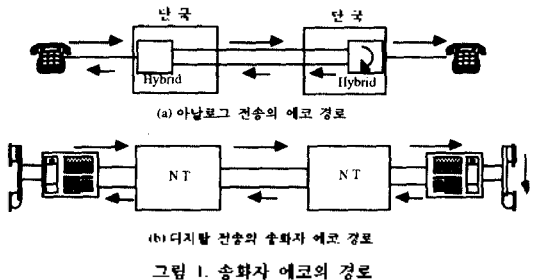
요약

ISDN에 기초한 음성 서비스가 가능해지고 많이 점차 광대역 ISDN으로 진화함에 따라, ISDN 전화기의 송화자 에코의 적절한 규정이 필요하며, 이는 ISDN 전화기의 송화 및 수화음량정격 및 단말결합손실에 의해 좌우된다. 따라서, 전화기의 송화 및 수화음량정격이 규정되어질 경우, 에코가 없는 전화통화를 할 수 있는 단말결합손실의 규정이 필요하며, 실질적으로 이에 대한 규정은 가장 단말결합손실(weighted terminal coupling loss: TCL_w)과 에코 안정손실(stability loss)로 분류되어 규정될 수 있다.

본고에서는 이와 관련된 국제기준을 고찰하고, 국내기준의 제안과 단말결합손실 및 안정손실의 측정결과에 대해서 기술한다.

제 1 절 서론

전화접속이 있어서 송신신호의 일부가 송화자 자신에게로 되돌아 올 때, 이 반향신호의 지연시간에 따라 약간의 차이는 있으나, 이는 송화자에게 에코로 지각되는 송화자 에코가 발생한다. 이때 전화접속이 이루어지는 방식에 따라 주된 에코경로에 차이가 생긴다. 즉, 그림 1에서와 같이 아날로그 방식에서의 에코는 상대방 수신단(원단: far end)의 하이브리드에서 반사된 것이며, ISDN과 같이 "all digital" 접속에서는 이러한 하이브리드가 존재하지 않기 때문에 에코는 원단의 ISDN 전화기셋 자체에서만 발생한다. 다시 말하면 에코는 원단의 ISDN 전화기의 수화기와 송화기 사이의 음향 결합(acoustic coupling)에 의한 경로에서 발생하는 에코와, 핸드셋내에서 발생할 수도 있는 전기적 누화(crosstalk)로 이루어진다. 이중 음향결합 경로를 통한 손실은 변환기가 놓여 있는 매질 및 실제 핸드셋의 사용방법 등에 따라 변하게 된다.



이러한 송화자 에코의 지각에 영향을 주는 요소들은 에코 신호 레벨과 에코경로의 지연시간이 가장 중요하며, 그의 속음 레벨, 근단과 원단의 실내소음 및 회선장음을 들 수 있다. 이중 에코 지연시간이 200ms 이상이면 속음은 송화자 에코의 지각에 영향을 주지 않으며, 또 실내소음과 회선장음은 속음경로를 통해 수화감염으로 작용하여 지연시간에 관계없이 모든 에코에 대해 마스크

효과를 일으킨다는 연구보고가 있다¹⁾. 결국, 송화자 에코의 지각에 영향을 주는 주된 요소는 송화자 에코 경로 손실(Talker Echo Path Loss)로 나타낼 수 있으며, 이는 ISDN의 경우에는, (a) 근단의 ISDN 전화기셋의 송화 및 수화 음량정격과 (b) 원단의 ISDN 전화기의 가능한 전기적 누화와 함께, 수화단(receiver)과 송화단(transmitter)의 음향결합 경로에 의한 손실 등으로 주어지는 단말결합손실(terminal coupling loss: TCL)에 의해 좌우된다.

또, 이러한 단말에서의 에코 제어는 상대방 가입자에게 에코가 없는 만족스러운 전화통화(echo-free performance)를 제공하기 위해서도 필요한 뿐만 아니라, ISDN에 기초한 음성 서비스가 가능해지고 많이 점차 광대역 ISDN으로 진화함에 따라, 음성 서비스를 위한 에코 제어를 전송망 내에서 제공하기가 상당히 어려워진다²⁾³⁾. 이에 대한 해결책이 망에서의 에코 제어 기기등의 사용이 필요없을 정도의 만족스러운 echo-free performance를 제공할 수 있도록 단말에서 충분한 에코경로 손실을 제공하는 것이다.

따라서 ISDN 전화기의 송화 및 수화음량정격이 규정되어질 경우, 에코가 없는 전화통화를 할 수 있는 단말결합손실의 규정이 필요하며, 실질적으로 이에 대한 규정은 가장 단말결합손실(weighted terminal coupling loss: TCL_w)과 에코 안정손실(stability loss)로 분류되어 규정될 수 있다. 본고에서는 이와 관련된 국제기준을 고찰하고, 국내기준의 제안과 단말결합손실 및 안정손실의 측정결과에 대해서 기술한다.

제 2 절 단말결합손실 및 안정손실

먼저 단말결합손실의 척도로 주어지는 TCL의 정의에 대해 살펴본다. TCL은 다음과 같은原因的 결합(coupling)에 의한 단말의 수화단과 송화단 사이의 주파수 의존의 전체 결합손실(loss/frequency characteristic)을 의미한다:

- i) 사용자의 인터페이스에서의 음향결합;
- ii) 핸드셋 코드 또는 전기회로 내에서의 누화에 의한 전기적 결합;
- iii) 단말의 역학적 부분(mechanical parts)을 통한 기계적 결합(scismic coupling).

에코경로 손실은 각각의 주파수에 따른 결합손실로 주어지기 때문에 하나의 수치로 표시하기 위하여, 300 ~ 3400Hz의 대역에 있어서 각 주파수에 따른 가중(weighting)치를 사용하여 적분한 값이 가장 단말결합손실이며, 0 ~ 4kHz의 주파수 대역에 있어서 결합손실의 최소치가 안정손실이다. 실제 단말결합손실의 규정은 가장 단말결합손실로 주어지고, 이때 사용한 가중방법에 따라 ITU-T 권고 G.12214에 의한 TCL_w와 EIA/TIA-57912에 의한 WAEP(L weighted acoustic echo path loss)로 분류될 수 있다.

ITU-T 권고 G.122에 의하면, 그래프 형태로 측정된 감쇠/주파수 특성(출력/입력 전력비)으로부터 300 ~ 3400Hz 대역을 대수 스케일로 등간격 대역폭의 N개의 sub-band로 나누어, N개의 sub-band edge의 (N+1)번째 주파수에서의 손실을 출력/입력 전력비 A_n,

가중 단말결합손실을 TCL_c 라 하면

$$TCL_c = -10 \log_{10} [(A_w/2) + A_1 + \dots + A_n + (A_w/2)/N] \text{ [dB]} \quad (1)$$

와 같다. 여기서 A_0 와 A_n 는 각각 300 및 3400Hz의 전력비이다.

또, EIA/TIA-579에 의하면, WAEPL은 200 ~ 4200Hz사이를 200Hz의 등간격의 대역폭으로 나누어 각 주파수에 따른 가중치(실제로는 200Hz 및 3600Hz 이상은 0의 가중치)를 사용하여 $WAEPL = -10 \log_{10} \{ \text{SUM. of } |W(f_i)| \cdot 10^{X(f_i)/20} / \text{SUM. of } |W(f_i)| \}$ [dB] (2)와 같다. 여기서 $X(f_i)$ 는 주파수 f_i 에서의 측정된 전력비이고, N는 측정 주파수(가중점)의 수(21개), $W(f_i)$ 는 주파수에 따른 가중치이다. 실제 동일 측정결과에 대하여 위의 2가지 가중방법을 사용하여 구한 가중 단말결합손실은 WAEPL이 TCL_c 보다 수 dB(약 5dB) 정도 큰 값을 나타낸다.

한편, ITU-TS 및 ETSI에서는 먼저, 가중 단말결합손실(TCL_c)의 경우 에코에 의한 열화를 최소화할 수 있고 가입자의 핸드셋 사용법을 고려하여, $OLR = SLR + RLR$ 이 10dB로 정규화되었을 때 40dB 이상의 TCL_c 를 규정하고 있고, 안정손실(stability loss)의 경우에는 핸드셋이 딱딱한 표면에, 수화기가 그면을 향하도록 놓여졌을 때, 디지털 입력에서 출력까지의 감쇠는, OLR 이 +10dB로 정규화되었을 때 200Hz ~ 4kHz의 모든 영역에서 적어도 10dB이상(ITU-TS) 또는 60dB이상(ETSI)일 것을 규정하고 있다[5][6].

지금부터 위에서 기술한 국제규격을 ITU-TS SG 12의 기고문을 중심으로 분석한다. COM XII-28[1]에서는 "all digital" 접속에서 송화자 에코의 지각에 관한 오피니언 평가로부터 TCL 의 허용치를 제안하고 있다. 이에 의하면, 그림 2에서의 같이 전체 피험자 중 5%가 평가횟수의 절반이 불쾌하다고 한 값 전체 call 중 2.5%를 임계치로 잡아, 모든 시연시간에 대해 55dB 이상의 에코 경로 손실이 적절하나 실내소음에 의한 마스킹 효과를 고려하면 50dB 이상의 송화자 에코 경로 손실이 적절함을 제안하였다. 한편, 이같은 복이(EIA/TIA)의 ISDN 손실계획에 의한

$$TOLR + ROLR = 50\text{dB} \text{ (CCITT의 경우 } SLR + RLR = 11\text{dB)}$$

및 IEEE의 가중을 사용한 때의 송화자 에코 경로 손실이므로, 단말결합손실은 45dB 이상의 WAEPL을 의미한다. 즉, 본 기고문은 에코에 대한 망 세어가 불필요하도록 하기 위해서는 45dB 이상의 단말결합손실(WAEPL)을 ISDN 전화기가 만족하도록 설계되어야 한다고 제안하였다.

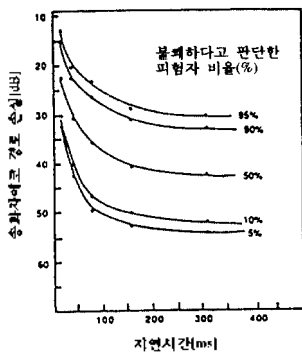


그림 2. 불쾌하다(hannoying)의 contour의 분포(COM XII-28, 1989)

이를 뒷받침하는 실험결과, 즉 사람 또는 의사귀를 이용한 경우와 자유공간(free air)에 매달린(suspended) 상태 등의 측정법 및 가중 단말결합손실의 계산에 사용되는 가중방법의 차이점 등을 기술한 연구결과도 많다[3][7-12]. 이중에서 참고문헌 [7]에 의하면 TCL_c 의 경우는 가중의 정도가 많아(much weighting) WAEPL에 비해 낮은 단말결합손실을 나타낸다고 한다.

한편 안정손실은 전체 망의 안정도에 대한 전화 단말쪽의 기여 정도의 척도로 주어지는 용량 에코경로 손실의 최소치를 의미한다. 이는 결국, 명음(Singing)을 방지하기 위해 필요한 조건이며, ITU-T 권고 G.122에 의하면, 0 ~ 4kHz 대역의 입의의 주파수에서 국제망과 국내망의 접속경인 가상 아날로그 교환점(VASP)간의 손

실이 0dB 이하가 될 가능성(risk)이 1000번의 call(호) 중 6번을 초과하지 않는 분포이어야 호 설정 및 해제, 호 변환 시 망의 안정성을 보장할 수 있으며, 이때의 손실이 적어도 60dB 이상일 것을 주장하고 있다. 또 한편 EIA/TIA-579에 의하면 그 손실이 0dB 이하가 될 경우 명음이 발생할 수 있으며, 호 접속시 singing margin은 수화자 에코경로 손실의 최소치로 정의되고 40dB로 설정되어 있다. 결국 이를 종합하면 완전한 호 접속에 있어서 이러한 명음의 발생을 제어하기 위해 필요한 안정손실은 200 ~ 400Hz의 주파수 대역에서 적어도 10dB의 acoustic echo path loss(terminal coupling loss)를 보장해야 함을 알 수 있다.

제 3 절 국내 규제 제안

지금까지의 국제규격의 검토에 의하면, 에코가 없는 전화통화를 위해 50dB의 에코 경로손실이 필요하며, 이는 단말의 송화수화 음량정격을 제외한 단말결합손실의 경우, ITU-T 권고 G.122의 가중방법에 의한 TCL_c 의 경우 최소한 40dB(OLR 10dB), EIA/TIA-579의 가중방법에 의한 WAEPL의 경우 최소한 45dB(IEEE의 OLR 5dB)를 유지해야 함을 알 수 있었다.

한편, 지연시간과 측음에 따른 단일에코에 관한 오피니언 평가의 결과[13]에 의하면, 송화자 에코 경로 손실을 TELR(Talker Echo Loudness Rating)로 할 경우 $STMR = 15\text{dB}$ 일 때 지연시간에 따른 TELR과 매우 나쁘다고 평가한 피험자의 누적확률의 상관관계는 그림 3과 같다. 이 그림에 의하면 참고문헌 [1]에서와 같이 전체 통화의 2.5%를 임계치로 설정하면, 모든 지연시간을 고려하여 50dB 이상의 송화자 에코경로 손실이 적절함을 알 수 있다.

위의 결과들을 종합하여 국내의 종합음량정격이 8dB로 설정될 경우, 적어도 42dB 이상의 가중 단말결합손실과 120dB 이상의 안정손실이 필요하다.

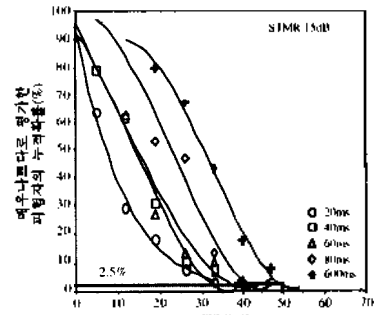


그림 3. TELR과 "매우 나쁘다"로 평가한 누적확률의 상관

제 4 절 단말결합손실 및 안정손실 측정실험

4.1 측정실험

본 절에서는 국내의 ISDN 전화기의 단말결합손실(가중 단말결합손실, 안정손실)의 실태를 파악하고 그 기준을 설정하기 위하여 국내에서 제작된 4대의 ISDN 전화기에 대하여 실시한 단말결합손실 실험 내용을 기술한다. 실험은 4대의 전화기에 대하여 CCITT에서 권고하고 있는 자유공간(free air) 조건과 HATS(Head and Torso Simulator) 및 사람의 귀를 이용한 측정(피험자 1, 2)으로 구성하였다. 자유공간 조건은 30dB(A) 이하(실제로 24dB(A))의 실내소음 환경인 방음실을 이용하였고, HATS는 B&K 4128을 사용하였다. 또, 사람의 귀를 이용한 측정에서는 2명의 피험자를 대상으로 하여 정상적인 사용상태(normal pressure usage)에서 측정을 실시하였다. 모든 측정조건에 측정신호는 pink noise를, 입력신호 레벨은 0dBm으로 설정하였고, 사람의 귀를 이용한 측정의 경우 레벨조정을 하지 않고 귀마개를 사용하였다. 또, 주파수 분석기의 주파수 분해능을 고려하여 출력/입력 전력비(감쇠/주파수 특성)를 183Hz ~ 5.45kHz 사이에서 1/12oct 대역으로 측정하였다. 가중 단말결합손실 계산을 위한 측정도는 그림 4, 안정손실의 측정도는 그림 5와 같다[6][14].

ISDN 전화기의 송파 예외 평가 기준

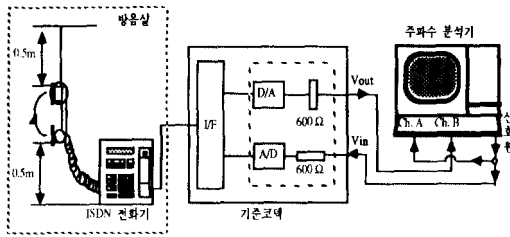


그림 4. 가중 단말결합손실의 측정도

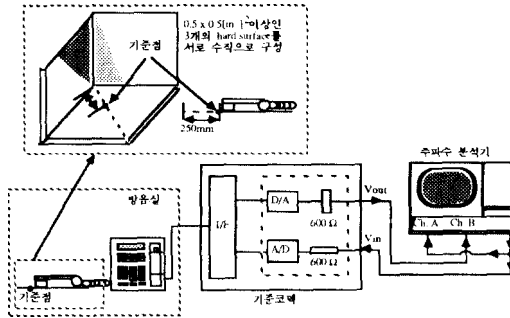


그림 5. 안정손실의 측정도

또 측정대상 전화기의 단말결합손실 정규예외의 부합여부를 알아보기 위하여 먼저 각 전화기의 SLR 및 RIR을 측정하였다. 표 1에 측정에 사용된 전화기의 송수파 응답성, 변환법칙 및 TCL에 대한 보정치를 나타낸다.

표 1. 측정대상 전화기의 일반 특성

전화기	변환법칙	SLR RIR (dB)	OLR (dB)	OLR 10dB로 정규화할 때의 TCL의 보정치(MDI)
A	μ	6.6 9.0	2.4	+12.4
B	ν	25.0 28.3	16.7	-6.7
C	A	15.3 1.6	16.9	6.9
D	μ	9.6 28.7	0.9	+9.1

4.2 측정결과 및 분석

각 측정조건에 따른 감쇠/주파수 특성 측정결과로부터 구한 가중 단말결합손실 및 안정손실을 정리하여 표 2에 나타낸다. 표 2의 TCL는 측정에 사용된 주파수 분석기의 주파수 분해능으로 인하여 307 ~ 3450Hz 대역에서 1/12 옥타브로 측정하였고 식 (1)의 $A_{0.5}$, A_N 는 각각 307, 3450Hz이고 N는 42이다.

3대의 전화기 A, B, 및 C에 대한 4가지 측정조건에서의 감쇠/주파수 특성 측정결과를 각각 그림 6, 7 및 8에, 또 안정손실 측정 조건에서의 3대의 전화기에 대한 감쇠/주파수 특성 측정결과를 그림 9에 나타낸다. 그림 9는 OLR을 10dB로 정규화한 것이다.

표 2. 단말결합손실 측정결과

측정조건	단말결합손실(dB)							
	A		B		C		D	
	측정치	보정치	측정치	보정치	측정치	보정치	측정치	보정치
자유공간	29.6	42.0	43.7	37.0	37.3	30.4	43.7	52.8
HATS(B&K 4128)	36.7	49.1	42.1	35.6	39.6	32.7	43.8	52.9
피험자 1	39.6	52	44.6	37.9	42.8	35.9	44.9	54.0
피험자 2	39.2	51.6	44.8	38.1	42.6	35.7	45.1	54.2
안정손실	-3.1	9.3	20.5	13.8	16.6	9.7	17.9	27.0

또 표 2에 의하면, 대체로 A, B, C, D 4대의 전화기 모두 실외 측정의 경우에는 일반적으로 예측되는 큰 분산과는 달리 피험자간 단말결합손실의 차이가 거의 보이지 않았으며(0.2 ~ 0.4dB), 또 사람의 귀를 이용한 측정과 자유공간에서의 측정결과를 비교해 보면, 사람의 귀를 이용한 측정의 경우의 단말결합손실이 자유공간에서의 값보다 약 0.9 ~ 10dB 만큼 큰 값을 보이고 있다. 특히 A 전화기의 경우 사람의 귀를 이용한 측정과 자유공간의 단말결합손실의 차이가 4대 전화기 중 가장 큼을 볼 수 있으나, 이는 참고문헌 [7]에서와 같이 통상적인 사용상태의 사람의 귀를 이용한 측정의 경우, 그림 6에서 알 수 있듯이 고주파 쪽의 상대적인 피크의 감소 인하여 더 높은 단말결합손실을 보인 것이라고 생각한다.

HATS를 사용한 결과가 오히려 자유공간 측정결과보다 사람의 귀를 이용한 측정과 더 유사함(1.1 ~ 3.2dB의 차이)을 보이고 있는데, 이를 놓고 볼 때는 HATS를 이용한 측정이 사람의 귀를 이용한 측정 결과에 더 유사하기 때문에 이를 통한 측정법이 표준화가 바람직하다고 생각할 수 있으나, 원래 ITU-TS 기준의 경우 채택된 기준의 의미가 최악의 사용상태(실제 사람의 경우에서 loose coupling)에서의 단말결합손실을 의미하며, 실제 사용상태에 가까운 측정법을 현재 계속 연구중이고, 또한 참고문헌 [8]에서는 사람의 경우 loose coupling일 때가 통상적인 사용상태보다 10dB 낮은 값을 보임을 주장하고 있고, 본 실험의 경우 A 전화기가 loose coupling을 고려할 경우 가장 측정조건과 그 결과가 부합한다고 할 수 있을 것이다. 실제 참고문헌 [10]에서는 loose coupling과 자유공간의 단말결합손실의 차이가 약 3dB이내임을 주장하고 있다. 그러나 이를 확인하기 위한 추가 실험이 필요할 것이다.

감쇠/주파수 특성 측정결과를 보면, 그림 6.7 및 8에서 볼 수 있듯이 대체로 1kHz 미만에서는 3대의 전화기 모두 측정조건에 따른 차이를 보이지 않고 있으며, 그중 B 전화기의 경우 측정 조건에 따른 차이를 보이지 않고 있다.

한편 안정손실의 경우, 그림 9에서 볼 수 있듯이 측정대상 전화기에서 감쇠/주파수 특성의 패턴의 차이는 거의 없으나, 상대적인 손실의 차이가 인하여 표 2의 안정손실 값의 차이를 보인다고 할 수 있을 것이다.

끝으로 표 2에 의하면, OLR = 10dB에 정규화 하였을 때의 자유공간 측정에서의 가중 단말결합손실 40dB이상과 안정손실 10dB이상의 단말결합손실에 관한 ITU-TS 기준을 놓고 비교해 볼 때, 가중 단말결합손실의 경우 A, D 전화기가, 안정손실의 경우 B, D 전화기가 그 조건을 만족하고 있음을 보여준다. 측정결과에 의하면 측정에 사용된 전화기 중 가중 단말결합손실과 안정손실에 관한 기준을 모두 만족하는 전화기는 D 전화기이다. 이 전화기에 있어서도 주어진 입력레벨에서 이미 왜곡이 발생하여 비록 단말결합손실 기준을 만족한다고 하더라도 왜곡에 관한 기준에 문제점을 나타내기 때문에 D 전화기의 단말결합손실 측정 자체가 무의미하다고 할 수 있을 것이다. 결국 측정대상 전화기 중 ITU-TS의 단말결합손실 기준을 모두 만족하는 전화기는 없다고 할 수 있을 것이다. 대체적으로 A 전화기가 그 조건에 가장 부합된다고 할 수 있다.

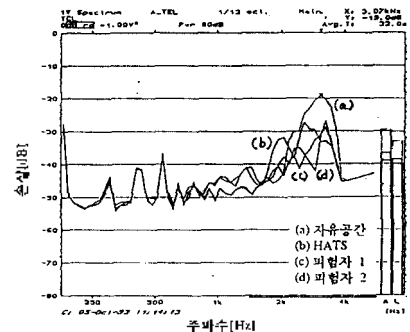


그림 6. A 전화기의 감쇠/주파수 특성(단말결합손실)

제 5 절 결론

망이 광대역 ISDN으로 진화함에 따라 음성 서비스를 위한 에코 제거를 전송망 내에서 제공하기가 상당히 어려워지며, 이에 대한 해결점이 망에서의 에코 제거 기기등의 사용이 필요없을 정도의 에코가 없는 만족스러운 전화통화(echo-free performance)를 제공할 수 있도록 단말에서 충분한 에코경로 손실을 제공하는 것이다.

따라서 ISDN 전화기의 송화 및 수화음향정격이 규정되어질 경우, echo-free performance를 만족할 수 있는 단말결합손실의 규정이 가능하며, 실질적으로 이에 대한 규정은 가중 단말결합손실(weighted terminal coupling loss; TCL) 과 에코 안정손실(stability loss)로 분류되어 규정된다. 이러한 규정은 사용자의 에코 지각정도에 근거한 echo-free performance를 만족할 수 있어야 하며, 실제 국내 전화기의 단말결합손실의 정도를 고려하여 설정함이 바람직할 것이다.

감사의 글

본 연구는 채신부의 "ISDN전화 전송품질 기준 연구"과제의 일환으로 이루어진 연구결과입니다.

본 연구에 많은 도움을 주신 음향정보처리연구실의 강성훈 실장님과 실원분에게 감사드립니다.

참고문헌

- [1] ITU-TS SG XII, COM XII-28 "Talker echo on all digital connections including ISDN", Geneva, Mar. 1990.
- [2] EIA/TIA-579, "Acoustic-to-digital and digital-to-acoustic transmission requirements for ISDN terminals", 1991.
- [3] ITU-TS SG XII, COM XII-59, "Terminal coupling loss measurements on simulated 4-wire analog and digital telephonic sets", Geneva, Nov. 1990.
- [4] ITU-T Recommendation G.122, "Influence of national systems on stability, talker echo and listener echo in international connections", 1988.
- [5] ITU-T Recommendation P.31, "Transmission characteristics for digital telephones", 1992.
- [6] ETS 300 085, "Integrated Services Digital Network(ISDN): 3.1kHz telephony tele-service-Attachment requirements for handset terminals", 1990.
- [7] ITU-TS SG XII, D.56, "Acoustic echo path loss in telephone handsets", Geneva, Nov. 1990.
- [8] ITU-TS SG XII, D.60, "Some measurements of terminal coupling loss", Geneva, Nov. 1990.
- [9] ITU-TS SG XII, D.62, "Terminal coupling loss measurements on digital(PCM) telephony terminals", Geneva, Nov. 1990.
- [10] ITU-TS SG XII, D.63, "Terminal coupling loss", Geneva, Nov. 1990.
- [11] ITU-TS SG XII, D.82, Geneva, Sep. 1991.
- [12] ITU-TS SG XII, COM XII-93, "Measurement of TCL_w on digital handsets", Geneva, Sep. 1991.
- [13] 강성훈, 강경옥, 장대영, 김성환, "디지털 통신의 음성품질 평가 연구", 한국전자통신연구소 보고서 2KR41100065630F, 1992.
- [14] ITU-T Recommendation P.66, "Method for evaluating the transmission performance of digital telephone sets", 1992.

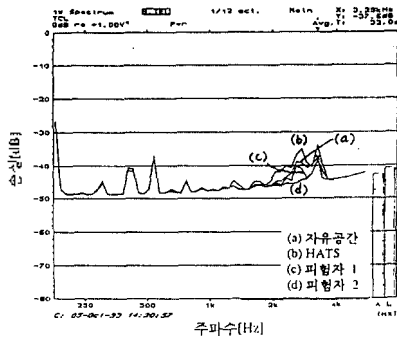


그림 7. B 전화기의 감쇠/주파수 특성(단말결합손실)

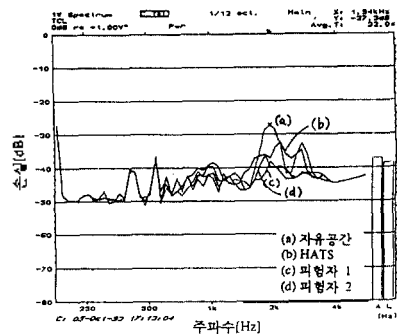


그림 8. C 전화기의 감쇠/주파수 특성(단말결합손실)

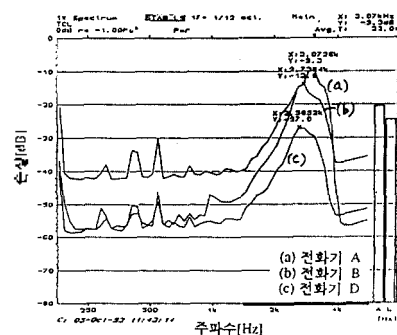


그림 9. 안정손실의 감쇠/주파수 특성