

혼합망에서의 ISDN 전화기의 음량정격 설계

正會員 姜京玉*, 姜成勳*

Design of loudness ratings for an ISDN telephone in a mixed digital/analogue network

Kyeongok Kang*, Seonghoon Kang* Regular Members

要 約

본 고에서는 ISDN 전화기와 아날로그 전화기가 디지털/아날로그의 혼합망을 통하여 접속된 경우에 단 대 단의 통화 품질 열화요인을 분석하고, 사용자 주관 평가를 통해 그 주된 요인인 송화자 반향 및 CODEC 입력 레벨이 가입자의 통화품질 만족도에 미치는 영향을 분석하여, 이를 토대로 국내 아날로그/디지털 혼합망에서의 ISDN 전화기의 음량정격과 단 대 통화품질을 설계한 내용을 기술한다.

그 결과에 의하면 국내의 장거리 통화의 경우에 ISDN 전화기의 종합 음량정격은 9~12dB, 송화 음량정격은 6~8dB이고 수화 음량정격은 1~4dB이며, 이는 가입자의 90%가 '보통이다' 이상으로 평가하는 품질 이상에 해당한다. 위의 ISDN 전화기의 송화 및 수화 음량정격의 범위에서는 혼합망의 단 대 단 종합 음량정격은 12.5dB이며, 국제 통화시 국내의 ISDN 전화기 가입자로부터 국제관문국까지의 송화 음량정격은 6~8dB, 수화 음량정격은 1~4dB이다.

ABSTRACT

In this paper, transmission impairments of an end-to-end connection are analyzed when an ISDN telephone is interconnected to an analogue telephone through a mixed digital/analogue network. Then, design procedures for loudness ratings for an ISDN telephone and end-to-end speech transmission quality, in a mixed network, are described based on analyzing the effects of two main causes for impairments, a talker echo and an input level to CODEC, on users' perceived quality from opinion tests.

From the results, the proposed overall, sending, and receiving loudness ratings for ISDN telephones in national long distant calls are 9~12dB, 6~8dB, and 1~4dB, respectively, and these correspond to above the quality that 90% of telephone users evaluate the transmission quality as above 'fair'. From the above sending and receiving loudness ratings for ISDN telephones, the

*한국전자통신연구소

論文番號 : 94339-1126

接受日字 : 1994年 11月 26日

end-to-end overall loudness rating in a mixed digital/analogue connection is 12.5dB, and the sending and receiving loudness ratings between national ISDN telephones and international switching centers, for an international connection, are 6~8dB and 1~4dB, respectively.

I. 서 론

종합정보통신망(ISDN : Integrated Services Digital Network)의 도입으로 음성뿐만 아니라 비음성 서비스 등이 사용자에게 제공되기 시작하였다. 이에 수반하여 현재 가입자 전화기와 전화망을 포함한 전 통화로의 디지털화는 아직 이르지만, 아날로그에서 디지털로의 이행기에 있는 실정이고, 또한 전화기에 있어서도 ISDN 전화기가 도입되고 있는 실정이다.

이러한 시점에서 ISDN과 ISDN 전화기의 도입에 따라 2가지 경우의 단 대 단(end to end) 전화통화로를 생각할 수 있다. 그 중 하나는 양 가입자의 ISDN 전화기가 ISDN에 접속된 경우로 이는 전 통화가로가 디지털화된 경우에 해당하고, 또 하나는 ISDN 전화기와 아날로그 전화기가 각각 ISDN과 PSTN(아날로그/디지털 혼합망)을 통해 상호접속된 경우로서, 이는 아날로그에서 디지털로의 이행기에 해당한다. 이중 첫번 째의 전체 통화로가 디지털화되어 있는 경우, 전송로의 음량 정격은 0dB이므로 ISDN에 접속된 ISDN 전화기 자체의 음량정격만 제어하면 만족할 만한 통화품질을 얻을 수 있다. 그러나 두번 째의 경우, ISDN 전화기의 음량정격 또는 혼합망의 음성품질을 적절하게 설계하기 위해서는 몇가지 요소를 고려하여야 한다. 즉, 혼합망의 단 대 단의 전체 통화품질은 아날로그 망의 단 대 단의 한계품질 이상을 보장할 수 있어야 하며, 수신단(아날로그 전화기 가입자)의 4/2선 변환지점의 임피던스 불평형에 의해 발생하는 송화자 반향(단일 반향)에 의한 송신단(ISDN 전화기) 가입자의 불만족을 야기시키지 않아야 한다¹⁾. 또한, ISDN 전화기의 CODEC 입력 레벨의 과소에 의한 과부화 왜곡과 양자화 잡음을 적절하게 통제할 수 있도록 송화 음량정격을 설계하여야 한다²⁾.

한편, 이러한 혼합망이 당분간 지속되리라 생각되고 통화품질에 관한 국내기준이 없는 상황에서, 통신시장의 개방화 추세에 따른 국내시장을 보호하기 위해서는 시급

히 국내기준을 제정할 필요가 있으며, 이때 그 설계방법은 사용자의 만족도에 근거하여 양질의 통화품질을 가입자에게 제공할 수 있어야 한다. 또, 설계 결과의 국내 기준은 ITU-T의 국제 기준과도 부합되도록 하여, 국내 전화기 제조업체의 국제 경쟁력 측면의 효과도 바라볼 수 있어야 할 것이다.

따라서, 혼합망에서의 ISDN 전화기의 음량정격을 적절하게 설계하기 위해서는, 혼합망의 통화품질의 주된 열화요인인 송화자 반향 및 CODEC 입력 레벨이 가입자의 통화품질 만족도에 미치는 영향을 고려하여야 하며, 이러한 사용자 주관 평가는 각 국가의 사용 언어의 차이 등에 의한 국민성에 따라 결과가 다르게 나타나기 때문에 자국의 평가결과를 토대로 독자적으로 설계하여, 그 결과를 국제기준과 비교하여야 한다.

본 연구에서는, 이러한 점을 고려하여 우선 ISDN 전화기와 아날로그 전화기가 디지털/아날로그의 혼합망을 통하여 접속된 경우에 단 대 단의 통화품질 열화요인을 분석하고, 사용자 주관 평가를 통해 송화자 반향 및 CODEC 입력 레벨이 가입자의 통화품질 만족도에 미치는 영향을 도출하여, 이를 토대로 현재 국내의 아날로그/디지털 혼합망의 파라미터를 이용하여 혼합망에서의 ISDN 전화기의 음량정격과 단 대 단 통화품질을 설계한 내용을 기술한다.

II. 혼합망의 통화품질 열화요인

ISDN의 도입에 따라 전화망이 아날로그에서 디지털로 진화해 가고 있는 아날로그/디지털 혼합망의 시점에서, 양 단의 단극(LE : local exchange) 사이에서 가능한 전화 회선의 구성은 표 1과 같다³⁾. 이 경우에 한쪽의 ISDN 전화기가 형태 2와 3과 같은 교환과 전송회선을 통하여 다른 한 쪽의 아날로그 전화기와 상호접속되는 경우의 혼합망의 통화품질 열화요인을 살펴본다.

표 1. 전화 회선의 교환과 전송회선

Table 1. Types of telephone circuits with exchanges and transmission paths

형 태	교 환(양 단)	전 송 회 선
형태 1	디지털	디지털
형태 2	디지털/아날로그	디지털/아날로그
형태 3	디지털	디지털/아날로그/디지털
형태 4	아날로그	아날로그/디지털/아날로그
형태 5	아날로그	아날로그

1. 송화자 반향(talker echo)

송화자 반향은 수신단의 4/2선 접점의 하이브리드에서의 임피던스 부정합으로 인하여 전송된 송화자의 음성이 4선식 전송로의 수신 루프를 통해 송화자에게로 반사되는 것을 말한다. 이때 반향은 어느 정도의 지연시간을 가지고 그 음량이 다소 감소되어 송화자에게로 반향되고, 이러한 송화자 반향은 송화자에게 불쾌감을 유발하여 통화시 통화품질을 저하시키며 정상적인 통화를 방해한다. 전형적인 아날로그 전화망에서는 양 가입자의 하이브리드 접점에서 반향이 발생하는데, 이를 다중반향(multi-echo)이라 하고, 디지털/아날로그 전화망에서의 하나의 하이브리드 접점으로부터 발생하는 반향을 다중 반향과 구별하여 단일 반향(single echo)이라고 한다.

송화자 반향에 의한 열화효과는 반향의 손실크기에 따라 변하고 평가척도는 손실의 개념에 기초한 송화자 반향 음량정격(TELR : talker echo loudness rating)으로 나타낸다⁹⁾.

2. 음량정격(LR : loudness rating)

음량정격은 전화통화에 있어서 음량의 감쇠 정도를 나타내는 척도로서, ITU-T 권고 G.111¹⁰⁾ 및 G.121¹⁰⁾에서는 각각 국제 전화접속에서의 음량정격 및 국내계의 음량정격의 목표치를 권고하고 있다. 이에 따르면 국내계의 공칭 송화 및 수화 음량정격은 가상 국제 접속점(VICP : virtual international connection point)을 인터페이스로 하여 정의하고 있다.

G.111에서는 국제접속의 공칭 종합 음량정격(OLR : overall LR)은 송화 국내계(국가 A)의 송화 음량정

격(SLR : sending LR), 국제 체인의 접속 음량정격(JLR : junction LR) 및 수화 국내계(국가 B)의 수화 음량정격(RLR : receiving LR)의 합으로 정의하고, OLR의 traffic-weighting을 고려한 평균치는 대부분의 경우 10dB가 가장 적절하나, 현재 전화망의 아날로그에서 디지털로의 진화과정을 고려하여 단 대 단 전화접속이 모두 디지털화된 경우의 장기적 목표치로서 8~12dB를, 단 대 단 전화접속이 디지털/아날로그가 혼합된 경우의 단기적 목표치로서 8~21dB를 권고하고 있다. G.121에서는 국제접속에서의 국내계의 송화 및 음량정격을 장기적 목표치로서 SLR 7~9dB, RLR 1~3dB를, 단기적 목표치로서 SLR 7~15dB, RLR 1~6dB를 권고하고 있다.

또 전화기 자체의 송화 및 수화 음량정격을 각각 SLR(set), RLR(set)이라고 하면, 각각의 제조오차로 $\pm 3dB$ 를 허용하고 있으며, 또한 'SLR(set) + RLR(set)'은 측음 또는 송화자 반향에 미치는 영향을 고려하여 어떤 최소값 이상을 유지해야 하며 이는 결국 측음의 손실척도인 측음 마스크 정격(STMR : sidetone masking rating)에 대한 최소한계를 규정하는 것이다.

한편, 혼합망에서 ISDN 전화기의 종합 음량정격을 OLR(D)(= SLR(D)+RLR(D))라 하면, 이 변화에 따라 반향이 통화품질에 미치는 영향도 변하게 된다. 즉, ISDN의 음성품질을 향상시키기 위해 OLR(D)를 감소시킬 경우 반향이 증가하기 때문에 아날로그 전화기 가입자와 통화하는 ISDN 전화기 가입자는 통화에 불만족하게 된다. 이와 반대로 반향을 피하기 위해 OLR(D)를 증가시키면 수화음량 감쇠로 인해 양 가입자 모두 불

만족스런 통화품질을 느끼게 된다.

3. 전송시간

전화 회선의 구성이 점점 아날로그에서 디지털로 진화에 따라 디지털 전송구간이 늘어나게 되고, 결과적으로 이에 따라 전송지연(propagation delay)뿐만 아니라 디지털 처리로 인한 신호처리 지연(signal processing delay)도 발생하게 된다. 결국 이 양 형태의 지연은 전체 전송시간(transmission time)의 중요한 구성요소가 되며, 임의의 전화접속에서의 총 전송시간은 케이블의 군지연(propagation delay), 기간의 처리 지연(processing delay)등과 같은 여러가지 성분의 총합으로 주어진다. 이러한 전송시간은 전체 성능 또는 품질이 사용자 단말의 상호작용에 크게 의존하는 서비스에서 중요한 파라메타로 작용한다. 이러한 점을 고려하여, ITU-T 권고 G.114에서는 반향을 적절히 통제할 수 있는 접속에서의 단방향 전송시간을 대부분의 가입자 응용(음성, 음성 대역 데이터, 영상전화 서비스 등)에 대해 허용가능한 값으로 150ms이내로 규정하고 있다⁷⁾.

4. 측음 및 전송시간과 송화자 반향의 관계

송화자 반향은 전송시간이 긴 장거리 구간에서 더욱 문제시된다. 기존의 통신망에서 반향을 제어하는 일반적인 방법으로는, 전송로에서의 손실추가, 하이브리드 점접에서의 임피던스 정합, 특별히 고안된 반향 제거기 또는 반향 억제기 등의 사용이 있다. 아날로그/디지털 혼합망에서 송화자에게 만족할 만한 통화품질을 제공하기 위해서는 적절한 반향 손실은 필수적인 요소이다.

또, 송화자 반향의 지각에 영향을 주는 요소들은 반향의 손실 크기외에 반향경로의 지연시간(RTDT : round trip delay time)이 가장 중요하며, 그외 측음레벨, 근단과 원단의 실내소음 및 회선잡음을 들 수 있다. 지연시간이 매우 짧으면 측음과 반향의 크기가 비슷한 경우에 반향과 측음이 분리되지 않아(일반적으로 2~4ms이내는 측음으로 지각), 측음에 의한 열화효과만 나타날뿐 반향에 의한 열화현상은 지각되지 않는다. 또한 측음이 클수록 측음이 반향을 마스크하여 통화품질은 주로 측음의 영향만을 받게된다. 이러한 이유에서 반향의 크기가 증가할수록, 측음이 작을수록 그리고 지연시간이 길수록 반향에 의한 통화품질에서의 통화 방해 효과는 커진다⁸⁾. 그리고, 반향 지연시간이 200ms 이상이

면 측음은 송화자 반향의 지각에 영향을 주지 않으며, 또 실내소음과 회선잡음은 측음경로를 통해 수화잡음으로 작용하여 지연시간에 관계없이 모든 반향에 대해 마스킹 음향정격 효과를 일으킨다는 연구보고가 있다⁹⁾.

5. CODEC 입력 레벨과 송화 음량정격

ISDN 전화기의 CODEC 입력 레벨이 적절하지 않아 생기는 현상으로는 두가지의 경우로 나누어 생각할 수 있다. 한가지는 입력 레벨이 너무 낮아 수화단에서의 증폭이 필요하게 되는데, 이때 양자화 잡음까지도 증폭되므로 잡음이 증가하게 되고, 다른 한가지는 입력 레벨이 너무 높은 경우에 입력신호의 레벨이 CODEC 입력 레벨을 초과하게 되어, 신호의 진폭이 제한되어 생기는 과부화 왜곡이다¹⁰⁾. 따라서 ISDN 전화기의 CODEC 입력 레벨의 과소에 의한 과부하 왜곡 또는 양자화 왜곡이 발생하여 원단의 가입자에게 불쾌감을 유발하지 않도록, ISDN 전화기의 송화 음량정격을 적절하게 설계하여야 한다.

Ⅲ. 사용자 주관 평가(opinion test)

사용자 주관 평가는 전화회선에서 발생할 수 있는 열화요인과 이에 대한 전화사용자의 지각품질(subjectively perceived quality)의 관계를 확립하여, 이를 기본으로 통화품질 열화요인의 허용가능한 범위를 설정하는데 활용하는 것이 그 목적이며, 여기에서는 송화자 반향 및 CODEC 입력레벨에 관한 사용자 주관 평가 실험결과를 기술한다.

1. 송화자 반향

본 실험에서는 송화 사용자 주관 평가를 통해 지연시간과 측음에 따른 송화자 반향이 가입자의 만족도에 미치는 영향을 고찰한다. 그림 1은 실험에 사용된 실험 장치의 블럭도이다. TELR은 5dB에서 7dB 간격으로 68dB까지, STMRR은 5, 15dB로, 반향 지연시간(RTDT)을 20ms에서 600ms(20, 40, 60, 80, 600ms)로 가변하여 총 63개의 실험조건을 낚녀 31명의 대학생으로 구성된 피험자에게 제시하였다. 전 실험에 걸쳐 방음실내의 실내소음을 50dB(A)로, 회선잡음을 -57dBmp로 고정하였다¹¹⁾.

송화 사용자 주관 평가는 평이한 대화체 문장을 사용하여 피험자가 송화한 내용을 전화회선의 품질 열화요인의 변화정도에 따라 직접 평가하는 것으로서, 피험자의 자연스런 송화를 유도하기 위하여 간단한 문장을 주고 상대방과 통화하는 것처럼 문장을 읽도록 하였다. 이때, 송화 시료는 자연스럽게 읽을 수 있는 쉬운 문장들을 사용하기 위하여 10초 이내의 평이한 문장으로 구성하여 63개의 조건들을 피험자들에게 무선적으로 제시하였다. 사용한 오피니언 척도는 제시된 각 조건에 대해 '매우 나쁘다(bad), 나쁘다(poor), 보통이다(fair), 좋다(good), 매우 좋다(excellent)'의 5점 척도를 사용하였고, 피험자의 평가결과에서 매우 나쁘다로 부터 1, 2, 3, 4 및 5점의 가중치를 주어, 각 조건에 대한 전체 피험자의 "전반적인 통화상태에 대한 만족도"를 평균하여 평균 오피니언 점수(Mean Opinion Score:MOS)를 구하였다.

사용자 주관 평가결과에 따른 TELR과 MOS의 상관관계를 그림 2에 제시한다. STMR 5dB의 경우가 STMR 15dB의 경우보다 TELR의 증가에 따른 MOS의 증가폭이 커서 측음에 의한 반향의 마스킹이 반향을 불쾌하게 지각할 확률을 감소시킴을 입증해준다. 그러나, RTDT가 20 또는 60ms일 경우 이와 반대로

TELR 약 20dB이하에서는 RTDT가 동일한 조건에서 STMR 15dB일 경우가 STMR 5dB일 경우보다 MOS가 높게 나타나는데, 이것은 반향이 측음과 유사한 크기로 커지면, 측음이 반향을 마스킹할 정도로 충분히 크지 않아 반향과 측음이 분리되지 않고 오히려 반향과 결합되어 단순히 반향만 제시되었을 때보다 더 심한 불쾌감을 유발하기 때문이다.

그림 3은 자기 STMR 5dB 및 15dB일 경우에 음성의 전반적인 만족도를 묻는 척도상에서, "매우 나쁘다"로 평가한 피험자의 누적확률과 TELR과의 상관관계를 나타낸다. STMR 5dB와 15dB 모두에서 TELR이 증가함에 따라 "매우 나쁘다"로 평정한 피험자의 확률은 점차 감소한다.

각 STMR 조건에서 각 지연시간에 따라 "매우 나쁘다"의 누적확률이 50%에 해당하는 TELR을 $TELR_{obj}$ 라고 할 때, $TELR_{obj}$ 와 RTDT의 상관관계를 예측할 수 있는 회귀선을 그림 4에 나타낸다. 이 결과로부터, 전반적으로 RTDT 40ms 이상에서는 $TELR_{obj}$ 는 STMR에 무관하다고 할 수 있다. 이와 유사한 결과를 참고문헌(1)에서도 볼 수 있다. 이 결과를 이용하면, 반향경로의 지연시간에 따라 반향으로 인한 전화 가입자의 불쾌감을 유발하지 않기 위하여 요구되는 반향경로의 손실을 알

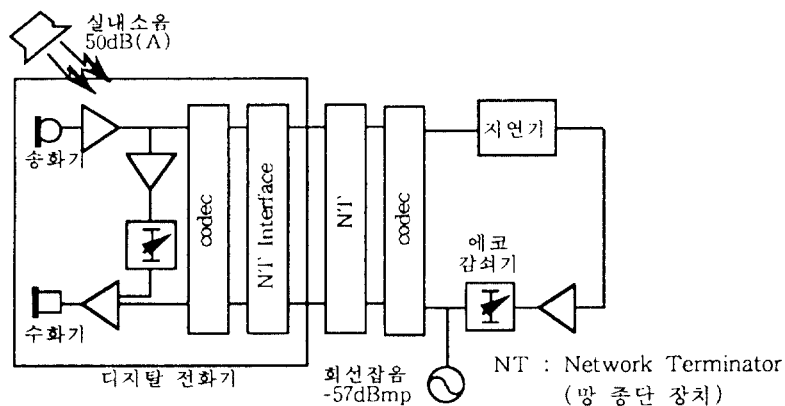


그림 1. 송화자 반향에 관한 사용자 주관 평가의 블록도
 Fig. 1. Experiment block diagram of opinion test on talker echo

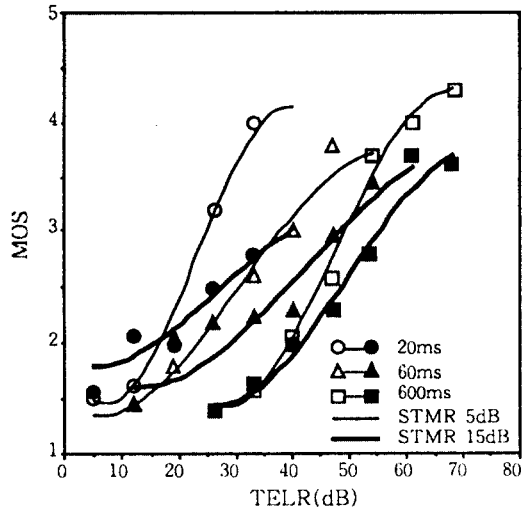


그림 2. STMR 5dB와 15dB일 때 TELR과 MOS의 상관
 Fig. 2. Relation between TELR and MOS in case of STMR of 5 or 15dB

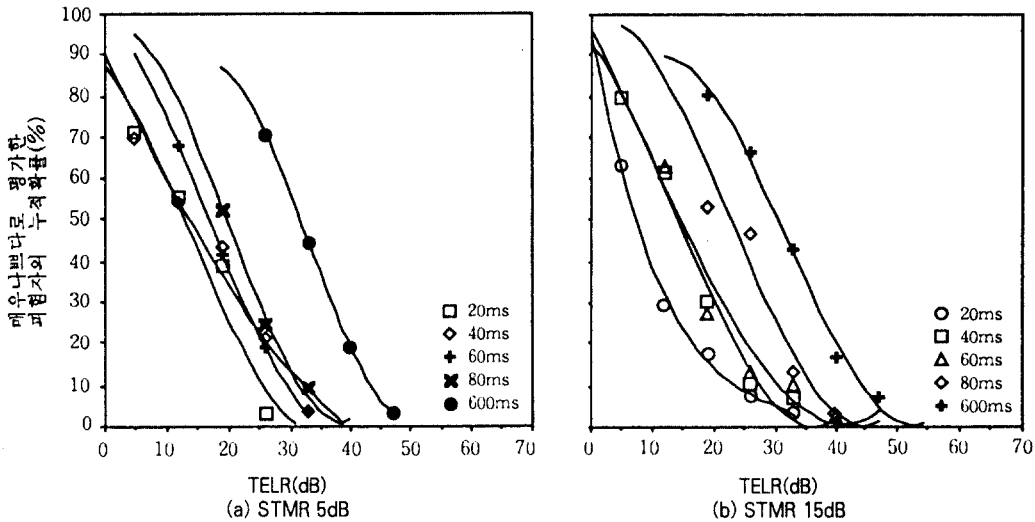


그림 3. TELR과 "매우 나쁘다"로 평가한 피험자의 누적확률의 상관
 Fig. 3. Relation between TELR and the cumulative percentage of subjects evaluating transmission quality as "bad"

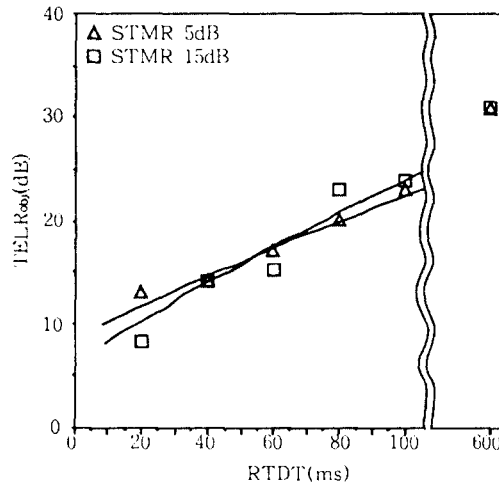


그림 4. RTD와 $TELR_{obj}$ 의 상관

Fig. 4. Relation between RTDT and $TELR_{obj}$

수 있다.

2. CODEC 입력 레벨

본 실험은 ISDN 전화기의 송화 음량정격을 설정함에 있어, 양자화 잡음과 과부하 왜곡으로 인하여 음성품질이 열화되지 않는 적절한 CODEC 입력 레벨을 규정하기 위한 것으로서, 각 입력 레벨에서의 신호를 ISDN 전화기의 수화단을 통하여 청취하면서 그 품질을 평가하도록 하는 청취사용자 주관 평가를 실시하였다.

CODEC 입력 레벨은 실험에 사용된 CODEC의 정현파 과부하 레벨(정현파를 입력하였을 때, 왜곡이 발생하지 않는 CODEC의 최대 입력 레벨)인 7dBV(2.26 Vrms)에 대한 상대치(0, -5, -12, -19, -26, -33, -40dB)로서 나타내었고, 입력부에서 음성레벨 측정기(SV6)로서 측정하였다. 또, 청취레벨은 실험결과에 영향을 미치지 않도록 선호 음량레벨을 전후로 하여 세가지(60, 70, 80dB SPL) 조건을 설정하여 각 입력 레벨에서 같도록 하였다^[2]. 청취레벨은 각 입력 레벨 조건에서 수화기를 통하여 방사된 음성을 의사귀를 사용하여 측정된 값이며, CODEC 내부의 디지털 이득을 조정하여 가변

시켰다. 실험에 사용된 음성시료는 약 8초 정도의 문장으로서 다이내믹 레인지는 약 45dB정도이며, peak factor는 약 12dB이다. ISDN 전화기의 CODEC 입력 레벨 설정을 위하여 디지털 전화망의 모사장치인 디지털 사용자 주관 테스트 시스템¹⁰⁾을 사용하여 그림 5와 같이 실험장치를 구성하였다.

CODEC 입력 레벨과 청취레벨의 각 조건은 랜덤하게 조합하여 실험조건을 구성한 후, 35명의 피험자를 선정하여 CODEC 입력 레벨에 따른 음성의 품질을 송화자 반향에 대한 평가와 동일한 5점 척도로 평가하도록 하여, 그 결과를 가지고 평균 사용자 주관 점수를 구하였다.

그림 6에 CODEC 입력 레벨과 MOS의 관계를 나타낸다. 실험결과 70dB SPL의 청취레벨의 경우 -12~-18dB에서 MOS가 4점이상으로 높게 나타났으며, 약 -15dB에서 최고의 MOS를 보였다. -15dB의 CODEC 입력 레벨은 peak factor 12dB를 고려하여도 3dB의 여유가 있으므로 합당한 입력 레벨이라고 생각된다¹¹⁾. 결론적으로 CODEC 입력 레벨은 -12dB보다는 적어야 과부하에 의한 왜곡을 방지할 수 있으며, 적당한 청취레벨을

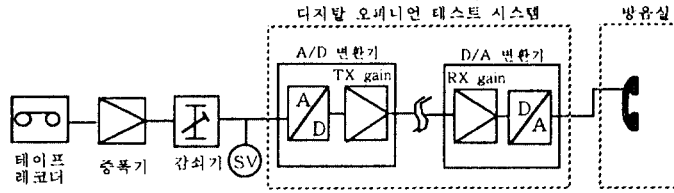


그림 5. CODEC 입력 레벨의 실험장치도
 Fig. 5. Experiment block diagram of opinion test on CODEC input level

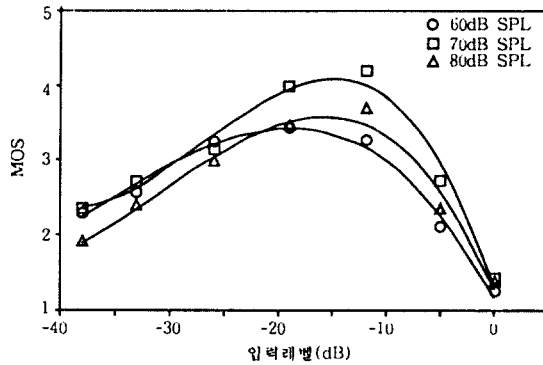


그림 6. CODEC 입력 레벨과 MOS와의 관계
 Fig. 6. Relation between CODEC input level and MOS

유지하면서 양자화 잡음에 의한 열화를 방지하기 위해서는 CODEC 입력 레벨을 너무 낮게 하여서도 안된다.

IV. ISDN 전화기의 음량정격 설계

1. 설계방침

본절에서는 사용자 주관 평가결과의 $TELR_{obj}$ 와 RTDT의 상관과 CODEC 입력 레벨과 MOS 상관관계를 토대로, 적어도 아날로그 전화망의 품질 이상의 음성 품질을 보장하기 위하여 아날로그/디지털 혼합망에서 ISDN 전화기가 만족해야 하는 송화 음량정격 $SLR(D)$ 및 수화 음량정격 $RLR(D)$ 의 설계 방침을 기술한다¹⁰⁾. 그 설계 방침을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 음량정격과 MOS의 상관¹⁰⁾을 토대로 하여 ITU-T

의 국제접속시커 음량정격¹⁰⁾ 및 국내망의 음량정격¹⁰⁾을 만족하는 범위내에서, ISDN 전화기의 종합 음량정격 $OLR(D)$ 에 대한 MOS가 최대가 되도록 $SLR(D)$ 및 $RLR(D)$ 를 설정한다.

- 2) 혼합망의 $TELR$ 은 $TELR_{obj}$ 이상을 유지하도록 한다.

3) 혼합망에서의 ISDN 전화기와 아날로그 전화기 사이의 양 방향 통화의 음성품질은 적어도 아날로그 전화망에서의 단 대 단 음성품질 이상이어야 한다.

- 4) CODEC에 과부하가 걸리지 않도록 $SLR(D)$ 를 결정한다.

2. ISDN 전화기의 음량정격

2.1 송화자 반향 조건

혼합망의 TELR은

$$TEL R = SLR(D) + RLR(D) + JLR + B \quad (1)$$

로 주어지며, JLR은 양 방향의 접속 음량정격(또는 선로손실)의 합, B는 반향의 평형 반사손실(echo balance return loss)이다. 이때 송화자 반향에 의한 열화효과를 없애기 위해서는 TELR은 적어도 $TEL R_{obj}$ 이상이어야 하고, 그 허용정도를 마진 M이라 하면

$$M = t_a \cdot m \leq SLR(D) + RLR(D) - TEL R_{obj} + JLR + B \quad (2)$$

이다. 여기서 t_a 는 불만족스러운 반향(매우 나쁘다로 평가되는 수준의 반향)을 지각할 확률계수로서, 송화자 반향(음량정격)에 대한 지각의 확률이 정규분포를 이룰 경우에 불만족스러운 반향을 지각할 확률이 10%(rule E)이면 t_a 는 1.28, 5%이면 1.65이고 1%(rule A)이면 2.33에 해당한다⁹⁰⁹. 또, m은 M의 표준편차로서

$$m^2 = b^2 + e^2 + n(t_1^2 + 2rt_1t_2 + t_2^2)$$

로 주어진다. 여기서, b는 B의 표준편차로 3dB, e는 매우 나쁘다로 평가되는 수준의 TELR의 표준편차로서

6dB이다. 또, t_1 과 t_2 는 각각 양 전송방향의 하나의 4선 회선에 대한 표준편차로서 1dB이고, r은 t_1 과 t_2 의 상관도로서 1로 가정하며, n은 4선 체인에서의 4선 회선의 수이다⁹⁰⁹. 이를 이용하면 혼합망에서의 M의 표준편차 m은

$$m^2 = 45 + 4n$$

과 같이 주어진다.

따라서, 이를 이용하여 송화자 반향의 허용정도를 $TEL R_{obj}$ 이상으로 설정할 때, 국내 통화 및 국제 통화시의 국내 전화망의 통화 모델을 이용하여 디지털 교환기에 접속된 ISDN 전화기가 디지털/아날로그 혼합망을 통하여 아날로그 전화기에 접속될 경우에 요구되는 ISDN 전화기의 종합음량정격 OLR(D)의 최소값을 최적으로 설계할 수 있다.

송화자 반향은 지연시간이 긴 장거리 구간에 문제가 되므로 국내 통화에 있어서는 시외 통화의 경우만을 고려하면 될 것이다. 국내의 경우 '82년부터 총괄국과 중심국의 시외 교환기를 디지털 교환기로 설치하여 '84년 말 시외 교환기는 디지털 교환망으로 이루어져 있다⁹⁰⁹. 또, 국내의 시내 통화권의 수는 146개이며 평균반경은

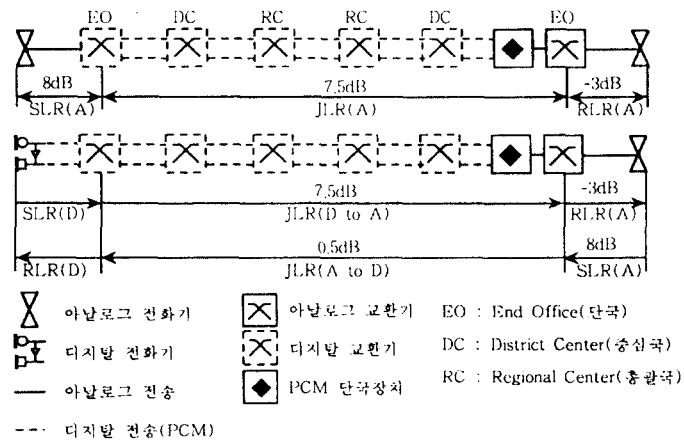


그림 7. 국내 장거리 통화의 망 모델
Fig. 7. A modes of network of long distance connections in Korea

14.7km, 최대반경은 약 25km이다³⁹. 시외 통화권은 자신의 시내 통화권을 제외한 145개 시내 통화권과의 접속으로 이루어지며 (최장 접속거리 1,400km, n=5). 이 경우의 한계모델은 그림 7과 같고, ITU-T 권고 G.114의 전송매체에 따른 처리지연 및 전송시간⁴⁰에 따르면 RTDT는 39ms이다.

한편, 국제 통화의 경우 국내의 ISDN 전화기가 수화국의 아날로그 전화기와 혼합망을 통하여 접속될 경우를 가정하면, 국내의 교환기가 모두 디지털로 구성되어 있으므로 한계모델은 그림 8과 같다. 이때, 국제 체인은

3개의 아날로그 4선 회선으로, 수화국의 수화자가 가입된 단국 교환기와 국제관문국(ISC)사이의 하나의 4선 회선을 가정하였다⁴⁰.

각 통화모델의 반향경로의 전송시간 RTDT, RTDT에 따른 $TELR_{obj}$ 및 선로손실 등을 정리하여 표 2에 나타낸다. 표 2에서 B는 국내 통화계의 경우에 11dB로, 국제 통화계의 경우에는 16dB(수화자 국내계의 4선 회선의 수 1개)로 가정하였다⁴⁰.

표 2와 식 (2)를 이용하여 ISDN 전화기의 OLR(D)와 불만족스러운 반향을 지각할 확률과의 상관관계를 그

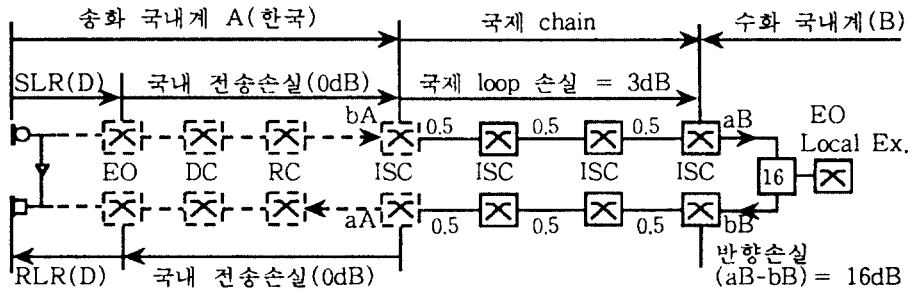


그림 8 국가 A(한국)와 국가 B의 국제 통화의 망의 일례
Fig. 8. An example of an interational connection between two countries A(Korea) and B

표 2. 국내 장거리 통화 및 국제 통화의 파라메타 값
Table 2. Parameter values for domestic and international constructions

	국내 통화	국제 통화
$TELR_{obj}$ (RTDT)	14.1dB (39ms)	21dB (76ms)
JLR+B	19dB	19dB
n	5	7
m	8.1dB	8.5dB

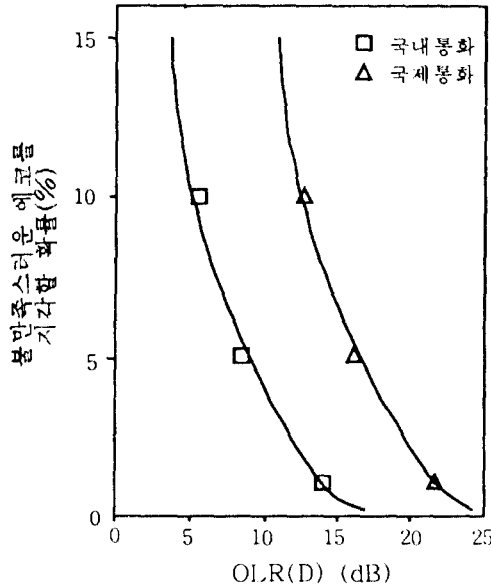


그림 9. OLR(D)와 불만족스러운 반향을 지각할 확률과의 상관관계
 Fig. 9. Relation between OLR(D) and probability of encountering unsatisfactory echo

림 9에 나타낸다. 그림 9를 이용하면 불만족스러운 반향을 지각할 확률에 따라 각 통화모델의 종합 음량정격의 최소값이 결정될 수 있다.

2.2 혼합망에서의 ISDN 전화기 음성품질

혼합망의 종합 음량정격은 기존의 아날로그 망의 음성품질 이상을 가입자에게 제공할 수 있도록 적어도 아날로그 망의 종합 음량정격보다 적어야 한다. 즉,

$$OLR(A \rightarrow D) \leq (OLR(A))_{max} \quad (3)$$

$$OLR(D \rightarrow A) \leq (OLR(A))_{max} \quad (4)$$

를 만족하여야 한다. 여기서 $OLR(A \rightarrow D)$ 는 아날로그 전화기로부터 ISDN 전화기 방향으로 구성되는 단 대 단의 종합 음량정격, $OLR(D \rightarrow A)$ 는 ISDN 전화기로부터 아날로그 전화기 방향으로 구성되는 단 대 단의 종합 음량정격이고, $(OLR(A))_{max}$ 는 아날로그 전화기 간의 종합 음량정격의 최대값(한계치)으로서, 각각은

$$OLR(A \rightarrow D) = (SLR(A))_{max} + JLR(A \rightarrow D) + RLR(D) \quad (5)$$

$$OLR(D \rightarrow A) = SLR(D) + JLR(D \rightarrow A) + (RLR(A))_{max} \quad (6)$$

$$(OLR(A))_{max} = (SLR(A))_{max} + JLR(A) + (RLR(A))_{max} \quad (7)$$

와 같다. $JLR(A \rightarrow D)$, $JLR(D \rightarrow A)$ 및 $JLR(A)$ 는 각각 아날로그 전화기로부터 ISDN 전화기 방향으로, ISDN 전화기로부터 아날로그 전화기 방향으로 및 아날로그 전화기 간에 접속될 때의 단국 대 단국 간의 접속 음량정격을 의미한다. 그림 7에서 $JLR(A \rightarrow D)$, $JLR(D \rightarrow A)$ 및 $JLR(A)$ 는 국내(시외) 통화의 경우에 각각 0.5dB, 7.5dB 및 7.5dB이고, $(SLR(A))_{max}$ 와 $(RLR(A))_{max}$ 는 각각 8dB와 -3dB이다. 그러므로 각각 식 (3), (5) 및 (7)과 (4), (5) 및 (7)을 이용하면, ISDN 전화기의 수화 및 송화 음량정격은 국내 통화의 경우에 각각

$$RLR(D) \leq 4dB \quad (3')$$

$$SLR(D) \leq 8dB \quad (4')$$

와 같다. 그러므로 혼합망의 음성품질이 기존의 아날로그 망의 음성품질 이상을 보장하기 위해서는 ISDN 전

화기의 종합 음량정격 OLR(D)가 12dB이하이어야 한다.

2.3 ISDN 전화기의 송화 음량정격

혼합망에서 ISDN 전화기가 만족해야 하는 송화 음량정격은 전술한 송화자 반향의 영향, 아날로그망의 한계 음성품질 뿐만 아니라 코덱 입력 레벨이 음성품질에 미치는 영향도 고려하여야 한다. 즉, 송화 음량정격은 CODEC의 입력 레벨을 초과하지 않고, 아날로그 전화기와 함께 사용할 때도 기존의 품질 이상이 실현될 수 있도록 설정하는 것이 바람직하다²⁾.

이는 사용자 주관 평가결과의 최대입력인 -12dB 이하의 CODEC 입력 레벨을 유지하도록 송화 음량정격을 설계하는 것을 의미한다. 우선 전화기 사용시 가입자들의 입기준점에서의 발생레벨의 장시간 평균(송화자 반향에 관한 사용자 주관 평가에서 측정된 결과)은 약 65~87dB SPL까지 분포하고 있고, 약 98%의 사람들이 85dB SPL 이하에 분포하고 있다. 실험에 사용한 음성시료의 발생레벨을 입기준점에 해당하는 지점에서 85dB SPL 되도록 조정한다. 실험에 사용한 장치의 송화기에 입력할 때, CODEC 입력 부분에서의 음성레벨을 -5dBV(정현파 과부하 레벨에 대한 상대치로는 -12dB)가 되도록 입력단 증폭기의 이득을 조정하고, 아래의 식과 같이 주어지는 송화단의 감도(S_{mj}) 주파수 특성을 고려하여 송화 음량정격을 ITU-T의 권고 P.79에 의해 계산하였다.

$$S_{mj} = 20 \cdot \log_{10}(V_j/P_m) \text{ dB relative 1V/Pa} \quad (8)$$

여기서 P_m [Pa]는 송화단의 음향 인터페이스에서의 입력 음압이고, V_j [V]는 송화단의 전기적 인터페이스에서의 출력전압이다. 계산결과, 송화음량정격은 약 6dB 이므로

$$SLR(D) \geq 6\text{dB} \quad (9)$$

이 성립한다.

2.4 ISDN 전화기의 음량정격 설계

지금까지의 검토결과를 종합하여 혼합망에서의 ISDN 전화기가 만족해야 하는 송화 및 수화 음량정격의 범위를 기술한다. ITU-T에 따르면 송화자 반향이 가입자의 만족도에 미치는 영향을 고려하여 음량정격을 조정하는

방법에는, 송화자 반향으로 인한 불만족스러운 사용자 주관을 나타낼 확률이 1% 미만인 이상적인 법칙 A와 10% 미만인 실질적인 법칙 E가 있으나¹⁰⁾, 음량정격과 MOS의 상관¹¹⁾을 나타내는 그림 10에서 아날로그 전화기 간의 한계품질이 MOS 2.7(가입자의 50%가 '보통이다' 이상으로 평가하는 품질)에 해당하는 20dB인 것과 ISDN의 한계품질이 MOS 3.5(가입자의 90%가 '보통이다' 이상으로 평가하는 품질)에 해당하는 12.5dB임을 이용하여, 혼합망의 종합음량정격(ISDN 전화기와 아날로그 전화기 사이의 음량정격)을 20dB이하로 유지하면서 ISDN의 한계품질 정도의 음성 품질을 제공할 수 있는 값으로 설정하고자 하면, 국내의 장거리 통화(시외통화)의 경우에 불만족스러운 반향을 지각할 확률이 5%이면 이를 만족한다. 이를 이용하면, 그림 9에서 국내(시외) 통화의 경우에 ISDN 전화기의 종합 음량정격은 약 9dB 이상이어야 한다. 즉,

$$OLR(D) \geq 9\text{dB} \quad (10)$$

이 성립한다. 그러므로 식(3), (4), (9) 및 (10)를 이용하면 ISDN 전화기의 음량정격의 허용범위는 그림 11의 빗금친 범위에 해당한다. 즉

$$\begin{aligned} 9\text{dB} &\leq OLR(D) \leq 12\text{dB} \\ 6\text{dB} &\leq SLR(D) \leq 8\text{dB} \\ 1\text{dB} &\leq RLR(D) \leq 4\text{dB} \end{aligned} \quad (11)$$

이 성립한다. 이때, RLR(D)의 최소값은 OLR(D)의 최소값과 SLR(D)의 최대값에서 결정하여야 한다. 이는 그림 10에서 볼 수 있듯이 MOS 3.5 이상, 즉 가입자의 90%가 '보통이다' 이상으로 평가하는 품질 이상에 해당하는 것이다.

결국 위의 ISDN 전화기의 송화, 수화 음량정격의 범위에서는 혼합망의 단 대 단 종합 음량정격(OLR(A→D) 또는 OLR(D→A))은 국내(시외) 통화의 경우에 12.5dB이다.

한편, 식 (11)의 송화, 수화 음량정격의 범위를 이용하면, 국내의 국제관문국까지의 접속음량정격이 0dB(그림 8)이므로 국내의 ISDN 전화기 가입자로부터 국제관문국까지의 송화 음량정격은 6~8dB, 수화 음량정격은 1~4dB이다. 이 값은 권고 G.111의 단기 목표치(송화 음량정격 7~15dB, 수화 음량정격 1~6dB) 중에서 송화 음량정격은 약 1dB의 차이를 보이지만, ITU-T에서

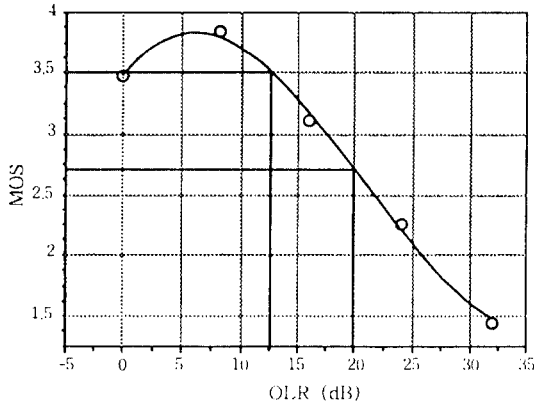


그림 10. 종합 음량정격과 MOS와의 상관
Fig. 10. Relation between OLR and MOS

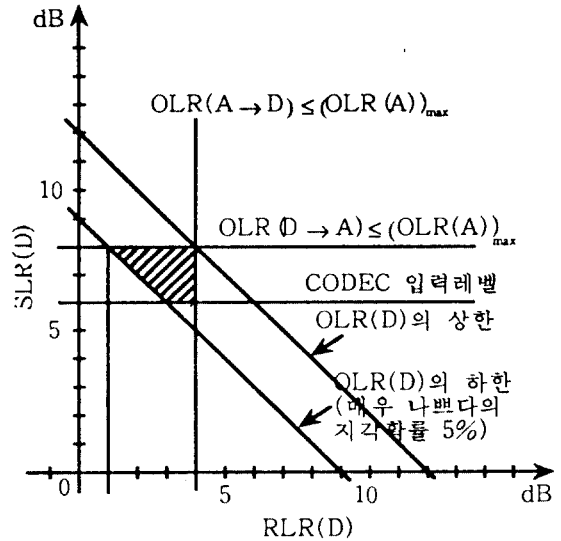


그림 11. ISDN 전화기의 송/수화 음량정격의 허용범위
Fig. 11. Desirable sending/receiving loudness rating range of an ISDN telephone

허용하고 있는 전화기 자체의 제조오차 중 +3dB를 고려할 경우 권고 G.111의 단기 목표치를 만족한다고 할 수 있을 것이다.

V. 결 론

지금까지 ISDN 전화기와 아날로그 전화기가 디지털/아날로그의 혼합망을 통하여 상호접속된 경우에,

(i) 혼합망의 TELR을 불만족스러운 반향을 지각할 확률을 이용하여 사용자 주관 평가결과의 가입자의 50%가 매우 나쁘다로 평가한 수준의 송화자 반향경로 손실인 $TELR_{obj}$ 이상으로 설정하고,

(ii) 혼합망에서 ISDN 전화기와 아날로그 전화기 사이의 양 방향 통화의 음성품질은 적어도 아날로그 전화망에서의 단 대 단 음성품질 이상을 유지하도록 하며,

(iii) CODEC 입력 레벨이 가입자의 통화품질 만족도에 미치는 영향으로 부터 CODEC에 과부하가 걸리지 않는 ISDN 전화기의 송화 음량정격을 설정하여

ISDN 전화기가 만족해야 하는 송화 음량정격 SLR(D)와 수화 음량정격 RLR(D) 및 혼합망의 통화

품질을 설계한 내용을 기술하였다.

그 결과에 의하면 국내의 장거리 통화의 경우

$$9\text{dB} \leq \text{OLR}(D) \leq 12\text{dB}$$

$$6\text{dB} \leq \text{SLR}(D) \leq 8\text{dB}$$

$$1\text{dB} \leq \text{RLR}(D) \leq 4\text{dB}$$

를 유지하여야 하며, 이는 MOS 3.5 이상, 즉 가입자의 90%가 '보통이다' 이상으로 평가하는 품질 이상에 해당하는 것이다.

결국 위의 ISDN 전화기의 송화, 수화 음량정격의 범위에서는 혼합망의 단 대 단 종합 음량정격은 12.5dB이며, 국제 통화시 국내의 ISDN 전화기 가입자로 부터 국제관문국(VICP)까지의 송화 음량정격은 6~8dB, 수화 음량정격은 1~4dB이다.

참고문헌

1. Hiroaki Nomura, Hiroshi Oikawa, Masakazu Nishino, "Transmission performance design for digital telephone sets which eliminates talker

echo problems in mixed digital-analogue networks," The Transactions of the IECE of the JAPAN. VOL. E 69, No. 12, 1986.

2. 김성한, 강성훈, 장대영, 강경욱, "디지털 전화기의 CODEC 입력 레벨이 통화품질에 미치는 영향," 한국통신학회, 하계종합학술발표회 논문집, pp.171-173, 1992. 7
3. ITU-T Recommendation G. 101, "The transmission plan," 1993.
4. ITU-T Recommendation G.122, "Influcnce of national systems on stability, talker echo and listener echo in international connections," 1988.
5. ITU-T Recommendation G.111, "Loudness ratings(LRs) in an international connection," 1993.
6. ITU-T Recommendation G.121, "Loudness ratings(LRs) of national systems," 1993.
7. ITU-T Recommendation G.114, "One-way transmission time," 1993.
8. 권윤주, 강성훈, "송화자 에코가 통화품질에 미치는 영향," 한국음향학회 학술발표회 논문집, Vol. 10, pp.95-98, 1991. 11.
9. ITU-T SG 12, COM 12-28, "Talker echo on all

digital connections including ISDN," Geneva, 1990.

10. 강경욱, 강성훈, 장대영, "ISDN 전화기의 단말결합손실 기준," 한국통신학회 논문지 제19권 제10호, pp.1965-1972, 1994.
11. Jinwoo Hong, Kyeongok Kang, Seonghoon Kang, "Design of desirable loudness ratings for ISDN telephone," Proc. of WESTPRAC V, Seoul, pp.1070-1072, August 23-25, 1994.
12. ITU-T Recommendation P.66, "Methods for evaluating the transmission performance of digital telephone sets," 1993.
13. 권윤주, 장대영, 강경욱, 강성훈, "테스트에 의한 전화 음성품질 평가," 한국음향학회지 제11권 1호, pp.14-21, 1992. 2.
14. ITU-T Recommendation G. 131, "Stability and echo," 1988.
15. ITU-T Supplement No. 2(to G series Recommendation), "Talker echo on international connections," 1988.
16. 전기통신망의 품질기준 및 해설, 한국통신, 1992. 12.
17. 정보통신년감, 전자신문사, 1993.
18. 통화권 구조의 합리적 개선방안에 관한 연구, 통신개발연구원, 1990. 12.

姜 京 玉(Kyeongok Kang)

정희원

姜 成 勳(Seonghoon Kang)

정희원

1962년 11월 17일생

1956년 6월 15일생

1985년 2월 : 부산대학교 물리학과 졸업(이학사)
 1988년 2월 : 부산대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사)
 1991년 2월~현재 : 한국전자통신연구소 음향통신연구실
 ※주관심 분야 : 음향정보처리, 전기음향, 통화품질

1981년 2월 : 광운대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1983년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1987년 3월 : 고베대학 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1988년 2월~현재 : 한국전자통신연구소 음향통신연구실
 ※주관심 분야 : 음향정보처리, 전기음향