

## ISDN 전화기의 음량정격 설계

홍 진우, 김 정환, 강 성훈

한국전자통신연구소

## Design of Loudness Rating for ISDN Telephone

Jinwoo Hong, Jeongwhan Kim, and Seonghoon Kang

ETRI

## 요약

End-to-end 디지털화를 실현하는 종합정보통신망 (ISDN)의 도입으로 음성통신 서비스의 통화품질에 대한 열화요인 및 영향이 기존의 망이나 단말기와는 다른 특성을 갖게 된다. 이러한 변화는 종합정보통신망이나 ISDN 전화기의 전송품질 기준을 새롭게 규정하여야 할 필요성을 도출시킨다. 본 논문에서는 ISDN 전화기의 전송품질 기준을 규정하기 위한 품질평가의 특성들을 기술하고, 이 특성들을 평가하기 위한 음량정격 기준의 설계에 대해서 기술하였다.

## I. 서론

종합정보통신망 (ISDN : Integrated Services Digital Network)의 도입으로 음성통신 서비스의 기능 및 구성이 새롭게 변화되고 있다. 즉, 가입자로 부터 디지털 음성정보를 전송하는 ISDN 전화기가 생겨났으며, 송화자의 입으로 부터 수화자의 귀까지의 전송 특성에 의하여 만들어지는 전송품질도 달라지게 되었다.

이러한 변화는 종합정보통신망의 통화품질과 ISDN 전화기의 전송능력 기준이 기존의 망이나 전화기와는 다르게 규정되어야 한다는 것을 의미한다. 특히, ISDN 전화기에 의한 음성통화로계가 구성되면서 가입자선의 전송손실이 디지털 전송에 의해 무시되는 특징과 망에서 수행되었던 A/D 및 D/A 변환이 전화 단말기에서 수행되는 특징때문에 ISDN 전화기의 전송특성을 충분히 고려할 필요성이 있다.

ISDN 음성통신 서비스의 통화품질을 규정하는 전체 음량정격 (OLR : Overall Loudness Ratings)은 전송손실이 0dB이므로 ISDN 전화기의 음량정격 (송화 음량정격과 수화 음량정격)에만 좌우된다. 이것은 ISDN 전화기의 품질 열화요인을 고려하여 적절히 설계하지 않으면, ISDN 전화기의 우수한 성능에도 불구하고 가입자들에게 만족할만한 서비스를 제공하지 못한다는 것을 의미한다. 그러므로, ISDN 전화기의 음량정격을 적절하게 제어한다면 ISDN의 통화품질은 기존 음성통신망의 통화품질보다 더 좋은 품질을 얻을 수 있다.

기존의 아날로그 전화기는 1984년부터 CCITT에서 권고한 음량정격으로서 그 품질을 평가하고 있는데, ISDN 전화기도 아날로그 전화기의 품질이상을 만족하도록 적절히 음량정격을 설정해

야 된다. 본 논문에서는 새로운 음성품질 열화요인을 고려하여 ISDN 전화기의 합리적인 음량정격 (송화 음량정격, 수화 음량정격, 측음 마스킹 정격 등)의 설계에 대해 기술한다.

## II. 음량정격에 대한 오피니언 평가

## 2.1 개요

전기통신을 이용한 음성통신 서비스의 통화품질은 송화계에 의한 송화품질, 전송계에 의한 전송품질, 그리고 수화계에 의한 수화품질의 합수로서 구성된다. 이중 송화품질과 수화품질은 사용자의 특성에 종속되고, 정량화시키기 어렵기 때문에 일단 기준화하여 두고, 전송품질의 특성을 규정함으로써 음성통신 서비스의 통화품질을 설계한다. 음성통신 서비스의 통화품질은 통화가 가능한 호 접속상태에서 음량의 성능을 평가하는 것으로서 이를 수치적으로 정량화시키기 위해 데시벨 (dB)로 표시되는 음량정격 (LR : Loudness Rating)을 사용한다.

음량정격은 송화자의 입과 수화자의 귀까지 음성의 전달경로를 형성한 전화회선 사이에 발생하는 송화자의 발성음성 레벨과 수화기 출력단의 음량손실차를 의미한다. 음량손실이 너무 크면 청취노력이 필요하고, 이해도와 만족도가 감소한다. 음량손실이 너무 적으면 수화음성이 너무 커서 불편감을 유발한다. 따라서, 적절한 송화측의 음량손실과 수화측의 음량손실이 요구되는데 이를 송화 음량정격 (SLR : Sending Loudness Rating)과 수화 음량정격 (RLR : Receiving Loudness Rating)의 특성으로 규정하고 있다.

또한, 송화자의 입과 수화자의 귀까지 전달되는 음성특성중의 하나로 측음을 고려하여야 한다. 측음은 자유공간에서의 통화특성을 전화통화에 적용한 것으로서 전화기의 송화기에 입력된 음성이나 실내소음이 전화기의 전기적 회로를 통하여 수화기에서 재생되는 현상을 말한다. 측음도 너무 크게 되면 송화자의 귀에 자신의 목소리가 크게 들리기 때문에 불편감을 주게 되고, 너무 작으면 무향실에서 대화하는 것처럼 부자연스러운 통화의 느낌을 주게 된다. 따라서, 통화품질의 향상을 위해서는 측음의 음량정격도 적절히 제어될 필요성이 있다. 측음의 크기는 자연측음은 그대로 인정하고, 전화기 측음만을 고려한 측음 마스킹 정격 (STMR : Sidetone Masking Rating)의 특성으로 규정하고 있다.

본 논문에서는 ISDN 전화기의 송화/수화 음량정격을 설계하기 위하여 코덱 입력레벨에 따른 품질평가 실험 및 전체 음량정격

## ISDN 전화기의 음량정격 설계

(OLR)에 대한 오피니언 평가 실험을, 측음 마스크 장격을 설계하기 위하여 측음정격에 대한 오피니언 평가 실험을 수행하였다.

### 2.2 전체 음량정격의 오피니언 평가

본 논문에서는 전체 음량정격의 적합한 범위를 찾기 위하여 전체 음량정격과 MOS와의 상관관계를 구하는 실험을 수행하였다. 그림 1에 오피니언 실험 결과를 나타낸다[1]. 실험결과에서 음량정격 0 ~ 12dB일 때 MOS 3.5 이상의 좋은 회선으로 평가되었으며, 최적의 MOS 값은 약 8dB임을 알 수 있다.

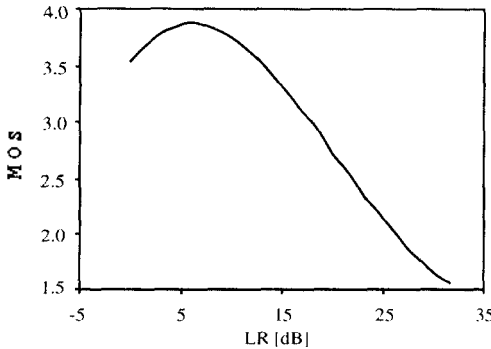


그림 1. 음량정격과 MOS의 관계 (회화 오피니언 테스트)

오피니언 평가척도에 따른 사용자의 응답특성을 백분율에서 피험자의 50% 이상이 "보통이다" 이상으로 판단한 MOS는 2.7이고, 피험자의 90% 이상이 "보통이다" 이상으로, 또는 50% 이상이 "좋다" 이상으로 판단한 MOS는 3.5이다. 따라서, 피험자의 50% 이상이 "보통이다" 이상으로 판단한 품질, 즉 MOS 2.7에 해당하는 수준을 현재의 아날로그 전화망에서 실현해야 할 한계품질 (통화가능한 최저품질)로 규정하면 전체 음량정격의 한계품질은 약 20dB가 된다.

반면, 쾌적 통화품질을 추구하는 ISDN에서의 전체 음량정격은 MOS가 최대가 되는 8dB로 설정하면 된다. 그러나, 전체 음량정격은 단말에 의해 좌우되고, 제작사의 허용오차 (전후 2dB 정도)를 고려하여야 하기 때문에 MOS가 거의 변화하지 않은 레벨인 6~10dB로 설정할 수 있다.

### 2.3 코덱의 최적 입력레벨에 관한 오피니언 평가

ISDN 전화기의 송화 음량정격(SLR)은 코덱의 입력레벨을 초과하지 않고, 아날로그 전화기와 함께 사용할 때도 기존의 품질이상이 실현될 수 있도록 설정하는 것이 바람직하며, RLR은 잡음이 최소화되도록 설정되어야 한다.

코덱 입력레벨이 적절하지 않아 생기는 현상으로는 두가지의 경우로 나누어 생각할 수 있다. 한가지는 입력레벨이 너무 낮으면 수화단에서의 증폭이 필요하게 되는데, 이 때 양자와 잡음까지도 증폭되므로 잡음이 증가하게 되고, 다른 한가지는 입력레벨이 너무 높은 경우에 입력신호의 레벨이 코덱 입력레벨을 초과하게 되어, 신호의 진폭이 제한되어 생기는 과부하 왜곡이다.

본 논문에서는 ISDN 전화기의 코덱 입력레벨을 변화시키면서 음성품질을 평가하기 위해 각 입력레벨에서의 신호를 ISDN 전화기의 수화단을 통하여 청취하면서 그 품질을 평가하도록 하는 청취 오피니언 실험을 실시하였다. 실험에서 코덱 입력레벨은 7

개의 레벨을 사용하였고, 청취레벨은 실험결과에 영향을 미치지 않도록 신호 음량레벨을 전후로 하여 세가지 조건을 설정하여 각 입력레벨에서 감도록 하였다. 실험 블록도는 그림2와 같다.

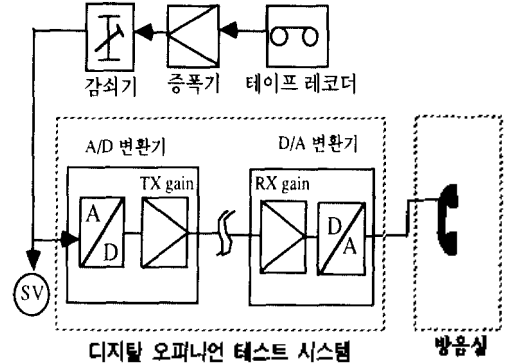


그림 2. CODEC 입력레벨 실험장치의 블록도

코덱 입력레벨과 MOS 함수로 표현된 실험결과를 그림 3과 같이 약 -12 ~ -18 dB에서 MOS가 4점 이상으로 높게 나타났으며, 약 -15 dB에서 최대의 MOS를 보였다. -15 dB의 코덱 입력레벨은 Peak Factor 12 dB를 고려하여도, 3 dB의 여유가 있으므로 합당한 입력레벨이라고 생각된다. 결론적으로 코덱 입력레벨은 과부하 왜곡을 방지하기 위해 -12dB보다는 적어야 하지만 적당한 청취레벨을 유지하면서 양자와 잡음에 의한 열화를 방지하기 위해서는 너무 낮게 하여서도 안된다.

한편, 청취레벨에 따른 MOS 값은 70 dB SPL이 가장 좋게 평가되었는데 이것은 같은 S/N비에서도 청취레벨에 따라 잡음의 영향이 다르다는 것을 나타낸다.

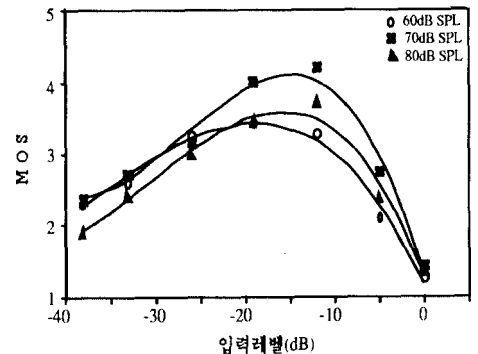


그림 3. 코덱 입력레벨과 MOS와의 관계

### 2.4 측음 정격의 오피니언 평가

본 논문에서 수행한 STMR의 오피니언 평가 실험장치는 그림 4와 같고, STMR에 미치는 SLR과 RLR의 영향을 통계하기 위해 SLR을 7dB, RLR을 1dB로 각각 고정시켰다. 이 조건은 송화/수화 음량정격의 평가로 설정된 값이다.

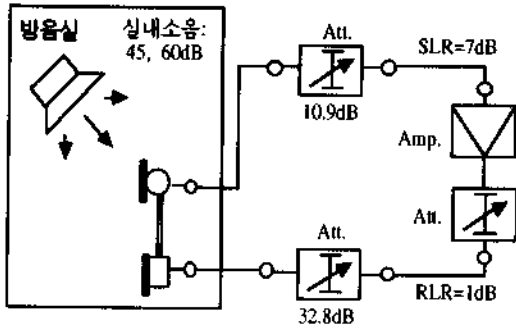


그림 4. 속음 마스크링 정격에 대한 오피니언 실험 블록도

피험자는 남녀 대학생 30명이었으며, STMR 가변수준은 0dB, 5dB, 10dB, 15dB, 20dB, 25dB의 6단계 수준으로, 실내소음은 45dB(A)와 60dB(A)의 Hoth noise(-5dB/oct)로 설정하였다. 따라서, 한 피험자당 6X2=12조건씩 3번 반복측정하고, 6번의 dummy 조건을 첫 session에 삽입하여, 전체 42번의 시행을 6조건씩 7개의 session으로 나누어 실시하였다. dummy 조건을 제외한 36조건을 피험자마다 무선적으로 제시하였다.

STMR과 통화만족도의 MOS와의 관계를 이용한 실험결과는 그림 5와 같다. STMR 12dB일 때, MOS가 최대치를 보이고 있으며, STMR 5~18dB의 범위에서 MOS가 3 이상을 보여 좋은 회선 조건으로 평가되었다. 한편, 실내소음 45dB와 60dB 조건간의 MOS는 유의미한 차이를 보이지 않았다.

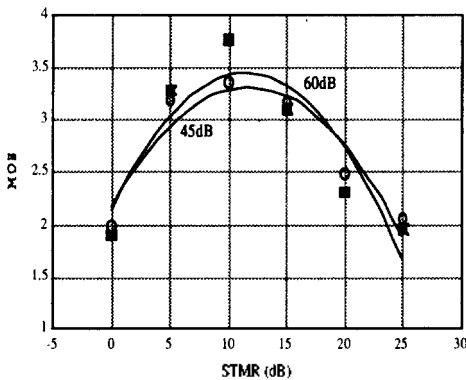


그림 5. STMR과 MOS의 관계

### III. ISDN 전화기의 음량정격 설계

#### 3.1 송화 음량정격의 설계

최적의 코덱 입력레벨을 설정하기 위한 오피니언 평가 실험에서 코덱 입력레벨은 -12dB이하를 유지하여야 하며, 적절한 범위는 -12dB ~ -18dB 이라는 결과를 얻었으며, 이 결과도 부터 송화 음량정격을 어떻게 설정하여야 하는지를 생각해 본다. 우선 전화기 사용시 일반 가입자들의 입기준점에서 발생레벨의 장시간평

1993년도 한국음향학회 학술논문발표회 논문집(제 12권 1(a)호) 글을 측정한 결과, 약 65 ~ 87 dB SPL까지 분포하고 있고, 약 98%의 사람들이 85 dB SPL 이하에 분포하고 있기 때문에 실험에 사용한 음성시료의 발생레벨을 입기준점에 해당하는 지점에서 85 dB SPL이 되도록 조정하였고, 송화기에 입력할 때는 코덱 입력부분에서의 음성레벨을 -5 dBV(정현파 과부하 레벨로는 -12 dB)가 되도록 입력단 증폭기의 이득을 조정하였다.

이러한 상태에서의 송화단의 감도 주파수 특성은 그림 6과 같으며, 이 특성에 의한 송화 음량정격은 CCITT 권고 P.79의 계산 방법에 의해 정해진다. 계산결과 송화 음량정격은 약 6dB이고, 이 값은 코덱의 과부하가 발생되지 않는 한계점이기 때문에 ISDN 전화기의 송화 음량정격은 6dB 값보다 커야 한다 것을 의미한다. 또한, 허용오차 (2dB)를 고려하면 6 ~ 8dB가 된다.

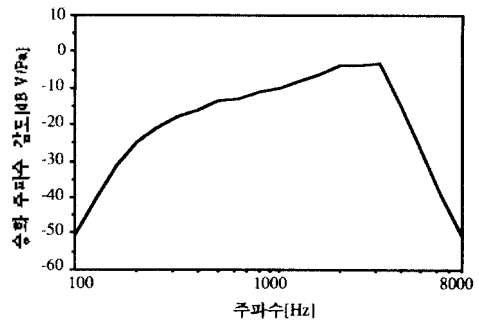


그림 6. 실험에 사용한 ISDN 전화기의 송화 감도

#### 3.2 송화 음량정격의 설계

전체 음량정격 (OLR)과 오피니언과의 상관 실험으로 부터 ISDN 음성통화 서비스의 가장 좋은 통화품질의 OLR은 8dB 가 됨을 확인하였다. 따라서, 전체 음량정격의 정의식

$$OLR = SLR + CLR + RLR$$

로부터 최적 SLR은 7dB, CLR은 0dB 이기 때문에 최적 송화 음량정격(RLR)은 1dB가 된다. 그러나, 허용오차를 고려하면 송화 음량정격은 0 ~ 2dB가 된다.

#### 3.3 속음 음량정격의 설계

속음정격의 오피니언 평가 결과 STMR에 따른 속음크기의 MOS 분포는 그림 7과 같다. 50%의 피험자가 '속음이 매우 작다' 또는 '작다' 라고 응답한 STMR 수준을 상용전화에서 허용가능한 STMR 상한선으로, 50%의 피험자가 '속음이 매우 크다' 또는 '크다' 라고 응답한 STMR 수준을 하한선으로 보면, STMR 6dB 이상에서는 속음이 커서 불쾌하다고 지각하고, 17.5dB 이하에서는 속음이 작아서 부자연스럽다고 지각한다. 따라서, STMR 허용범위는 6~17.5dB로 나타났다. 따라서, 최대의 MOS에 해당하는 STMR 12dB를 속음 마스크링 정격의 규정치로 정하고, 이 값의 전후 4dB 범위를 시스템 제작시의 허용오차로 규정하여도 문제가 없다.

ISDN 전화기의 음량정격 설계

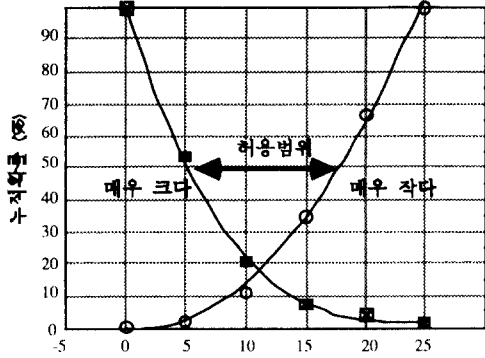


그림 7. STMR의 허용범위

IV. 결론

본 논문에서는 ISDN 전화기의 송화/수화 음량정격을 최적의 CODEC 입력레벨과 전체 음량정격을 기본으로 하여 설정하였으며, 이를 위해 CODEC 입력레벨과 오피니언과의 상관을 도출하였다.

실험결과로부터 최적 코덱 입력레벨 -15dB에 대해 계산한 송화 음량정격은 약 6dB이다. 따라서, 그림 8과 같이, OLR 6-10dB에 대응되는 SLR은 6-8dB이고, RLR은 0-2dB이다. 한편, 측음 마스킹 정격은 MOS가 최대가 되는 12dB를 기준으로 제조허용오차 +/-4dB를 고려한 8-16dB가 허용범위이다. 이 값들은 CCITT 권고를 만족하며, 이러한 결과들은 ISDN 전화기의 기준치로서 활용될 수 있다.

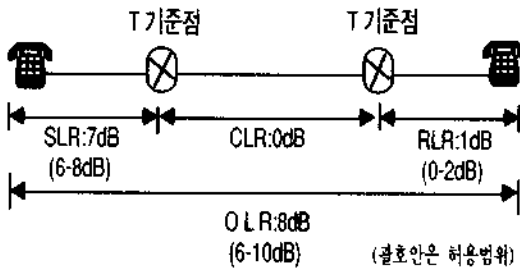


그림 8. ISDN의 음량정격 구성

참고문헌

- [1] 음성통신계의 전송기준 연구. 한국전자통신연구소 보고서 (1991).
- [2] H. Nomura, H. Oikawa, and M. Nishizu, "Transmission Performance Design for Digital Telephone Sets Which Eliminates Talker Echo Problems in Mixed Digital-Analogue Networks." The Trans. of the

IECE of the Japan, Vol. E.69, No. 12, 1986.

- [3] CCITT Recommendation, "Methods for Evaluating the Transmission Performance of Digital Telephone Sets." Vol. V, Rec. P.76, Geneva, 1988.
- [4] CCITT Recommendation, "Loudness Ratings (LRs) in an International Connection." Vol. III, Rec.G. 111, ITU, Geneva, 1989.
- [5] 홍 진우외, "ISDN 사용자-망 접속 규격(안) : 계층1", 한국전자통신연구소, TM-313, 1989.
- [6] J. Gruber and G. Williams, Transmission Performance of Evolving Telecommunications Networks, Artech House, INC, 1992.
- [7] CCITT Recommendation, "Calculation of Loudness Rating," Vol. V, Rec.P.79, Geneva, 1988.