

# 통화품질 객관평가 모델링에 관한 연구

正會員 曹 在 喆\* 正會員 朴 淳 永\* 正會員 房 萬 源\*

## A Study on the Objective Evaluation Model of Telephone Transmission Quality

Jae Cheol CHO\*, Soon Young PARK\*, Man Won BANG\* *Regular Members*

**要 約** 본 논문에서는 전화전송계에서 음성품질을 종합하는 만족도를 추정하기 위해 통화품질 객관평가 모델을 제안하였다.

전송계의 열화조건으로 이 모델에서는 전송손실, 잡음, 왜곡, 화자음원 크리고 녹음을 다루고 있다.

음성품질에 영향을 미치는 5가지 심리요인에 대해 각각으로 PI를 도입하고 평균 오피니언 값 MOS를 이들 품질지표치의 합으로 추정하였다.

시뮬레이션 결과 객관평가에 의해 얻어진 MOS는 주관평가에 의한 MOS와 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

**ABSTRACT** In this paper, we propose an objective evaluation model of telephone transmission quality in order to estimate a satisfaction score regarding speech quality in a telephone network. As the degradation factors of telephone transmission quality, this model takes into account transmission loss, noise, distortion, talker echo and sidetone.

A Performance Index(PI) is introduced for five psychological factors affecting telephone speech quality, and a Mean Opinion Score(MOS) is estimated from the sum of all PIs.

The simulation results indicate that the MOS obtained from the objective evaluation model is in good agreement with that of subjective evaluation.

### I. 서 론

전화전송계는 송화계와 수화계 그리고 이들을 연결해주는 전송계로 구성되어 있으며, 이들은 송화품질, 수화품질, 전송품질에 의해 평가되고 이들 통화품질을 일화시키는 품질지배요인은 손실, 잡음 등 여러 요소가 있다.

전화의 통화품질은 명료도시험을 기초로 품질기준이 설정되어 왔으나<sup>1)</sup> 최근 기술의 진보에 의한 통화 품질의 향상과 더불어, 성능이 비교적 좋은 통화가 품질 측정의 대상이 되고 있다.

이러한 요망에 부응해서 새로운 평정법이 통화품질 평가법으로 주목받고 있으며 그중에서도 오피니언 평가법이 CCITT의 제창에 의해<sup>2)</sup> 이

나라에서 시험적으로 사용되고 있다.

오피니언 평가는<sup>3)</sup> 9대상으로 하는 전화전송계에서 송·수화자 상호간에 통화를 하여 그 통화계의 좋고 나쁨을 Excellent(E), Good(G), Fair(F), Poor(P), Bad(B)의 5가지 단계로 나누어 평가를 한 후, 이들 각각에 대해 평가점수(E : 4점, G : 3점, F : 2점, P : 1점, B : 0점)를 할당하여 시험전화계의 오피니언 평가치를 구한다.

오피니언 시험은 통화의 품질을 직접 정량화하는 점에서는 다른 시험법에 비해 뛰어나지만, 시험이 복잡하고 결과에 인적요소가 포함되어 재현성이 떨어지는 단점이 있다.

통화품질의 종합평가는 이와 같은 오피니언 평가를 중심으로 한 주관적 평가에 의해 행해지고 있으나<sup>4)</sup>, 실제의 전화망에는 다수의 서로 독립적인 지배요인이 복합하여 존재하기 때문에 요인의 수준을 수개로 제한해도 일어날 수 있는

\* 木浦大學校 工科學 電子工學科  
Dept. of Electronics Eng. Mokpo University  
論文番號 : 91-49(接受1991. 2. 6)

조합의 수가 상당히 증가해 종합적인 주권실험을 실시한다는 것은 거의 불가능하다.

이러한 배경으로부터 지배 요인의 물리적 파라미터로서 계산에 의해 평가치를 추정하는 통화품질 객관평가 모델의 필요성이 대두하며<sup>10)</sup> 이와 같은 객관모델은 망설계(network design)나 망설기기의 설계에 유용한 자료로 활용된다.

## II. 통화품질 객관 평가 모델

### 1. 모델의 개요

통화 품질 평가에 영향을 주는 심리적인 요인을 다음과 같이 5가지로 구분하였다.<sup>11)</sup>

- 1) 감쇄 / 수확수 왜곡에 의한 음성왜곡
- 2) 음성에서의 선평 라우드니스 손실 또는 과대
- 3) 음성구간과 비음성구간사이의 잡음
- 4) 화자(talker echo)에 의한 일화
- 5) 추음(sidetone)에 의한 일화

위 5가지 요인에 대해서 심리적도상의 일화를 나타내는 품질 지표(Performance Index : PI)를 도입하고 이 품질지표를 가산해서 얻어지는 종합 품질 지표(Overall Performance Index : OPI)를 사용해서 평균 오퍼니언 값을 추정한다.

이러한 객관평가 모델의 블록도상 그림 1에 나타나있다.

← 종합 전기용량 특성계산부 → | ← 청각 파라미터 유도부 → | ← 품질지표 유도부 → | ← 평가 예측부 →

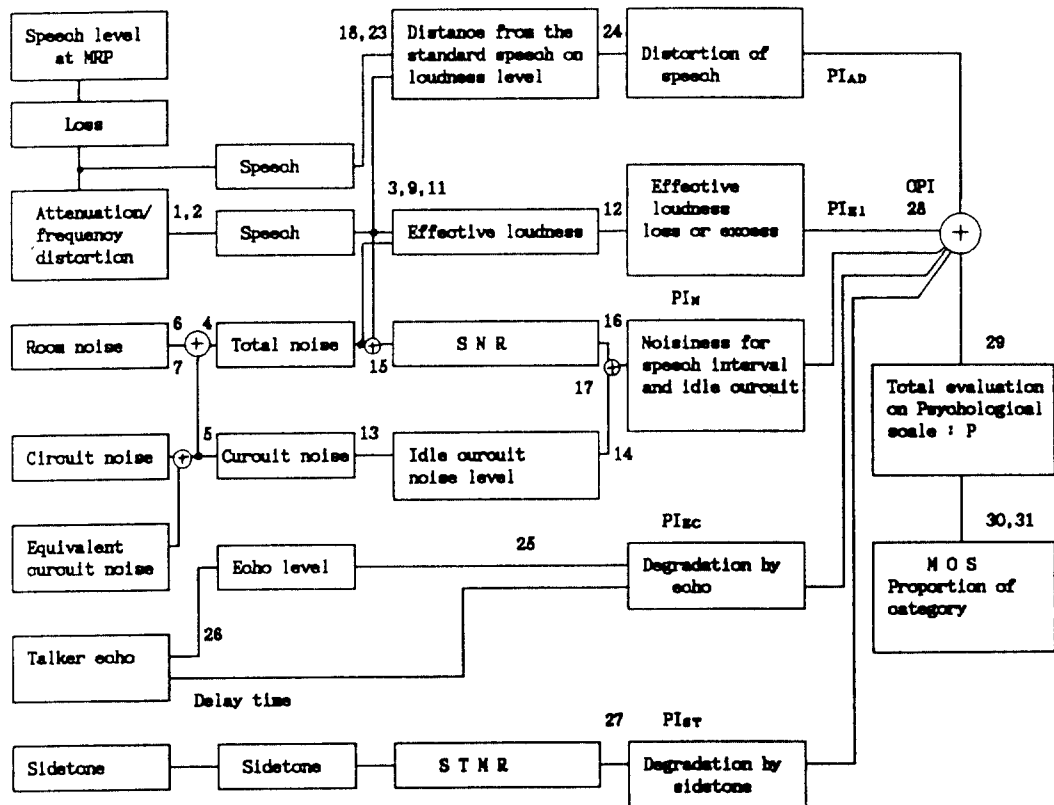


그림 1. 객관평가 모델의 블록구성도

## 2. 모델의 구성

제한한 객관평가 모델은 일반적인 상태에서 전화기를 사용할 때를 가정하여 MRP(Mouth Reference Point)으로부터 ERP(Ear Reference Point)까지의 음향 전송손실-주파수 특성을 구한다.

객관평가 모델은 다음과 같은 4부분으로 구성 되어 있다.

- 1) 종합전기음향 특성계산부
- 2) 청각 파라미터 유도부
- 3) 품질지표 산출부
- 4) 평가예측부

### 2.1 종합전기음향 특성계산부

전화계의 전기음향 특성데이터, 주변소음 및 발생 스펙트럼 데이터로부터 ERP(Ear Reference Point)에서의 음성 및 잡음 스펙트럼 레벨을 산출하면 다음과 같다.

$$S_i = B_{Si} - L_{MEI} + 10 \log_{10} \Delta f_i \quad (1)$$

$$S_{PI} = B_{PI} - L_{MEI} \quad (2)$$

$$X_i = B_{OI} - K_i \quad (3)$$

$$N_i = N_{CQI} (+) N_{RNSI} (+) N_{RNEI} + 10 \log_{10} \Delta f_i \quad (4)$$

$$N_{CQI} = V_{CQI} + S_{JEI} \quad (5)$$

$$N_{RNSTI} = B_{RNI} + L_{RNSTI} \quad (6)$$

$$N_{RNEI} = B_{RNI} + L_{RNEI} \quad (7)$$

$$N'_{CQI} = N_{CQI} + 10 \log \Delta f_i \quad (8)$$

여기에서

(+): power summation operation

$B_{Si}$ : ERP에서의 음성 스펙트럼 밀도(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$\Delta f_i$ : 주파수 대역폭(Hz)

$B_{PI}$ : MRP에서의 음성 피크 스펙트럼 레벨(dB rel 20 $\mu$ pa / Hz)

$X_i$ : ERP에서의 연속음성의 역치(dB rel 20 $\mu$  Pa / Hz)

$B_{OI}$ : 순음 가청한 (dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$K_i$ : 회로대역폭(dB)

$L_{RNEI}$ : 수화자 ERP에서의 누설전송손실(dB)

$L_{MEI}$ : 전체 입-귀 손실(dB)

$S_{JEI}$ : 수화감도(dB rel Pa / V)

$B_{RNI}$ : 실내소음 스펙트럼 밀도(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$L_{RNSTI}$ : MRP에서 ERP까지 측음 전송손실(dB)

$V_{CQI}$ : 등가회로 잡음 레벨(dBV / Hz)

$S_i$ : ERP에서의 음성대역 스펙트럼 레벨(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$S_{PI}$ : 음성 피크 스펙트럼 레벨(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$N_i$ : ERP에서의 종합대역 소음레벨(dB rel 20  $\mu$ Pa / Hz)

$N_{CQI}$ : ERP에서 음성의 대역 스펙트럼 레벨(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$N'_{CQI}$ :  $N_{CQI}$ 의 대역레벨

$N_{RNSTI}$ : 잡음측음레벨(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

$N_{RNEI}$ : 실내소음레벨(dB rel 20 $\mu$ Pa / Hz)

### 2.2 품질 지표 산출부

가.  $PI_{EL}$

라우드니스는 현재 전화망에서 통화품질을 지배하는 요인 중 가장 크게 영향을 미치고 있다.

잡음의 영향을 고려한 ERP에서의 실효 라우드니스  $\lambda_E$ 는

$$\lambda_E = C \sum_{i=1}^M 10 \{ -m_i L_{MEI} - b_{ni} \}_{10} \cdot G_i \cdot \Delta f_i \quad (9)$$

$$b_{ni} = 44.38 \exp(-0.0869e_n) \quad (10)$$

$$e_n = [S_{PI} - \{X_i (+) (N_i - 10 \log_{10} \Delta f_i)\}]_{\max} \quad (11)$$

$PI_{EL}$ 은 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$PI_{EL} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1} \{10 \log_{10} \frac{\lambda_E}{\lambda_0}\}^2 + C_2 - \sqrt{C_2}} \quad (12)$$

여기에서

$G_i$ : 무손실선로에서 1번째 주파수 대역에서 라우드니스 비

$\Delta f_i$ : 1번째 주파수 대역폭(Hz)

$m$ : 귀의 멱지수(=0.175)

M : 대역분할수 (=19)

$\lambda_0$  : ERP에서 최적 라우드니스

C : 상수

$L_{MEI}$  : MRP에서 ERP까지 전송순실-주파수특성 (Hz)

$PI_{EL}$  : 라우드니스에 대한 품질지표

$\lambda_E$  : ERP에서 실효 라우드니스

$b_n$  : 잡음이 있을 때 증가 라우드니스 수직(dB)

$e_n$  : 음성의 최대 감각 피크 레벨(dB)

나.  $PI_N$

잡음은 음성 라우드니스에 영향을 주는 외에 무통화시에도 심리적 연화를 생기게 한다고 알려져 있다.

잡음에 관한 품질지표는  $PI_N$ 을 무통화시의 회로잡음  $PI_N$ 과 통화시의 회로잡음  $PI_{SN}$ 을 같이 고려하여 다음과 같이 나타낸다.

$$N_i' = \begin{cases} N_{cqi}' \cdot N_{th}, & \text{When } N_{cqi}' \geq N_{th} \\ 0, & \text{when } N_{cqi}' < N_{th} \end{cases} \quad (13)$$

$$PI_{IN} = C_3 \sum_{i=1}^M \{10^{A_i/10} \{10^{nN_i' / 10} - 1\}\} \quad (14)$$

여기에서

$A_i$  : i번째 주파수에서 A특성에 대한 가중치 (dB)

$N_{th}$  : 잡음 역치(dB rel 20  $\mu$ Pa / Hz)

n : 지수

$PI_{IN}$  : 무통화시의 잡음 품질지표

$N_i'$  : 잡음 역치레벨(dB)

$$SNR = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^M 10^{S_i/10}}{\sum_{i=1}^M 10^{N_i/10}} \right\} \quad (15)$$

$$PI_{SN} = \begin{cases} C_4 (SNR - SNR_{th}) & SNR \leq SNR_{th} \\ 0 & SNR > SNR_{th} \end{cases} \quad (16)$$

$$PI_N = PI_{IN} + PI_{SN} \quad (17)$$

여기에서

$SNR_{th}$  : 신호대 잡음비가 평가에 영향을 미치지 못하는 역치(dB)

$PI_{SN}$  : 음성구간의 잡음 품질지표

$SNR$  : ERP에서 신호대 잡음비(dB)

다.  $PI_{BL}$

대역제한에 의해 야기된 음성의 각 대역에서의 심리적 왜곡잡음 기준음성과 대역제한에 있는 음성과의 라우드니스 레벨상의 거리와 비례한다는 가정하에 이 효과를 모델화한다.

$$D_i = \sqrt{\frac{1}{M_s} \sum_{j=1}^M \Lambda_j^2} \quad (18)$$

$$D_u = \sqrt{\frac{1}{M - M_s} \sum_{j=1}^M \Lambda_j^2} \quad (19)$$

$$\Lambda_i = \begin{cases} \Lambda_{ii} - \Delta_{di}, & \Lambda_{ii} - \Delta_{di} \leq \Delta_{th} \\ \Delta_{th} & \Lambda_i > \Delta_{th} \end{cases} \quad (20)$$

$$\Lambda_{ii} = g_1(S_i + d_i) \quad (21)$$

$$\Delta_{di} = g_1(S_i) \quad (22)$$

$$g_1(X_i) = \begin{cases} a_i + b_i X_i + c_i X_i^2, & a_i + b_i X_i + c_i X_i^2 \geq L_{th} \\ L_{th}, & a_i + b_i X_i + c_i X_i^2 < L_{th} \end{cases} \quad (23)$$

$$PI_{BL} = C_5 D_i + C_6 D_u \quad (24)$$

여기에서

$g_1$  : 라우드니스 레벨 변환 함수

$X_i$  : 임의 대역 음성 레벨(dB rel 20  $\mu$ Pa / Hz)

$a_i, b_i, c_i$  : 파라미터(dB rel 20  $\mu$ Pa / Hz)

$M_s$  : 1 KHz가 포함된 대역수 (=11)

$L_{th}$  : 라우드니스 역치(phon)

$\Delta_{th}$  :  $\Lambda_i$ 의 역치(phon)

$d_i$  : 감쇄 / 주파수 왜곡에 의한 상대손실(dB)

$\Lambda_i$  : 기준음성과 왜곡음성의 차이(phon)

$\Lambda_i$  : 기준음성으로부터 변환한 라우드니스 레벨 (phon)

$\Lambda_d$  : 손실과 대역제한 존재시 음성으로부터 변환한 라우트니스(phon)

$D_u$  : 1KHz 이상의  $\Lambda_1$ 과  $\Lambda_d$ 차이

$D_l$  : 1KHz 이하의  $\Lambda_1$ 과  $\Lambda_d$ 차이

$PI_{AD}$  : 감쇄 / 주파수 왜곡에 의한 품질지표

라. 화자 울림에 의한 품질지표  $PI_{EC}$

$$PI_{EC} = \sqrt{\frac{C_8}{C_7} (-E + E_0)^2 + C_9} + \sqrt{\frac{C_{11}}{C_7} (-E + E_0)} \quad (25)$$

$$E_0 \begin{cases} C_9 \log_{10} D + C_{10}, & \text{when } 0 < D < 60 \\ C_{11} \log_{10} D + C_{12}, & \text{when } D \geq 60 \end{cases} \quad (26)$$

여기에서

$E$  : 화자울림 음량정격(dB)

$D$  : 화자울림 지연시간(ms)

$PI_{EC}$  : 화자울림에 대한 품질지표

$E_0$  : 임계 화자울림 음량정격(dB)

마. 측음에 의한 품질 지표  $PI_{ST}$

전화통화의 경우 송화기로부터의 자신의 음성과 실내소음이 자기 전화기내의 회로를 통하여 수화기에 재생된다.

이 재생된 음성이나 실내소음을 측음이라 한다.

측음이 크면, 송화자의 귀에 자기의 음성이 크게 들려 불쾌감을 주게 되며 또 수화시에는 실내소음에 의한 측음이 상대방의 목소리를 마스크해 수화의 품질이 낮아지게 된다.

$$PI_{ST} = \sqrt{\frac{C_{13}}{C_7} (-S_t + S_{t0})^2 + C_{13}} + \sqrt{\frac{C_{13}}{C_7} (-S_t + S_{t0})} \quad (27)$$

여기에서

$S_{t0}$  : 임계 측음 마스크양(dB)

$S_t$  : 측음 마스크양

$PI_{ST}$  : 측음에 대한 품질지표

2.3 평가 예측부

평가예측부에서는 각 품질지표치의 합으로 MOS를 추정한다.

종합적인 일화를 나타내는 종합품질지표 OPI는 각 요인간의 PI를 합하여 구한다.

$$OPI = PI_{EL} + PI_N + PI_{AD} + PI_{EC} + PI_{ST} \quad (28)$$

$$P = P_0 - OPI \quad (29)$$

$P_0$  : 일화가 없을때의 P

OPI : 종합 품질지표

P : 평균 종합 평가

오피니언 시험에서 "매단히 좋다"로부터 "매단히 나쁘다"까지 5가지 범주에 대해서 각 범주간의 간격이 같다고 가정을 하고 평균 오피니언 값을 다음과 같이 추정한다.

$$MOS = \sum_{k=1}^5 k \cdot P_k \quad (30)$$

$$MOS = 4 - \sum_{k=1}^5 \int_{-\infty}^{(k+0.5) \cdot \sigma} \exp(-t_s^2/2) dt \quad (31)$$

$\sigma$  : P와 OPI의 표준편차

MOS : 평균 오피니언 값

$P_k$  : 전체 범주에 대한 평가범주 k의 비

Ⅲ. 시뮬레이션 및 결과

1. 계수의 추정

객관평가 모델을 구성하여 이 중에서 추정할 필요가 있는 계수는  $C_1$ - $C_{13}$ ,  $\lambda_0/C$ ,  $OLR_0$ ,  $N_t$ ,  $n$ ,  $n$ ,  $SNR_{th}$ ,  $L_{th}$ ,  $\Lambda_{th}$ ,  $S_{t0}$ ,  $P_0$ ,  $\sigma$ 이다.

각 지배요인은 종합전기음향 특성계산부, 품질지표부를 거쳐 특징 파라미터를 산출하며, 요인별 오피니언 평가치로부터  $PI_{EL}$ ,  $PI_N$ ,  $PI_{AD}$ ,  $PI_{EC}$ ,  $PI_{ST}$ 를 산출한다.

이들 각각의 품질지표와 평가예측부의 출력 파라미터를 최소자승법이나 최적구배법을 적용하여 각각의 품질지표 변환계수를 추정한다.

이와 같이 추정한 계수치를 표 1에 나타내었

표 1. 추정할 필요가 있는 계수와 추정치

	Symbol	Value
PI <sub>EL</sub>	C <sub>1</sub>	0.0475
	C <sub>2</sub>	0.010
	λ <sub>0,c</sub>	0.780
	OLR <sub>0</sub>	5.34
PI <sub>IN</sub>	N <sub>tb</sub>	33.0
	n	0.50
	C <sub>3</sub>	0.012
PI <sub>SN</sub>	SNR <sub>tb</sub>	7.5
	C <sub>4</sub>	-0.005
PI <sub>AD</sub>	I <sub>tb</sub>	57.5
	C <sub>5</sub>	0.043
	C <sub>6</sub>	0.043
	Δ <sub>tb</sub>	15.0
PI <sub>EC</sub>	C <sub>7</sub>	13.69
	C <sub>8</sub>	0.01
	C <sub>9</sub>	26.4
	C <sub>10</sub>	2.65
	C <sub>11</sub>	14.00
	C <sub>12</sub>	24.6
PI <sub>ST</sub>	C <sub>13</sub>	0.00856
	S <sub>to</sub>	9.000
MOS	P <sub>o</sub>	3.558
	σ	0.730

2. 모델 추정치의 검증

주관평가에 의한 평균 오퍼니언 값과 제안한 객관평가모델과의 일치성 검증을 하였으며 이를 표2, 표3에 나타내었다.

각각의 그림에서 가로축은 전송손실을 나타내며 세로축은 PI<sub>EL</sub>과 PI<sub>N</sub>의 합 및 평균 오퍼니언 값을 나타낸다.

표2의 추정조건은 전송손실이 -7[dB]-28[dB] 이고 감쇄/주파수 왜곡에 의한 상대손실은 1.2[dB], 화자울림이 30[dB], 지연시간이 60[ms], 측음 마스킹양(STMR)이 7.1[dB]이었다.

표3의 추정조건은 표2와 동일하나 300[Hz]-3400[Hz]까지 주파수 대역제한을 시켜 추정한

결과이다.

그림 2부터 그림 5까지는 추정한 계수값을 사용하여 PI<sub>EL</sub>과 PI<sub>N</sub> 및 평균 오퍼니언 값을 나타내고 있다.

주파수 대역제한을 하지 않은 그림 2와 그림 3에서 가장 좋은 평균 오퍼니언 값을 나타내는 전송손실은 0[dB]임을 알 수 있다. 이때 주파수 대역제한에 의한 품질지표와 잡음에 의한 품질지표의 합이 가장 낮은 값을 나타낸다.

300[KHz] 부터 3400[Hz]까지 주파수 대역제한한 그림 4와 그림 5에서는 전송손실이 -2.5[dB]일때 가장 좋은 평균 오퍼니언 값을 나타내고 있다.

표 2. 추정된 평균 오퍼니언 값

L	PI-EL	PI-N	PI-AD	PI-ST	OPI	MOS
-7.3	0.61	0.02	0.09	0.15	0.87	2.69
-5.0	0.42	0.03	0.09	0.15	0.69	2.71
-2.3	0.20	0.04	0.08	0.15	0.47	3.06
0.0	0.03	0.05	0.08	0.15	0.32	3.20
2.7	0.09	0.07	0.08	0.15	0.39	3.13
7.7	0.52	0.09	0.08	0.15	0.84	2.71
12.7	1.00	0.12	0.08	0.15	1.35	2.21
17.7	1.53	0.14	0.06	0.15	1.88	1.68
22.7	2.12	0.17	0.03	0.15	2.47	1.10
27.7	2.82	0.19	0.03	0.15	3.20	0.48

표 3. 추정된 평균 오퍼니언 값(BPF : 300-340Hz)

L	PI-EL	PI-N	PI-AD	PI-ST	OPI	MOS
-7.3	0.15	0.00	0.07	0.15	0.38	3.15
-2.3	0.11	0.00	0.07	0.15	0.34	3.18
2.7	0.53	0.00	0.07	0.15	0.76	2.79
7.7	0.98	0.00	0.07	0.15	0.21	2.35
12.7	1.47	0.00	0.07	0.15	1.69	1.87
17.7	1.99	0.00	0.05	0.15	2.20	1.37
22.7	2.59	0.03	0.03	0.15	2.50	0.80
27.7	3.29	0.05	0.03	0.15	3.53	0.28

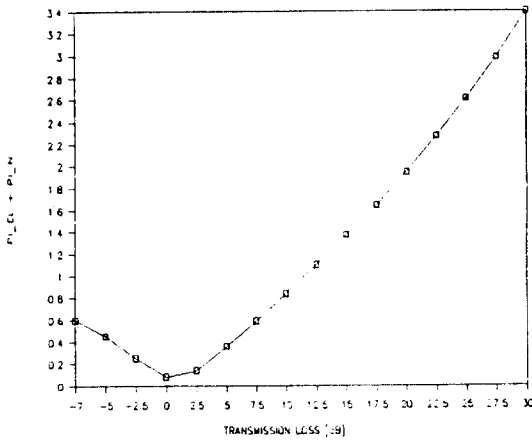


그림 2. 전송손실에 대한 품질지표의 변화

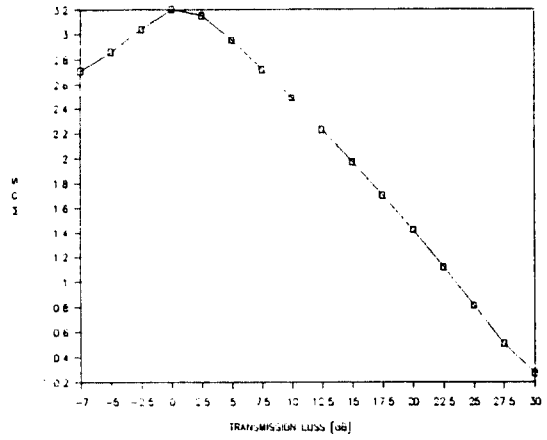


그림 3. 전송손실에 대한 MOS의 변화

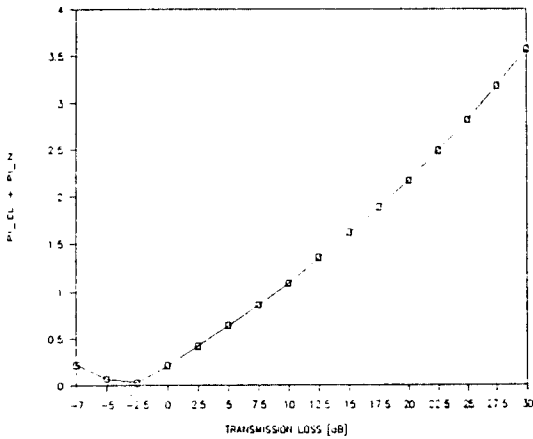


그림 4. 전송손실에 대한 품질지표의 변화(BPF : 300-340(Hz))

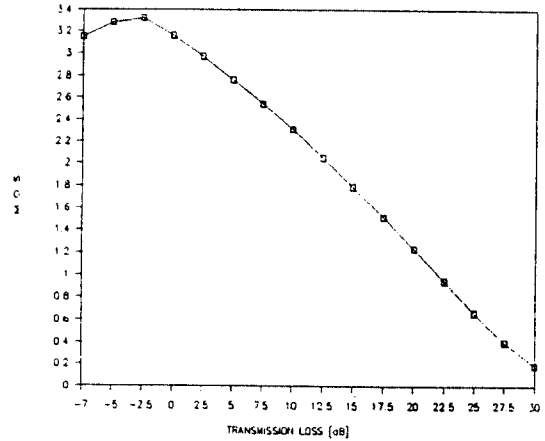


그림 5. 전송손실에 대한 MOS의 변화(BPF : 300-340(Hz))

### 3. 모델의 적용

제한한 객관평가 모델은 현재 또는 가까운 장래의 전화망 품질요인을 취급하고 있다.

이와 같이 객관평가 모델에 상관이 있는 요인과 영역을 표 4에 나타낸다.

## IV. 결 론

본 논문은 통화품질을 방해하는 지배요인인 음량손실, 잡음, 주파수 대역제한, 화자울림, 측음

표 4. 객관평가 모델에서 취급하는 영역

요 인	물리척도	범 위
음량손실	전송손실(dB)	-7-28
회신·잡음	수화단부잡음에서의 레벨(dBm)	-45-∞
대역제한	통과대역(KHz)	0.3-3.4 0.5-2.5
실내소음(dBA)		0-60

을 대상으로 통화품질 객관평가 모델을 구성하고 그 검증결과에 대해 나타내었다.

제안한 객관평가 모델에 의해 추정된 평균 오피니언치를 주관실험에 의한 데이터와 검증을 행한 결과, 주파수 대역제한을 한 경우와 하지 않은 경우 모두 잡음에 의한 품질지표와 대역제한에 의한 품질지표의 힘이 가장 작을때 평균 오피니언 치가 가장 좋음을 확인할 수 있었으며 이는 CCITT BLUE BOOK의 주관평가 결과와 잘 일치하고 있고 이러한 결과는 앞으로 전화망의 설계에 도움이 되리라 생각한다.

앞으로 좀 더 많은 주관실험을 실시하여 객관평가와의 일치성 검증을 행한 후 우리실정에 맞는 통화품질 확립을 위한 노력이 있어야 할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 大脇園子, 大脇義一, "通話品質の心理學的測定法の研究", 研究實用化報告第 16卷, 第4號, 1967, pp. 733-744.
2. CCITT Blue Book VOL. V, Telephone transmission quality.
3. CCITT Contribution COM XII 235, Calculation of OPINE, (NTT), Geneva, 1984.
4. L.Richard, "Calculation of Opinion Scores for Telephone Connections" PROC.IEEE, Vol 121, No 5, MAY, pp. 313-323, 1974.
5. 津田勝, 古賀一徳, "オビニオフェクト等による通話品質の評価," 施設 21-10.
6. 5.장에 있어서 음성품질 주관평가법, 한국전자통신연구소, 1990, 9.
7. CCITT Contribution COM XII 237, Overall Performance Index Model for Network Evaluation, (NTT), Geneva, 1987.
8. OSAKA and KAKIHI, "Objective Model for Evaluating Telephone Transmission Performance", REVIEW of ECL, Vol 31, No 4, 437-441, 1986.



曹 在 喆(Jae Cheol CHO) 正會員  
1964年 9月 18日生  
1986年 2月 : 전남대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)  
1988年 2月 : 전남대학교 대학원 전자공학 석사 졸업(공학석사)  
1989年 4月 - 現在 : 목포대학교 공과대학 전자공학과 조교  
1990年 2月 - 現在 : 전남대학교 대학원 전자공학전공 박사과정중



朴 淳 永(Soon Young PARK) 正會員  
1957年 1月 25日生  
1982年 2月 : 연세대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)  
1984年 2月 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1989年 2月 : State Univ. of New York at buffalo 졸업(공학박사)  
現在 : 목포대학교 공과대학 전자공학과 전임강사  
관심분야 : 음성신호처리



房 萬 源(Man Won BANG)  
1951年 8月 25日生  
1974年 2月 : 명지대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)  
1977年 2月 : 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1987年 2月 : 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
現在 : 목포대학교 공과대학 전자공학과 부교수  
관심분야 : 음성신호처리