

음량정격 측정기의 성능비교

강경옥* 강성훈**

목 차

- I. 서 론
- II. 음량정격 객관측정에
관한 CCITT 권고
- III. 음량정격 측정기간의 비교
- IV. 결 론

<요 약>

통화당량에서 음량정격으로의 국내 전화 전송기준의 이행작업이 마무리 단계에 있는 것과 때를 같이 하여, CCITT의 음량정격 측정과 관련된 권고를 준수한 음량정격 객관 측정기간의 측정 결과치의 비교를 통해 다른 두 측정기에 의한 측정치의 차이가 CCITT에서 권고하는 성능을 만족하는지 측정·분석하였다.

그 결과 측정의 오차를 어느정도 고려할 수 있다면 대체로 CCITT의 다른 측정기들 사이의 측정치의 $\pm 1\text{dB}$ 이내의 차이를 잘 만족하고 있음을 알 수 있었다.

I. 서 론

현재 국내에서는 전화 전송품질의 평가척도로 전화음성의 라우드니스를 기초로 한 통화당량

* 신호처리연구실 연구원

** 신호처리연구실 선임연구원

(Reference Equivalent; RE)이 이용되고 있으나, 이는 주관치와 객관치 사이의 대응성이 좋지 않고 또한 측정치의 재현성 및 가법성이 좋지 않아, CCITT에서 권고하고 있으며 국제적으로 전송품질의 평가척도로 널리 채택되고 있는 음량정격(Loudness Rating; LR)으로의 전화전송계의 통화품질 평가척도의 이행작업이 마무리 단계에 있는 실정이다.

그러나 이러한 음량정격의 평가척도는 인간의 주관판단을 기초로 하기 때문에 측정원과 시험원 사이에 분산이 생길 뿐만 아니라, 훈련된 시험원 이외에 기준계, 송·수화실과 같은 고가의 설비가 필요하고, 또 측정에 많은 시간이 소요되므로 간단히 측정할 수 없는 문제가 있다. 그리고 이와 같이 행하여진 주관측정일지라도 그 결과를 어느 객관적인 물리적 수단으로 대응관계를 확인할 필요성에 의해 인간의 라우드니스 감각을 수치계산이 가능하도록 모델화하고, 순수하게 물리적 수단으로 음량정격을 구하려는 노력이 계속되어 왔으며 그 결과 이를 실현한 것이 음량정격 객관측정기이다.

본고에서는 현재 CCITT의 음량정격 측정과 관련된 일련의 권고들을 준수하는 객관측정기는 수 종류가 있는데, 이들 측정기간의 측정 결과치의 비교를 통해 CCITT 권고를 준수한 측정기간의 측정치의 허용오차에의 부합여부를 알아보고자 하는 것이 그 목적이다.

II. 음량정격 객관측정에 관한 CCITT 권고

1. 전송기준의 변천

두 가입자간의 통신망의 음량손실이 송화자에서

수화자까지의 총 음량손실의 척도로 사용되어 왔고, 이러한 음량손실의 주관적 영향을 예측하여 궁극적으로 직접 통신망의 설계를 위해 사용될 수 있는 척도를 얻는 데 기준이 될 수 있는 전송기준이 지금까지 변천을 거듭해 왔다.^[1]

CCITT에서는 <표 1>과 같이 이러한 전송기준으로 1980년 이전까지는 통화당량을, 1980년에는 통화당량과 수정통화당량(Corrected Reference Equivalent; CRE)을, 1984년에는 수정통화당량과 함께 음량정격을 권고하였다. 그리고 현재에는 음량정격만이 CCITT에 의해 전송기준으로 권고되고 있다.

<표 1> 전송기준의 변천

연도	전송기준	CCITT 권고
-1980	RE	P.72
1980-1984	RE/CRE	P.72/G. 111
1984-1988	CRE/LR	G. 111/P.76, P.78
1988-	LR	P.76, P.78

또한 전송품질을 주관측정으로 구할 경우 많은 시간과 비용을 들여야 하므로, 이러한 전송기준을 물리적으로 측정할 수 있는 장치를 고안하는데 현재까지 노력을 기울여 왔다.

2. CCITT 권고

CCITT에서는 음량정격 측정에 적합한 객관측정기가 갖추어야 하는 기본적인 특징에 관하여

권고하고 있다.⁽²⁾ 즉, 여러가지 방법으로 음량정격 측정기를 구현할 수 있지만, 이 측정기들로 음량정격을 측정할 경우 그 측정값들이 일치한다고 볼 수 있을 정도의 차이만을, 다시 말해서 $\pm 1\text{dB}$ 의 차이만을 보증하기 위해서는 전화기의 전기음향 측정과 관련된 다음의 <표 2>와 같은 일련의 사항들을 권고하고 있다 :

<표 2> 음량정격 측정을 위한 CCITT 관련 권고

CCITT 권고	내 용
P. 48	중간기준계 (Intermediate Reference System)에 대한 기능
P. 51	의사귀 (Artificial Ear)와 의사입 (Artificial Mouth)
P. 64	음량정격 계산을 위한 가입자 전화계 (Local Telephone System)의 감도/주파수 특성
P. 75	탄소 마이크 핸드세트의 표준 컨디셔닝 방법
P. 76	음량정격의 측정;기본원리
P. 79	음량정격의 계산

3. 음량정격 측정기

CCITT 권고 P.65에 의하면 음량정격 측정기는 4개의 전기음향 측정 부분과, 1/3 octave 대역의 중심 주파수에서의 감도/주파수 특성과 음량정격을 계산하는 1개의 측정 및 계산기로 이루어지며 그 구성도는 (그림 1)과 같다.

가. 의사귀 (권고 P. 51)

귀 기준점 (Ear Reference Point;ERP)에서의

음압 P_e 를 측정 및 계산기에서 측정할 수 있도록 측정용 증폭기를 포함하고 있어야 하고, 표준 마이크로폰을 보정(calibration)할 수 있는 음향보정기 등이 필요하다.

나. 의사음성

의사입(권고 P.51), 신호원, 등화기(Equalizer) 및 증폭기(Amplifier)를 포함하며 입 기준점(Mouth Reference Point;MRP)에서의 음압이 -4.7dBPa 이고, 신호원으로서는 사인파 또는 광대역(wide band)신호(권고 P.50의 의사음성 또는 권고 P.64의 Shaped Gaussian Noise)를 사용한다. MRP에서의 음압 또는 스펙트럼의 보정은 앞절의 표준 마이크로폰을 사용하며 LRGP(Loudness Rating Guard-ring Position)에 핸드세트를 장착하기 위한 기계적 장치가 필요하다.

다. 전기중단(권고 p. 64)

중단전압 V_s 를 측정하기 위해 $600\ \Omega$ 평형 중단저항을 포함해야 한다.

라. 전기신호원

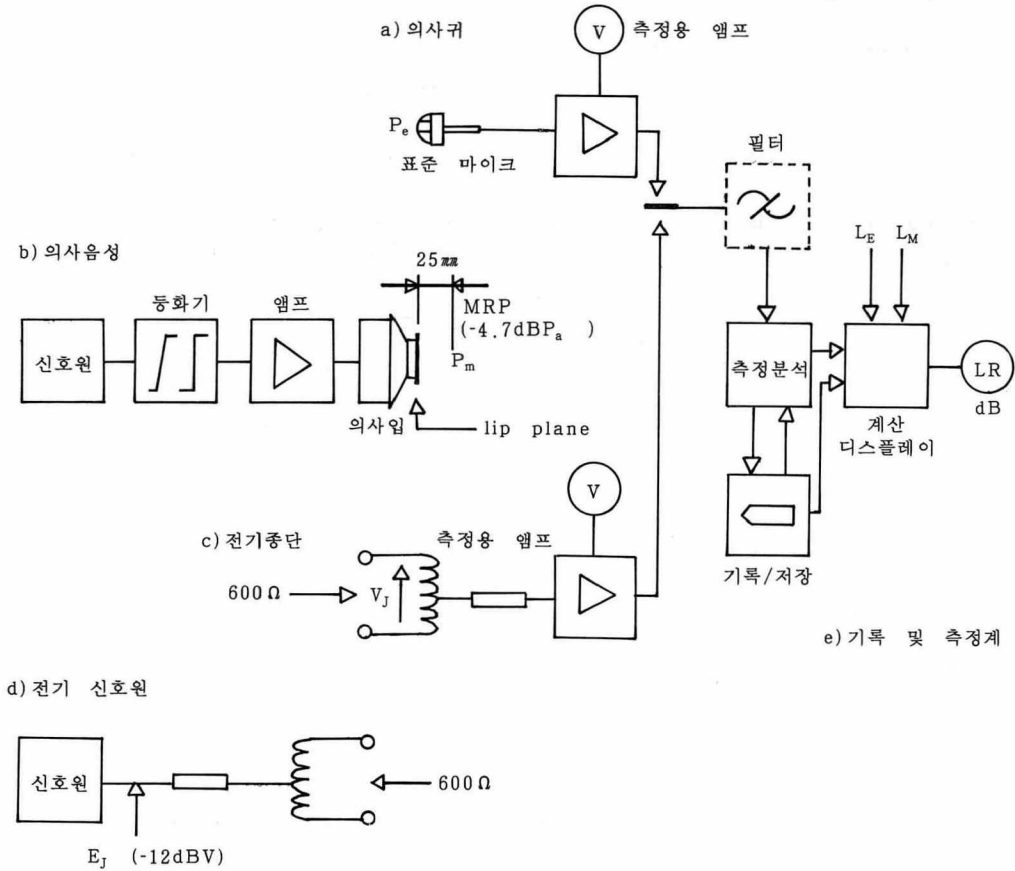
$600\ \Omega$ 평형 저항을 포함하며 신호원은 의사음성의 신호원과 같을 필요는 없으나, 사인파나 광대역 신호를 사용해야 한다. 그리고 발생기 전압 E_s 를 권고 P.64에 따라 $100\sim 8000\text{Hz}$ 사이에서 보정하고 조정할 수 있어야 한다.

마. 기록 및 측정계

P_e 와 V_s 를 측정하기 위해 필요하며 하드웨어나 소프트웨어를 사용할 수 있고, S/N비를 증가시키거나 1/3 옥타브 대역에서 전화기 세트의 출력을

분석하기 위해 필터를 사용하기도 한다. 이 계에는 기록 및 저장 장치를 포함해, 보정과 측정 데이터가 권고 P.64에 따르는 감도 주파수 측정에 사용될

수 있도록 하고, 그 결과 권고 P.79에 따라 감도 주파수 특성에서 음량정격을 계산한다.



(그림 1) 음량정격 측정기의 기본 블럭도

III. 음량정격 측정기간의 비교

1. 측정조건

국내에서 시판되고 있는 18종의 전화기에 대해

의사선로가 없는 경우 (0dB), CCITT의 음량정격 측정기의 권고 규격을 갖춘 AURAL 1000, B & K 9598 System을 사용하여, 송화음량정격 (Sending Loudness Rating; SLR), 수화음량정격 (Receiving Loudness Rating; RLR), 그리고

측음마스킹정격(Sidetone Masking Rating; STMR)을 CCITT의 음량정격에 관한 일련의 권고에 따라 측정하였다. B&K 9598 System은 A社와 B社에서 사용하여 음량정격을 측정하였고, 이 때 Feeding Bridge는 B&K 9598 System의 자체 Feeding Bridge를 이용하여 측정(B&K-INT)한 것과, AURAL의 것과 동일하게 구성하여 측정(B&K-EXT)한 것이 있다. 참고로 <표

3>에 AURAL 1000과 B&K 9598 System의 기능의 비교를 제시한다. SLR은 AURAL 1000을 사용하여 본 연구소에서 측정한 송화음량정격을, ASLR-INT와 ASLR-EXT는 A사에서 각각 B&K-INT와 B&K-EXT를 사용하여 측정한 송화음량정격을, 그리고 BSLR-EXT는 B&K-EXT를 사용하여 B사에서 측정한 송화음량정격을 의미한다.

<표 3> AURAL 1000과 B&K 9598 System의 기능 비교

항 목	AURAL 1000	B&K 9598 System
시스템 구성	전용 시스템	범용 시스템
신 호 원	의사음성 1/3 옥타브 100-8,000Hz	순음 1/3, 1/12 옥타브 100-10,000Hz
Conditioning 장치	자동	수동
테스트 헤드 방음실	있음	없음
디지털 전화기 대응	있음	없음
주관치와 객관치의대응	좋음(NTT, CCITT 평가)	자료가 없음
Seal Check 기능	없음	있음(핸드세트 장착에 의한 에러를 줄일 수 있음)
측정항목	SLR, RLR, STMR SRE, RRE, STRE (CCITT 권고)	SLR, RLR, STMR SRE, RRE, STRE (CCITT, IEEE권고)

2. 측정결과

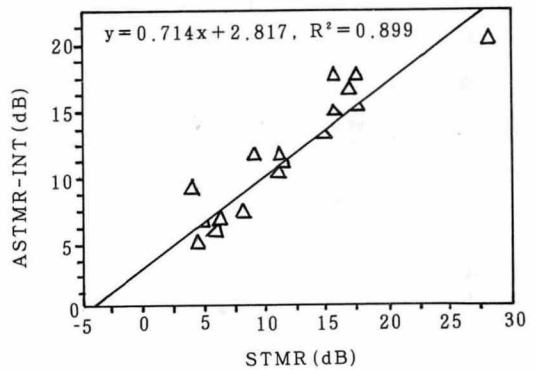
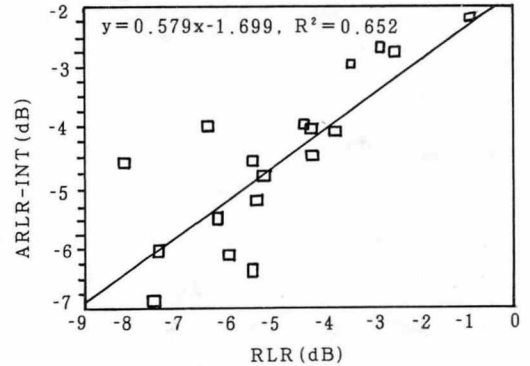
가. AURAL과 B&K-INT(A)에 의한

측정치 비교

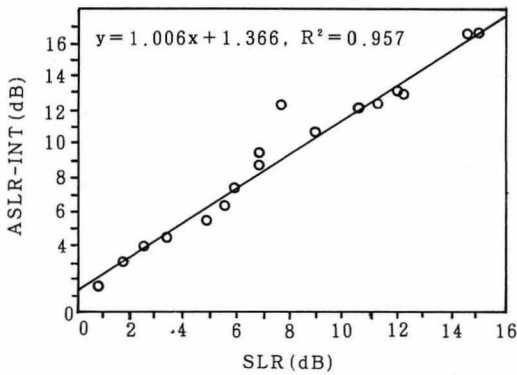
완전히 다른 두 측정기간의 측정치의 차이가 CCITT의 $\pm 1\text{dB}$ 이내를 만족하는가를 검증하기 위하여, AURAL 1000과 A사의 B&K-INT(A)에 의한 측정치를 대상으로 paired t-test를 하면 <표 4>와 같다. 표에서 볼 수 있듯이 AURAL에

의한 SLR과 B&K-INT에 의한 ASLR-INT와의 paired t-test에서 양방적 검증(two-tailed)일 때 유의도 수준 $\alpha=0.0001$ (99.99% 신뢰구간)에서 두 측정값의 차의 평균은 -1.411dB 를 보이고 있다. 즉, 양방적 검증일 때 유의도 수준 $\alpha=0.05$ (95% 신뢰구간)에서 두 측정치의 차의 평균은 -1.411dB 의 차를 보이고 있다고 할 수 있다. 그러나 수화음량정격의 경우 유의도 수준 $\alpha=0.05$ 에서는 -0.356dB 정도의 차를 보이고 있다고

할 수 없다. 다시말하면 $\alpha=0.05$ 일 때는 RLR과 ARLR-INT 사이에는 차가 없다고 할 수 있다. 마찬가지로 측음마스킹정격의 경우, 유의도 수준 $\alpha=0.05$ 에서는 두 측정치 사이에 차가 없다고 할 수 있다. 결국 양방적 검증에서 유의도 수준 $\alpha=0.05$ (95% 신뢰구간) 이면 송화음량정격은 -1.411dB의 차이를 보이고 있지만, 수화음량정격과 측음마스킹정격은 차이가 없다고 할 수 있다. 결국 완전히 다른 두 측정기 AURAL과 B&K-INT (A)의 측정치들은, CCITT의 전화계의 전기음향 측정과 관련된 일련의 권고들을 준수한 측정기들로 음량정격을 측정할 경우 그 측정치들이 ± 1 dB 이내의 차를 보인다고 한 것과, 송화음량정격의 경우를 제외하고는 일치한다고 할 수 있다.



(그림 2) AURAL과 B&K-INT (A)의 측정치의 회귀선

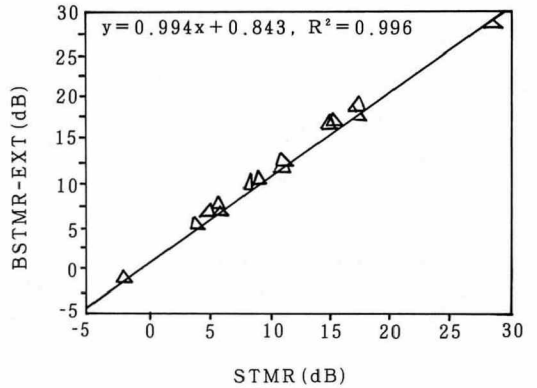
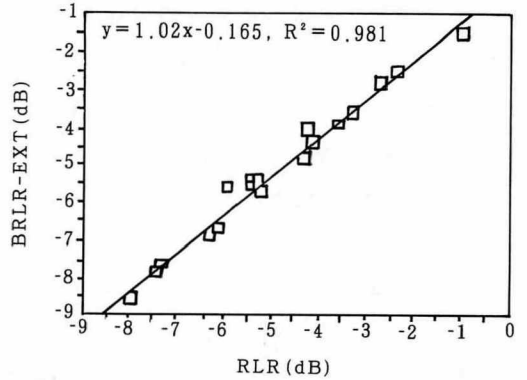
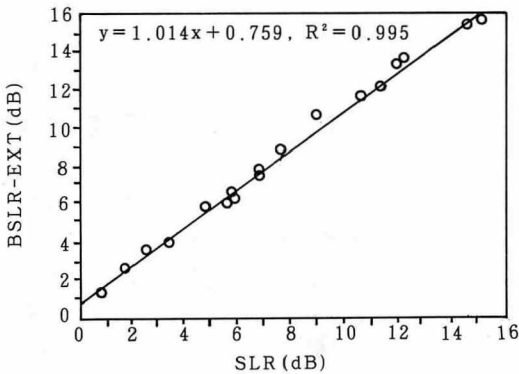


한편 두 측정치 사이의 상관관계를 알아보기 위해 각각의 쌍에 대해 상관계수(R; Correlation Coefficient)와 회귀선(regression line)을 구해보면 <표 4>와 (그림 2)와 같다.

<표 4> AURAL과 B&K-INT (A)의 측정치의 비교

	평균 (dB)	t값	확률	상관계수	R ²
송화음량정격	-1.411	-6.546	0.0001	0.978	0.957
수화음량정격	-0.356	-1.360	0.1917	0.808	0.652
측음마스킹정격	0.517	0.845	0.4099	0.948	0.899

그림에서 가로축은 AURAL에 의한 측정치이고 세로축은 B&K-INT(A)에 의한 측정치이다. 각 그림에 R²의 값을 함께 나타낸다. 이 R²은 세로축 값의 전체 분산중 회귀선에 의해 가로축 값으로부터 예측되는 값의 분산의 비율을 의미한다. 즉 R²이 크면 클수록(R이 클수록) 두 측정치 사이에 상관이 높다고 할 수 있는 것이다. (그림 2)에서, 송화음량정격의 경우, ASLR-INT 실측치와 AURAL의 SLR에 의해 회귀선으로부터 예측되는 값 사이에 차가 거의 없음을 볼 수 있고, 반면에 수화음량정격의 경우에는 이 값들 사이에 어느 정도의 차가 있음을 볼 수 있다.



(그림 3) AURAL과 B&K-EXT(B)의 측정치의 회귀선

<표 5> AURAL과 B&K-EXT(B)의 측정치의 비교

	평균 (dB)	t값	확률	상관계수	R ²
송화음량정격	-0.867	-11.176	0.0001	0.997	0.995
수화음량정격	0.261	4.2	0.0006	0.991	0.981
측음마스킹정격	-0.772	-7.83	0.0001	0.998	0.996

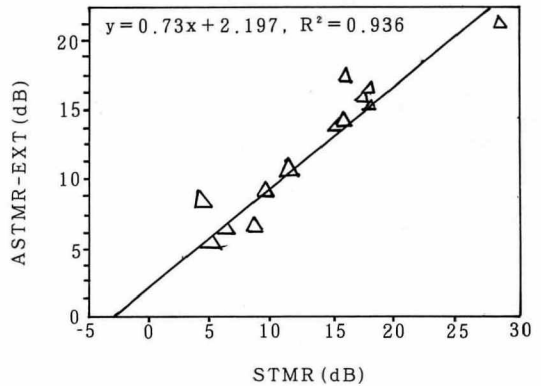
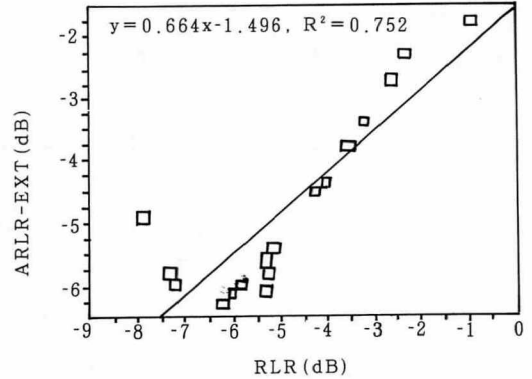
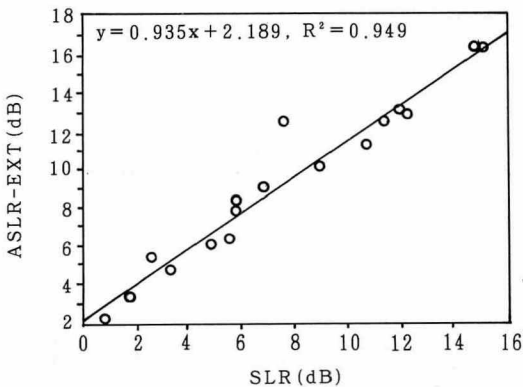
이상에서 살펴본 바와 같이 두 다른 측정기 AURAL과 B&K-INT(A)의 측정치들 사이에는,

송화음량정격의 경우를 제외하고 ±1dB 이내의 차이를 보이고 있다.

나. AURAL과 B&K-EXT (B) 에 의한 측정치 비교

feeding bridge를 동일하게 구성한 두 측정기간의 측정치의 차이를 보기 위하여 앞절에서와 마찬가지로 두 측정기에 의한 측정치들을 대상으로 paired t-test를 하고, 또 상관계수와 회귀선을 구해보면 <표 5>와 (그림 3)과 같다.

송화 및 수화음량정격, 측음마스킹정격의 paired t-test에서 양방적 검증일 때, 측정치의 차의 평균은 각각 $\alpha=0.0001$ 에서 -0.867dB , $\alpha=0.006$ 에서 0.261dB , $\alpha=0.0001$ 에서 -0.772dB 를 보이고 있다. 다시 말하면 양방적 검증일 때 유의도 수준 $\alpha=0.05$ 이면 각각, -0.867dB , $+0.261\text{dB}$, -0.772dB 의 차이를 보이고 있다고 할 수 있다. 즉 feeding brige를 동일하게 구성한 두 측정기의 측정치들은 CCITT의 권고에 의한 $\pm 1\text{dB}$ 이내의 차와 일치함을 알 수 있다. 또 표와 그림에서 알 수 있듯이 B&K-EXT (B) 에 의한 측정치와, AURAL의 측정치에 의해 회귀선으로 부터 예측되는 값 사이에 차가 거의 없음을, 다시말해 두 측정치들 사이에 상당히 높은 상관성이 있음을 알 수 있다.



(그림 4) AURAL과 B&K-EXT (A) 의 측정치의 회귀선

이상에서 살펴본 바와 같이 AURAL과 B&K-EXT (B) 의 동일한 feeding bridge를 가진 두 다른 측정기로 측정된 값 사이에는 $\pm 1\text{dB}$ 이내의 차이를 만족하고 있으며 또한 상관 관계도 매우 높음을 알 수 있다.

다. AURAL과 B&K-EXT (A) 에 의한 측정치 비교

앞절에서와 마찬가지로 feeding brige를 동일하게 구성한 두 다른 측정기간의 차이를 보기 위한 것으로 앞절에서는 B&K-EXT를 사용하여 B사에

서, 본 절에서는 A사에서 측정된 값을 사용하여 그 차이를 보고자 한다. 두 측정기에 의한 측정치들

을 대상으로 한 paired t-test 결과와 상관계수 및 회귀선을 나타낸 것이 <표 6>과 (그림 4)이다.

<표 6> AURAL과 B&K-EXT (A)의 측정치의 비교

	평균 (dB)	t값	확률	상관계수	R ²
송화음량정격	-1.694	-7.353	0.0001	0.974	0.949
수화음량정격	-0.144	-0.648	0.5254	0.867	0.752
측음마스킹정격	0.956	1.760	0.0965	0.967	0.936

양방향 검증일 때 유의도 수준 $\alpha = 0.05$ 이면 송화음량정격인 경우 -1.694dB의 차를 보이고 있지만, 수화음량정격과 측음마스킹정격인 경우 차이가 없다고 할 수 있을 것이다. 이는 CCITT의 권고에 의한 측정기들의 음량정격 측정시 ± 1 dB 이내의 차이를, 송화음량정격을 제외하고는 만족함을 보이고 있다. 또 표와 그림에서 알 수 있듯이 송화음량정격과 측음마스킹정격의 경우 두 측정기의 측정치 사이에 상관의 꽤 높음을 알 수 있고, 반면 수화음량정격의 경우 송화, 측음의 경우에 비해 상관의 다소 떨어짐을 볼 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 AURAL과 B&K-EXT (A)의 두 다른 측정기로 측정된 값들 사이에는 송화음량정격의 경우를 제외하고는 ± 1 dB 이내의

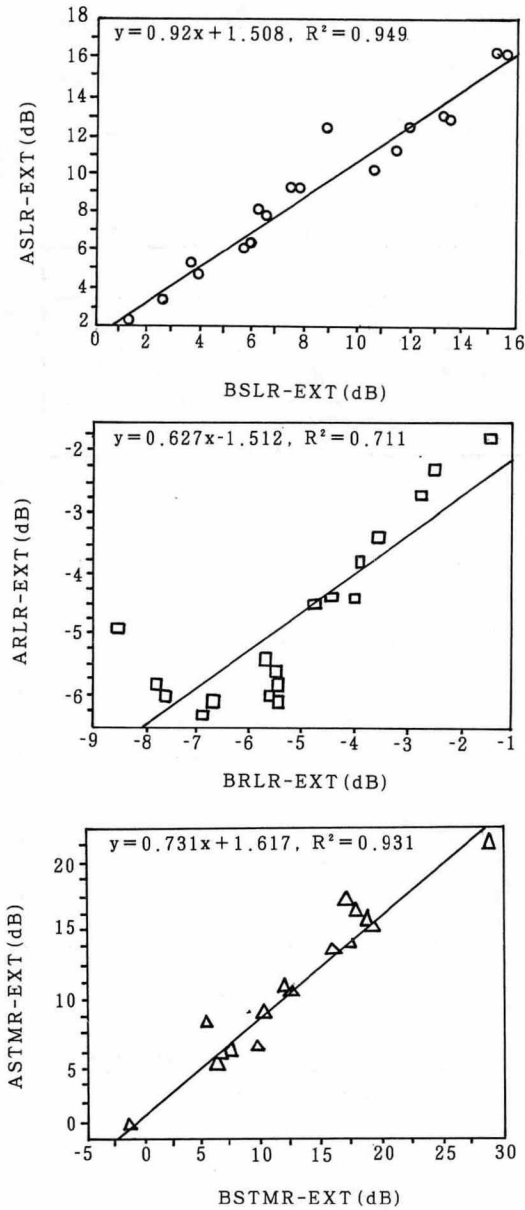
차를 만족하고 있음을 알 수 있다. 그러나 앞결과 비교해 볼 때 측정자를 제외하고는 같은 조건임에도 불구하고 두 결과가 어느정도의 차이를 보이고 있는데, 이는 A사와 B사의 측정기의 차에 기인하는 것이 아니라 측정자에 의한 오차 등 측정에 따른 차에 기인하는 것이라고 생각한다.

라. B&K-EXT (A)와 B&K-EXT (B)에 의한 측정치 비교

동일한 두 측정기의 측정자에 따른 측정치의 차이를 보기 위하여 측정치들을 대상으로한 paired t-test 결과와 상관계수 및 회귀선을 나타낸 것이 <표 7>과 (그림 5)이다.

<표 7> B&K-EXT (A)와 B&K-EXT (B)의 측정치의 비교

	평균 (dB)	t값	확률	상관계수	R ²
송화음량정격	-0.828	-3.525	0.0026	0.974	0.949
수화음량정격	-0.406	-1.644	0.1186	0.843	0.711
측음마스킹정격	1.728	3.164	0.0057	0.965	0.931



(그림 5) B&K-EXT (A)와 B&K-EXT (B)의 측정치의 회귀선

양방향 검증일 때 유의도 수준 $\alpha = 0.05$ 이면 송화음량정격인 경우 -0.828dB , 측음마스킹정격인 경우 1.728dB 의 차를 보이고 있는 반면, 수화음량정

격의 경우에는 차가 없다고 할 수 있을 것이다. 이는 측음마스킹정격의 경우를 제외하고 CCITT의 권고에 의한 측정기들의 측정치의 $\pm 1\text{dB}$ 이내의 차를 만족함을 보이고 있다. 또 AURAL과 B&K-EXT (A) (다) 에서와 마찬가지로 송화음량정격과 측음마스킹정격의 경우 두 측정기의 측정치 사이에 상관관이 꽤 높고, 반면 수화음량정격의 경우 다소 상관관이 떨어짐을 알 수 있다. 이는 AURAL과 B&K-EXT (B), AURAL과 B&K-EXT (A)의 경우의 상관관계를 종합해보면 충분히 예측할 수 있는 결과이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 B&K-EXT (A)와 B&K-EXT (B)의 두 동일한 측정기를 사용하여 각각 A사와 B사에서 측정한 값들 사이에는, 측음마스킹정격의 경우를 제외하고는 측정치의 차이가 $\pm 1\text{dB}$ 이내를 만족하고 있으며, 동일한 측정기임에도 불구하고 완전한 상관관계를 얻지 못한 것은 측정자의 오차에 기인하는 것이라고 생각한다.

마. B&K-EXT (A)와 B&K-INT (A)에 의한 측정치 비교

feeding bridge만이 다른 두 측정기에 의한 측정치들을 대상으로 한 paired t-test 결과와 상관계수 및 회귀선을 <표 8>과 <그림 6>에 나타낸다.

표에서 알 수 있듯이 양방향 검증일 때 유의도 수준 $\alpha = 0.05$ 이면 송화음량정격인 경우 -0.283dB , 측음마스킹정격인 경우 0.439dB 의 차를 보이지만, 수화음량정격의 경우는 차가 없다고 할 수 있을 것이다. 이는 CCITT의 권고에 의한 측정기들의 측정치의 차, $\pm 1\text{dB}$ 이내를 모두 만족함을 보이고 있다. 또 그림에서 볼 수 있듯이 수화음량정격의 경우 상관관이 다소 떨어지나, 송화음량정격이나

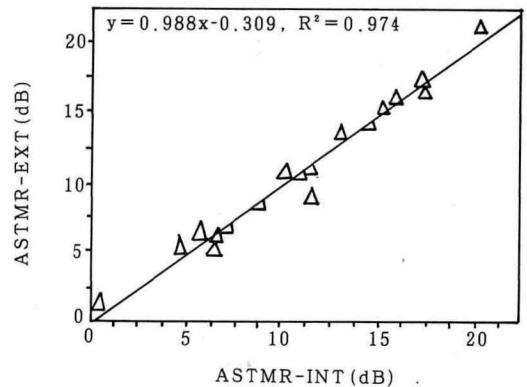
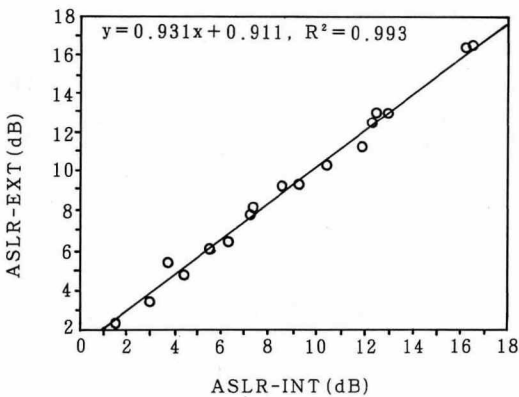
측음마스킹정격의 경우는 매우 상관성이 높음을 보이고 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 feeding bridge의

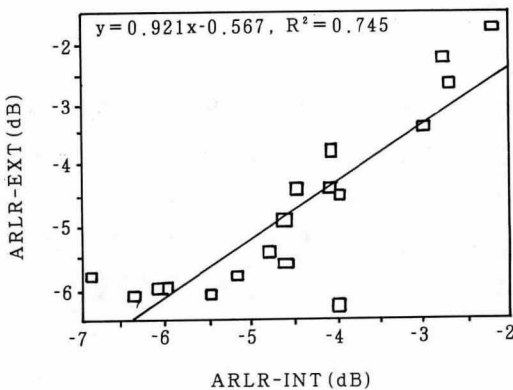
차이만을 고려한 A사의 측정기간의 측정치의 차는 모두 $\pm 1\text{dB}$ 이내를 만족하고 있음을 알 수 있다.

<표 8> B&K-EXT(A)와 B&K-INT(A)의 측정치의 비교

	평균 (dB)	t값	확률	상관계수	R ²
송화음량정격	-0.283	-2.554	0.0205	0.996	0.993
수화음량정격	0.211	1.233	0.2345	0.863	0.745
측음마스킹정격	0.439	2.182	0.0435	0.987	0.974



(그림 6) B&K-EXT(A)와 B&K-INT(A)의 측정치의 회귀선



IV. 결 론

Ⅲ에서 다른 두 음량정격 측정기들간의 측정치들 사이에, CCITT 권고에 따르는 측정기들에 의한 측정치들의 $\pm 1\text{dB}$ 이내의 차를 만족하는가를 검증하기 위하여 paired t-test를 한 결과, 양방적 검증일 때 유의도 수준 $\alpha = 0.05$ 에서

AURAL과 B&K-INT (A)의 비교에서 송화음량정격의 경우(-1.411dB), AURAL과 B&K-EXT (A)의 비교에서 송화음량정격의 경우(-1.694 dB), B&K-EXT (B)와 B&K-EXT (A)의 비교에서 측음마스킹정격의 경우(1.728dB)를 제외하고는 모두 ± 1 dB 이내의 차를 만족하고 있음을 나타내고 있다. 즉 AURAL 1000과, A사에서 B&K 9598 System을 사용하여 측정한 값들 사이에는, B&K 9598 System의 feeding bridge 구성에 상관없이 송화음량정격의 경우 ± 1 dB 이상의 차이를 보이고 있다. 그러나 AURAL 1000과, B사에서 B&K 9598 System을 사용하여 측정한 값들 사이에는 CCITT의 ± 1 dB 이내의 차를 만족하고, 또 A사에서 자체 feeding bridge와 AURAL의 것과 동일하게 구성한 feeding bridge를 사용하여 측정한 값들 사이에도 역시 위의 차를 잘 만족함을 볼 때, 결국 B&K 9598 System을 사용하여 A사와 B사에서 측정한 값 사이에는 어느 정도의 측정자에 기인하는 오차가 내재하고 있다고 할 수 있을 것이다.

그리고 두 측정치들 사이에 상관관계를 알아보기 위하여 상관계수와 회귀선을 구해본 결과, AURAL

과 B&K-INT (A)의 비교에서 $R^2=0.652$, AURAL과 B&K-EXT (A)의 비교에서 $R^2=0.752$, B&K-EXT (B)와 B&K-EXT (A)의 비교에서 $R^2=0.711$, B&K-EXT (A)와 B&K-INT (A)의 비교에서 $R^2=0.745$ 로 모두 수화음량정격의 경우에 상대적으로 다소 상관이 낮으나, 그 외의 경우 모두 상당히 높은 상관관계가 있음을 나타내고 있다.

이상을 종합하면 측정의 오차를 어느정도 고려할 수 있다면 대체로 CCITT의 다른 측정기들 사이의 측정치의 ± 1 dB 이내의 차이를 잘 만족하고 있음을 나타내고 있다고 할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. CCITT, Handbook on Telephonometry, Sec. 5, Geneva (1987).
2. CCITT, Recommendation P. 65, Objective Instrumentation for the Determination of Loudness Ratings, Blue book, Vol. 5, Geneva (1989).