

## 交換機 可聽信號音에 關한 考察

# A Study on the Specifications of the Audible Tones of the Switching System for the Telephone Service

\* 李 曙 挺 (Lee, H. J.)  
 \*\* 元 東 豪 (Won, D. H.)  
 \*\*\* 金 炳 贊 (Kim, B. C.)

### 要 約

현재 국내에서 사용되고 있는 交換機의 주요 可聽信號音인 發信音, 話中音 및 呼出音은 CCITT 권고에 합당하지 않은 경우가 있고, 合成音인 경우 協和가 이루어지지 않아 聽覺的인 快美感을 갖지 못하며, 또한 交換機種마다 서로 相異한 信號音을 사용함으로써 電話加入者 혼동의 우려가 있으므로, 可聽信號音을 새로이 통일할 필요가 있다.

本 論文에서는 CCITT 권고 Q35와 聽感의 快美感을 고려한 새로운 可聽信號音을 제안한다. 제안된 可聽信號音은 周波數를 400Hz 單一音으로 하고, 各 信號音 사이에 特정한 斷續週期를 주어 구별할 수 있도록 하였으며 信號音은 디지털 交換網에서도 사용이 가능하도록 信號音을 ROM 방식으로 발생시키는 방법을 제시한다.

### ABSTRACT

The audible tones of switching system employed in the country at present do not only disagree with CCITT Recommendation Q35, but also are different in the specifications and the sense of hearing. Such a discord with the specifications and the sense of hearing causes a subscriber and an operator to confuse.

In this paper characteristics of the sense of hearing of them and the accuracy of tone specifications are studied and novel unified audible specifications are proposed. And it is showed that the digital tone generation of digital switching systems can be implemented readily, using a ROM.

\* 成均館大學校 電子工學科 博士課程  
 \*\* 成均館大學校 情報工學科 副教授  
 \*\*\* 成均館大學校 電子工學科 教授

## I. 序 論

電話交換機內에 사용되고 있는 可聽周波信號로는 選擇信號(MF信號, PB信號)와 監視信號(制御信號, 表示信號), 그리고 可聽信號音(發信音, 話中音, 呼出音 등)이 있다.

可聽信號音은 交換機와 電話使用者, 交換機와 operator 사이의 대화용으로 이용되고 있으며 현재 설치운동되고 있는 交換機들은機種마다 可聽信號音의 周波數 및 斷續週기가 서로 달라서 聽感이 相異하여, 他 지방이나 종류가 다른 交換機를 통해 通話할 때 可聽信號音의 구별이 어려워 電話使用者가 혼동할 우려가 있다. 이로 인하여 발생하는 無効通話는 電話使用者의 원활한 通話를 阻害한다. 따라서 可聽周波信號機器에 영향을 주지 않고 빈번한 사용에도 聽感이 明快한 可聽信號音으로 各 交換機의 信號音을 통일할 필요가 있다.

本 論文에서는 현재 국내에서 사용되고 있는 交換機의 可聽信號音을 조사하여 CCITT(International Telegraph and Telephone Consultative Committee) 권고에 相當한가, 合成音인 경우 協和가 이루어지고 있는가를 聽覺的인 측면에서 분석하고, 새로이 통일된 可聽信號音을 제안한다. 제안된 可聽信號音은 時分割 交換機에 사용할 수 있도록 디지털 방식에 의해 발생시키는 방법을 제시한다.

本 論文의 구성은 다음과 같다. II장에서 可聽音의 音色을 설명하고, III장에서 CCITT 권고 개요에 대한 설명과 현재 사용중인 可聽信號音에 대한 비교 분석을 하였으며, IV장에서는 II장과 III장에서는 의된 결과에 따라 새로운 可聽信號音을 제안하고, 이것을 디지털방식으로 발생시키는 방법에 대하여 기술한다.

## II. 可聽音의 音色

인간이 듣게 되는 소리는 客觀音이 아니라 主觀音이며, 그 소리의 속성을 나타내는 것을 音色(Timbre)이라고 한다. 音色은 소리의 調和的 구조에 의존하는 소리의 특성 그 자체이다. 어떤 소리의 音色은 各 成分音(Tone)의 수와 그의 세기, 振動數 분모 및 位相關係로 표시된다. 따라서 音色은 시간영역에서의 문제이지만, 실제로는 Tone Spectrum으로 분석해야 한다. 전체적으로 音色을 결정하는 요인은 Tone Spectrum의 周波數分布와 音의 세기이다.<sup>(1)~(3)</sup> 音響學的 견지에서 두가지 이상의 客觀音이 귀에 들릴 때, 그 合成音이 快美感을 주면 그 音들 사이에 協和가 되어 있다고 하며, 不快한 느낌을 줄 때를 不協和音이라고 한다. 協和의 程度를 측정하는 데는 穩和度(Smoothness), 純粹度(Purity), 融合度(Blending)의 세 가지 척도가 있다.<sup>(1)</sup> 穩和度는 소리를 형성하는 여러 音들의 결합 사이에 발생하는 Beat의 세기에 의해 결정된다. 두 音 사이의 周波數들이 整數比를 이루면 協和度가 높아져 聽感이 좋아지는데 이 整數比가 작을수록 協和度가 높아진다. 純粹度는 기본음의 周波數의 整數倍에 의해 결정된다. 基本周波數에 대한 高調波가 높을수록 客觀音의 純粹度는 낮아진다. 融合度는 두 音이 融合될 수 있는가를 나타내는 것으로, 예를 들어 7次 interval을 가진 두 音은 함께 融合하지 않는다. 그 이유는 Beat에 의한 조작성이 나타나기 때문이다. 또한 두 音의 間隔이 너무 떨어져 있는 경우에도 融合이 덜된다.

위에서 기술한 音의 여러 가지 속성을 고려하여 協和度를 數値로 나타낸 것을 Malmberg의 協和度 平點表라고 한다.<sup>(1)</sup> 이것은 두 音을 포함하는 있는

어떤 소리의 基本周波數比에 대한 協和의 정도를 점수로 나타낸 것으로 그 내용은 表 1과 같다. 당연히 周波數比들 사이의 補間에 의한 協和度 評點은 존재할 수 없으며 이들의 評點은 0이 된다.

表 1 協和度 評點表.

音 程 名	周波數比 (純正律)	協和度評點
同 音	1 : 1	11
完全 8 度和音	2 : 1	11
完全 5 度和音	3 : 2	9.6
完全 4 度和音	4 : 3	7.3
長 6 度和音	5 : 3	8
長 3 度和音	5 : 4	7.4
短 3 度和音	6 : 5	5.5
短 6 度和音	8 : 5	6.5
短 7 度和音	9 : 5	3.6
長 2 度和音	9 : 8	2.5
長 7 度和音	15 : 8	2.2
其 他	27 : 25	1.2
	36 : 25	4.3

### Ⅲ. 交換機 可聽信號音

#### 1. CCITT 권고 개요<sup>(4)</sup>

1960년 CCITT에서는 유럽에서 사용되고 있는 交換機의 可聽信號音에 대한 상태를 조사하여 加入者 및 operator가 可聽信號音を 받아, 쉽게 인식하도록 周波數, 斷續週期, 信號音 電力傳送레벨 등을 권고치와 허용치로 구분하여 새로운 交換機에 적용하도록 권고하였다.

권고된 주요 可聽信號音의 周波數는 전송이 용이하고 他 機器, 즉 表 2의 多周波 可聽周波信號인

MF信號, PB信號와 單一 可聽周波信號인 制御信號, 表示信號에 영향이 없도록 通過帶域이 700Hz미만의 可聽周波領域인 340~500 Hz 사이를 허용하고, 가능한 한 400~450Hz에서 사용하도록 권고하고 있다. 특히 呼出音의 경우 16~100Hz로 變調시킬 수 있으나 呼出音 周波數 475Hz이상에서는 變調를 금지하도록 하였으며 새로운 交換機에서는 變調를 하지 않도록 권고하고 있다.

表 2 可聽周波信號.

信 號	(단위 Hz)	
	單 一 周 波	多 周 波
選擇信號 MF信號 PB信號	-	700~1,700 697~1,633
	制御信號 表示信號	1300, 1900, 2300, 3850 900, 2300, 3850

斷續週期에 있어서 發信音은 連續音으로 권고하고, 話中音은 그림 1과 같이 비교적 빠르게 斷續하면서 그 斷續時間이 비슷하도록  $100ms < E(續) <$

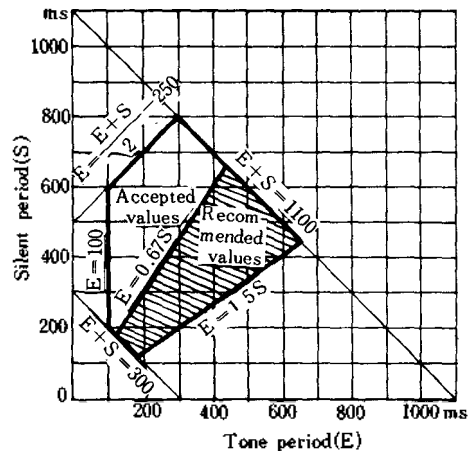


그림 1 話中音의 斷續週期.

430ms, 180ms < S(斷) < 800ms를 허용치, 120ms < E < 650ms, 120ms < S < 650ms를 권고치 그리고 斷續比를 0.67 < E/S < 1.5가 되도록 권고하고 있다. 이렇게 빠른 斷續은 發信加入者가 着信加入者側이 通話中임을 즉시 認知, 잠시 通話 의도를 포기하도록 유도하기 위한 것이며, 이것은 交換機측에서 보면 負荷를 경감시키는 효과가 있어 원활한 通話에 도움을 주게 된다.

呼出音은 그림 2와 같이 느리게 斷續하도록 하였으며, 斷時間이 續時間보다 길도록 하고, 권고치로 0.67s < E < 1.5s, 3s < S < 5s, 허용치로 0.67s < E < 2.5s, 3s < S < 6s로 권고하고 있다. 着信加入者가 發信加入者의 通話 의사를 Bell소리를 통해 안 다음 수화기를 들 때 까지 發信加入者는 着信加入者측 交換機에서 送出하는 呼出音을 듣고 기다리게 된다.

이러한 可聽信號音의 聽感은 電力傳送 레벨에도 영향을 받게 되므로 -15dBm ~ 5dBm으로 권고하고

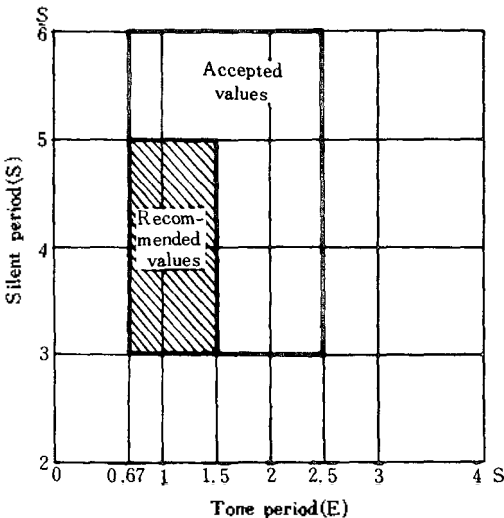
고 있다.

2. 可聽信號音

1986년 현재 국내에서 설치 운용 중인 交換機에는 機械式인 Strowger와 EMD가 297만 회선, 電子交換機인 M10CN, NO. 1A, AXE-10, TOX-1, No. 4가 497만 회선이다.<sup>(5)</sup> 이들 交換機에 사용되고 있는 可聽信號音은 表 3과 表 4에 보인 바와 같이 周波數와 斷續週期가 서로 다르며, 機械式은 單音이며, 電子式은 合成音으로 되어 있다.

可聽信號音의 周波數와 斷續週期에 대하여 살펴 보면, 發信音은 모두 連續音이고, Strowger와 EMD는 單音으로 CCITT 권고周波數와 허용주파수에 합당하다. 電子交換機는 合成音으로 周波數가 350+440Hz이므로 허용치 범위 내에 들고 있으나, 合成音의 協和度 評點이 0點이므로 聽感이 좋다고 볼 수 없다.

話中音의 경우도 機種마다 서로 다르다. 電子交換機와 Strowger의 斷續週期는 E=0.5s, S=0.5s



Frequency:  
 - recommended interval: 400-450 Hz  
 - accepted interval: 340-500 Hz

그림 2 呼出音의 斷續週期.

表 3 國內 使用 交換機의 可聽信號音 周波數<sup>(6), (7)</sup>

(단위 Hz)

機種	發信音	話中音	呼出音
EMD	425	425	425
strowger	400 / 480	133/160/400	400×16/ 400×20/480×20
전자교환기	350+440	480+620	440+480

表 4 國內 使用 交換機의 可聽信號音斷續週期<sup>(6), (7)</sup>

ON-OFF(sec)

機種	發信音	話中音	呼出音
EMD	연속	0.145-0.480	1-4
Strowger	연속	0.5-0.5	1-2
전자교환기	연속	0.5-0.5	1-2

로 CCITT 권고치에 합당하나, EMD는  $E=0.145s$ ,  $S=0.480s$ 로 비교적 더 급한 감이 있으며 허용치에 해당한다. 斷續比에 있어서는 EMD만 벗어나고 있다. 話中音 周波數는 EMD와 Strowger 일부는 단음으로 CCITT 권고주파수에 합당하고 Strowger 일부는 허용치에도 합당하지 못하다. 電子交換機의 경우  $480+620Hz$ 의 合成音으로 허용치 범위에도 들지 못할 뿐 아니라 協和度 評點이 0點이므로 聽感이 좋다고 볼 수 없다.

呼出音도機種마다 서로 다르며, 電子交換機와 Strowger의 斷續週期는  $E=1s$ ,  $S=2s$ 로 CCITT 허용치 내에도 들지 못하고 EMD만  $E=1s$ ,  $S=4s$ 로 권고치에 합당하다. 呼出音 周波數는 EMD가  $425Hz$ , Strowger가  $400Hz$ 에  $16Hz$ , 또는  $20Hz$ ,  $480Hz$ 에  $20Hz$ 로 變調시켰고, 電子交換機는  $440+480Hz$ 의 合成音이다. Strowger는 권고치에 합당하고 電子交換機와 EMD는 허용치 내에 해당한다. 呼出音의 경우 모두 Beat音이 들리도록 되어 있으며, 合成音의 경우 協和度 評點이 0點이므로 聽感이 좋다고 볼 수 없다.

이상의 검토로부터 알 수 있듯이 可聽信號音은 交換機에 따라 서로 다르게 되어 있을 뿐 아니라, CCITT 권고도 완전히 만족시키지 못하고 있다. 이와 같이 각기 다른 可聽信號音을 사용하는 것은 交換機의 유지 운용이 어려울 뿐 아니라, 加入者의 혼란을 유발하여 원활한 通信을 방해하는 요인이 되므로 可聽信號音의 통일이 요구되고 있다.

#### IV. 交換機 可聽信號音의 要件과 改善方案

電話使用者와 operator는 交換機의 접속상태와 서비스기능을 可聽信號音으로 인지하여 電話를 사용하고 있다. 그러므로 이러한 可聽信號音은 다음과 같은 특성을 가져야 한다.

1) 可聽信號音은 구별이 용이해야 하고 聽感이明快해야 한다.

可聽信號音 사이에 서로 다른 독특한 특징을 주어 전화기 使用者로 하여금 용이하게 구별할 수 있도록 해야 하며, 통화량의 증가로 電話 사용빈도가 높아지고 있으므로 電話 사용시 사용자로 하여금 可聽信號音이 심리적 부담을 주지 않도록 明快한 聽感을 가져야 한다.

현재 설치운용 중인 交換機 可聽信號音은 機械式에는 單音, 電子式에는 合成音을 사용하고 있다. 그러나 CCITT 권고 周波數 내에서 協和度 評點이 좋은 合成音을 발생시키는 것은 불가능하므로 可聽信號音은 單音으로 구성해야 할 것이다.

CCITT 권고 可聽信號音 周波數가  $400\sim 450Hz$ 이므로 이 범위 내에서 周波數차이에 의한 可聽信號音 구별은 특별한 聽覺 훈련이 되어 있지 않으면 사실상 어렵다. 그러므로 可聽信號音 사이의 구별은 斷續週期에 의해서만 가능하다고 볼 수 있다. 따라서 可聽信號音마다 斷續週期를 다르게 해야 하며, 그 특징이 서로 독특해야 한다.

2) 傳送上 어려움이 없는 周波數로 적당한 傳送電力 레벨이어야 한다.

可聽信號音은 交換機 傳送周波數  $300\sim 3400Hz$  범위 내의  $400\sim 450Hz$ 를 CCITT에서 권고하고 있으므로, 이 권고에 따르면 傳送상의 문제는 일어나지 않는다.

한편 可聽信號音의 電力傳送 레벨은 수화기에서 聽感이 가장 양호한  $-20dBm\sim -10dBm$  사이에 들도록 해야 한다. 可聽信號音에 따라 自局에 送出되는 경우와 他局에 送出되는 경우가 있으므로, 可聽信號音 주입구의 電力傳送 레벨은 傳送時 손실을 고려하여 他局에 送出하는 경우는 自局에 送出하는 경우보다 다소 높게 해야 한다. 그림 3은 通信線路上에서의 손실을 전송단계에 따라 나타낸 것이다. 搬送回線의 입력단에서의 최대입력레벨은  $-5dBm$ 이

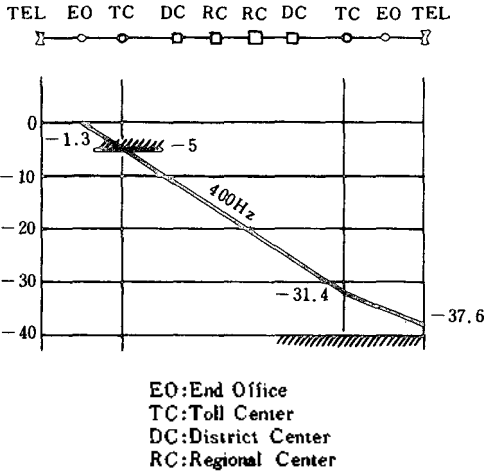


그림 3 可聽信號音 電力傳送 레벨.

하가 아니면 過負荷란 點에서 문제가 있고, 또한 加入者 電話에 최저 입력은 可聽限界란 點에서 -40 dBm 이상이 되도록 하는 것이 바람직하다<sup>(8)</sup>.

3) 可聽信號音의 自動檢出이 용이해야 한다.

通話量 증가 추세를 정확히 파악해야 추후 설치할 용량예측이 가능해진다. 보다 정확한 通話量 예측은 通話量 監査裝置로 할 수 있다. 이 監査裝置의 필수요건은 정확한 可聽信號音 周波數와 電力레벨이며, 可聽信號音이 單音일 때 自動檢出이 특히 용이해진다<sup>(9)~(11)</sup>.

4) 可聽信號音 변경으로 인한 가입자의 혼동을 배제해야 한다.

현재의 可聽信號音을 다른 可聽信號音으로 변경하는 것은 가입자 습성 때문에 혼동을 초래하게 되므로 유의해야 하며 聽感이 다르게 변경될 때 사전에 변경내용을 충분히 가입자에게 홍보해야 한다.

5) 다른 可聽周波信號에 영향을 미치지 않도록 해야 한다.

交換機에 사용되고 있는 可聽周波信號로는 可聽信號音 외에 表 2의 選擇信號와 監視信號가 있다.

可聽信號音은 이들 可聽周波信號 발생 및 관련 機器에 영향이 없도록 정해져야 한다.

6) 디지털交換機에 사용할 수 있도록 可聽信號音을 디지털방식에 의해 발생시킬 수 있어야 한다.

通話量의 급증에 따라 交換能力이 우수한 디지털 交換網의 채택이 불가피하게 되어 있다. 이러한 TDM (Time Division Multiplexing) 交換機에서는 디지털방식으로 可聽信號音을 발생시킬 수 있어야 한다<sup>(12)</sup>.

可聽信號音을 디지털방식으로 발생시키는 방법으로는 ROM 방식이 가장 간단하다. ROM을 이용하여 可聽信號音을 발생시키기 위해서는 信號의 基本週期分の PCM 부호화 샘플값을 사전에 ROM에 기억시킨 다음, 그 내용을 샘플링주기로 순차적으로 읽어내면 된다.

可聽信號音  $x(t)$ 를 振幅이 A이고, 周波數가 f인 正弦波 즉

$$x(t) = A \sin 2\pi ft \quad (1)$$

로 정의한다. 이때  $x(t)$ 는 週期函數이므로  $x(t)$ 의 基本週期를  $T_0$ 라고 하며  $x(t)$ 는

$$x(t) = x(t + T_0) \quad (2)$$

가 된다. 可聽信號音  $x(t)$ 의 基本週期  $T_0$ 와 PCM 샘플링주기  $T_s$  사이에는 整數倍의 관계가 성립해야 하므로

$$KT_s = T_0 \quad (3)$$

와 같이 나타낼 수 있다. 여기서 K는 양의 整數이다. 또한 可聽信號音  $x(t)$ 의 周波數 f와 基本週期 사이에는

$$fT_0 = N \quad (4)$$

의 관계가 있다. 이 때  $N$ 도 역시 양의 整數로 cycle 數에 해당한다. 식(3) 및 식(4)로부터 可聽信號音 周波數, 샘플링周波數 및 基本週期 사이의 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있다.

$$\frac{K}{f_s} = \frac{N}{f} = T_0 \quad (5)$$

여기서  $f_s = \frac{1}{T_s}$  이고, 이 때  $K$ 와  $N$ 은  $T_0$ 가 가능한 최소값이 되도록 정해져야 한다. 식(5)를 이용하면 원하는 周波數를 디지털방식에 의해 발생시키기 위해서 ROM에 기억시켜야 할 샘플값의 수를 구할 수 있다. 表 5에 400Hz, 420Hz, 440Hz의 세가지 可聽信號音を 발생시키기 위한 基本週期, cycle 數 그리고 샘플의 數를 표시하였다. 이 때 샘플링周波數  $f_s$ 는 8KHz이다. 예를 들어 400Hz의 周波數를 갖는 可聽信號音を 8KHz의 샘플링信號로 디지털 交換機 내에서 발생시키고자 한다면 식(5)로부터

$$\frac{K}{8000} = \frac{N}{400} = T_0$$

이므로, 이 때  $T_0$ 가 최소가 되는  $K$ 와  $N$ 을 구하면  $K$ 는 20이 되고,  $N$ 은 1이 된다. 따라서 基本週期  $T_0$ 는 可聽信號音 周波數인  $f$ 의 역수, 즉  $\frac{1}{400}$  sec가 된다.

이 表 5로부터 420Hz와 440Hz는 400Hz의 경우

表 5 發生周波數와 記憶 샘플數

信號音周波數 (Hz)	$T_0$	cycle 數	sample 數
400	$\frac{1}{400}$	1	20
420	$\frac{1}{20}$	21	400
440	$\frac{1}{40}$	11	200

에 비해 샘플의 수가 상당히 커지므로 可聽信號音의 周波數는 400Hz를 갖도록 하는 것이 가장 간단하다는 것을 알 수 있다.

지금까지 논의된 요건을 고려하여 可聽信號音を 구성할 경우, CCITT 권고 周波數 내에서 協和度 評點이 0點 이상인 合成音を 만들 수 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 可聽信號音은 單音이 되어야 한다는 결론에 이르게 된다. 또 單音인 경우 400~450 Hz 내에서 周波數 차이에 의한 信號音의 구별은 거의 불가능하기 때문에 새로운 可聽信號音은 斷續週期에만 의해서 구별하도록 하는 것이 편리할 것이다.

單音만으로 可聽信號音を 구성할 경우 斷續週期에 독특한 특징을 부여해야 하므로 현재 사용하고 있는 交換機와 CCITT 권고를 고려하여 發信音은 連續音으로 話中音은 續 0.5초 斷 0.5초, 그리고 呼出音은 續 1초, 斷 4초로 하는 것이 합당하고 可聽信號音의 周波數는 디지털적인 발생이 용이한 400 Hz를 선택하는 것이 유리할 것이다.

可聽信號音의 周波數 正確度에 대해서는 CCITT에서 언급한 바나, 권고한 바는 없고, 단지 交換機 제작회사나 일부 자료에서만 구체적인 설명없이 0.3%, 0.5%, 1%, 1.5%, 혹은 5Hz, 6Hz 등으로 규정하고 있다<sup>13)</sup>. 周波數 正確度는 音色的 변화가 감지되지 않는 범위 내에서 제한되어야 할 것이다. 따라서 앞에서 언급한 바와 같이 CCITT 권고 周波數 400~450Hz 내에서 音色的 변화에 영향을 주지 않는 2Hz, 즉 0.4% 이내로 誤差를 제한해야 할 것이다. 실제로 0.4% 이상의 誤差라도 시간차를 두고 들게 되므로 可聽信號音에 대한 聽感의 변화를 알지 못하지만 通話量 監查裝置에는 되도록 정확한 周波數를 사용하는 것이 좋다. 한편 可聽信號音의 電力 레벨은 聽感和 전송 손실을 고려하여 自局에만 送出하는 發信音은 -10dBm으로, 他局에도 送出하는 話中音과 呼出音은 -5dBm이 되도록 하는 것이

좋다.

## V. 結 論

電話서비스의 전국 廣域 自動化에 따른 加入者의 혼동 배제, 交換局의 운용 및 유지보수의 용이함 등을 위해 통일된 可聽信號音이 필요하다.

交換機의 可聽信號音 구성에 있어서 CCITT 권고 周波數 內에서 合成音을 구성할 경우 合成音의 協和度 評點은 0點이 되므로, 빈번한 電話 사용시 聽覺的인 부담을 주게 된다. 뿐만 아니라 CCITT 권고 周波數 400-450Hz 內에서 周波數 차이에 의한 信號音의 구분은 어려우므로 可聽信號音은 모두 單一周波數로 하고 斷續週期만으로 구별해야 한다.

이러한 사항을 고려하여 새로운 可聽信號音은 發信音, 話中音, 呼出音 모두 ROM 방식에 의해 발생 시키기에 가장 간단한 400Hz 單音으로 하고 斷續週期는 發信音은 連續, 話中音과 呼出音은 斷續時間을 各各 0.5초, 0.5초와 4초, 1초로 하는 방안을 제안하였다.

한편 可聽信號音 周波數의 正確度는 音色이 변하지 않는 범위인 2Hz 이내의 誤差, 즉 0.4% 이내로 할 것을 제안하였다.

國際間 自動化 추세에 따라 CCITT에서는 국제 可聽信號音 규격과 기타 可聽信號音에 대한 상세한 권고가 있어야 할 것이며, 合成音을 추천할 경우 CCITT Rec Q35, Rec. E180에 대한 再考가 있어야 할 것이다.

## REFERENCES

1. Lee, Byung Ho, "A rating method for sound quality of braman Bells," The journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 1, No. 1, pp. 6-18, 1982.
2. 中山剛, 境久雄, 聽覺と音響心理, pp.202~204, オーム社, 日本, 昭和40年.
3. 차일환, 음향공학개론, pp. 9-20, 한신문화사, 1980.
4. CCITT Red Book, Rec. Q35, Vol. VI-1, pp. 185-192, Geneva, 1985.
5. 한국전기통신공사 사업지원본부, 운용보전 중장기 계획(안)작성, 1986.
6. 한국전기통신공사 사업지원본부, 국내·국제 신호 방식 표준화연구-84년도 중간보고서, pp. 14~18, 1984. 12.
7. 한국전기통신공사 사업지원본부, 국내·국제 신호 방식 표준화연구-85년도 최종보고서, pp. 24~35, 1985. 12.
8. 鈴木立之, 電話交換における信號方式, pp.163~169, コロナ社, 日本, 昭和53年.
9. Theo A., C.M. Claasen, and J.B.H. Peek, "A digital receiver for tone detection application," IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-24, No. 12, pp. 1291-1300, Dec. 1986.
10. R.P. Kurshan and B. Gopinath, "Digital-tone generator-detectors," The Bell Syst. Tech., pp. 469-488, Apr. 1976.
11. D.K. Christopher, et al., "An evaluation of two simple methods for detecting over telephone lines," The Bell Syst. Tech. Journ., pp. 1513-1529, Oct. 1977.
12. French PTT Administration, Digital generation of tones, CCITT Study Group XI, COM-No. 95, Jan. 1978.
13. 金光磐, 佐佐木賢, 奥村晴, "PCM交換機用デジタル化可聽周波信號の諸特性," 電子通信學會 論文誌, 12卷, pp. 1029~1036, 1978.



◎ 著 者 紹 介

▲元 東 豪(正會員) 1949년 9월 23일생  
 1976년 성균관대학교 전자공학과 공학사  
 1978년 성균관대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
 1978년 한국통신기술연구소 전임연구원  
 1982년 성균관대학교 조교수  
 1985년 일본 동경공대 전기전자공학과 객원연구원  
 현재 성균관대학교 정보공학과 조교수  
 (성균관대학원 전자공학과 박사과정 수료)



▲李 曙 挺(正會員) 1959년 2월 3일생  
 1982년 2월 성균관대학교 전자공학과 졸업  
 1984년 2월 동대학 대학원 전자공학과 졸업  
 현재 동대학 대학원 박사과정



▲金 炳 贊(正會員) 1923년 10월 23일생  
 1947년 8월 국립서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업  
 1955년 9월~1966년 7월 국립경북대학교 교수  
 1960. 9월~1962년 10월 Denmark 원자력 연구소 전자공학 연구실에서 연구  
 1966년 7월~현재 성균관대학교 공과대학 전자공학과 교수(이학박사)



▲河 在 佺(正會員)



1968년 7월~1969년 6월  
 Manchester 이공대학(UMIST) 대학원에서 전자공학 연구

1985년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업.  
 1987년 2월 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업  
 1987년 3월~현재 서울대학교 대학원 전자공학과 박사과정

▲成 宏 模(正會員) 4 권 3 호 참조

▲이 창 호



1963년 4월 27일생  
 1985년 2월 한양대학교 기계공학과 졸업  
 1987년 2월 한양대학교 대학원 정밀기계과 졸업  
 1987년 1월 금성사 창원연구소 입사  
 현 동연구소 연구원

▲오 재 응(正會員) 2 권 1 호 참조

▲이 명 렬



1960년 1월 11일생  
 1986년 2월 한양대학교 기계공학과 졸업  
 1987년~현재 한양대학교 대학원 정밀기계과(석사과정)

▲염 성 하



1927년 1월 2일생  
 1952년 한양대학교 기계과 졸업  
 1960년 한양대학교 대학원 기계과 졸업.  
 1987년~현재 한양대학교 교수

△金 元 厚



1935년생  
1959. 3. 항공대학 전자과  
졸업  
1975년 2월 한양대학대학원  
졸업  
1987년 4월~현재 한국항공  
대학 교수

△전 계 석(正會員) 1 권 1 호 참조

△김 계 국 5 권 2 호 참조

전국대학교 전자공학과 박사  
과정

△高 德 永



1950년 9월 22일생  
1973년 2월 한양대학교공과  
대학 전자공학과 졸업  
(공학사)  
1982년 6월 건국대학교산업  
대학원 전자공학과 졸  
업(공학석사)  
1986년 2월 건국대학교 대  
학원 전자공학과 박사  
과정 수료  
1979년 3월~현재 전주공업  
전문대학 전자과 조교  
수

△이 종 악



1940년 6월 20일생  
1964년 4월~1966년 2월 한  
양대학교 전기공학과  
(공학사)  
1967년 9~1970년 2월 연세  
대학교대학원전기공학  
과 석사과정(공학석사)  
1970년 9월~1974년 2월 연

세대학교 대학원 전기  
공학과 박사과정(공학  
박사)

1974년 4월~1975년 3월 일  
본경도대학전기공학과  
연구원

1979년 8월~1980년 7월 프  
랑스 Lyon 제일대학물  
리학과 연구원

1982년 8월~현재 건국대학  
교 전자공학과 교수

△김 장 복(正會員) 2 권 1 호 참조

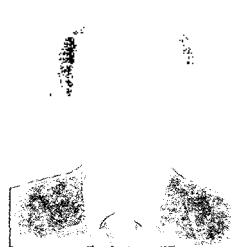
△杜 世 鎭(正會員) 1960년 6월 25일생



1983년 2월 서울대전자공학  
과 졸업  
1987년 2월 서울대 전자공  
학과 대학원졸업(공학  
석사)

1987년 3월~현재 서울대 전  
자공학과 박사과정

△李 鍾 珪



1922년 4월 4일생  
1948년 서울대 전기통신학사  
1972년 서울대 전자공학박사  
1961~현재 서울대 전자공학과  
조교수, 부교수, 교수