

DSP를 이용한 디지털 신호음 발생장치

이 재길, 류 강수, 신 동진
한국전자통신연구소

Digital Tone Generator With DSP Chip

JAE GIL LEE, GANG SOO RYU, DONG JIN SHIN
ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE

(Abstract)

In this paper, we describe the audible tone generator used in TDX-1 Digital Switching System, implemnet it by the digital frequency synthesis methods and show it is superior to the analog devices for circuit flexibility, packing density, reliability and cost.

1. 서론

본 신호음 발생기는 교환기에서 요구하는 각종 신호음을 발생시키는 장치로서 각 신호음이 필요로 하는 주파수 발생, 단속비 제어, 신뢰도를 향상시키기 위한 이중화 회로, 고장 발생시 Alarm 보고 및 PCM 신호음을 송출시키는 기능 등으로 구성되어져 있다.

본 논문에서는 각종 신호음이 필요로 하는 주파수를 국내 교환기에 적합한 한국전기통신공사 규격의 단속비 및 출력 Level로 발생시켜 8bit PCM Data로 변환후 Memory에 기억시켜 송출해주는 ROM Look-up Table 방식에 의한 Digital 신호음 발생장치에 대하여 연구되었다.

Memory에 기억된 8bit 각종 PCM Tone Data를 TMS 32010 DSP(Digital Signal Processor)를 사용하여 Channel 할당, 단속비 제어 및 I/O Control 등을 수행하여 해당된 Channel에 신호음을 출력시킨다.

또한 주파수 결정 방법에 있어서 최소의 Sample 수를 갖는 한국전기통신공사 규격에 일치되는 주파수를 선정하여 최소의 Memory (2K Words)로 Control Program 및 각종 Tone Data를 수용해 주었다.

이와같이 Memory 소자와 TMS 32010 DSP를 사용함으로써 기존의 10개 신호음 외에 신호음 추가 및 단속비의 변화가 요구될 때 H/W의 수정없이 Program만 수정함으로써 신호음의 추가 및 단속비를 변화시킬 수 있으므로 회로 팩의 융통성을 기할 수 있으며, 회로 팩의 집적도를 증가시키므로 경제성 및 신뢰도가 향상되었다.

2. 신호음 종류 및 특성

TDX-1에서 사용되는 신호음의 종류는 (표 1)과 같다.

(표 1)

신호음 종류	주파수(Hz)	단 속 비	출력 (dBm)
1 발 신 음	350+440	연 속	-10+5
2 즉시호출음	440+480	연 속	-15+5
3 호 출 음	440+480	1초속-2초단	-15+5
4 확 중 음	480+620	0.5초속-0.5초단	-20+5
5 중계선복주음	480+620	0.3초속-0.2초단	-20+5
6 대 기 음	350+440	0.25초속-0.25초단 0.25초속-3.25초단	-10+5
7 보 류 음	350+440 440+480	0.5초속-2.5초단 0.5초속-0.5초단	-10+5
8 확 인 음	392/494/567	0.5초/0.5초/1.5초	-10+5
9 수화기방치음	1400+2060+ 2450+2600	0.1초속-0.1초단	0+2
10 가로채기음	350+440	0.125초속-0.25초단 -0.125초속-1.5초단	-10+5

단, 주파수 허용오차 : 각 주파수의 +0.5% 이내

단속비 허용오차 : 각 단속비의 +0.2% 이내

로 한다.

3. 최적 주파수 결정 방법

주파수의 허용오차 범위내에서 주파수를 가변시키면 이에 따른 Sample 수를 감축시킬 수 있다.

본 논문에서도 이와같은 방법으로 Sample 수를 감축시켰다.

(1) 단일 주파수의 결정

주파수 f인 정현파를 주파수 f_s로 Sampling할 경우에 M 번째 Sampling Point에서 f의 N주기번째 Sample 값이 0이 되기 위한 조건은

$$\frac{f_s}{f} = \frac{M}{N} = h \dots\dots\dots(1)$$

(여기서, h는 parameter)

로 되며 이때 Sample수를 줄이기 위한 주파수 선택 방법은 다음과 같다.

- 1) 규정 주파수에서 h를 구한다.
- 2) $M = Nh$ 에서 N을 정수로 취하고 M의 값이 정수 또는 정수 +0.5에 가깝도록 한후 M의 값을 정수 또는 정수+0.5로 취한다.
- 3) M과 N이 정해지면 역으로 $f = \frac{N}{M} f_s$ 에서 f를 구한다.
- 4) f가 규정 주파수의 $\pm 0.5\%$ 이내인지 확인한다.

(2) 합성 주파수의 결정

합성 주파수의 High 주파수 : f_H
 Low 주파수 : f_L 일때

(1) 식과 같은 조건에서

$$\frac{f_S}{f_H} = \frac{M}{n} = h \text{ -----(2)}$$

$$\frac{f_S}{f_L} = \frac{M}{m} = 1$$

(여기서 n, m은 정수)

식이 성립하며 Sample수를 줄이기 위한 주파수 선택 방법은 다음과 같다.

- 1) m의 값을 정수로 하고
 $n = m \frac{f_H}{f_L}$ 에서 n이 정수에 가까울때 n값을 정수로 취한다.
- 2) 이때 $M = \frac{f_S}{f_L} m$ 에서 M값이 정수 또는 정수+0.5에 가깝게 한후 M의 값을 정수 또는 정수+0.5의 값을 취한다.

3) 역으로

$$f_L = \frac{m}{M} f_S, f_H = \frac{n}{M} f_S$$

에서 f_L 및 f_H 를 구한다.

- 4) f_L 및 f_H 가 규정 주파수의 $\pm 0.5\%$ 이내인지 확인한다.

(1) 및 (2)의 방법으로 Sample수를 최소로 하는 주파수 및 Sample수는 (표 2)와 같다.

(표 2) 최적주파수

규정주파수	주 파 수	Sample수(개)
350+440	351.648+439.560	91
440+480	440+480	200
480+620	480.6867+618.0258	233
392	390.2439	41
494	492.3077	65
587	585.3659	41
1400+2060+	1400+2050+	160
2450+2600	2450+2600	

(표 2)의 모든 입력 주파수는 각 기본 주파수의 $\pm 0.5\%$ 이내 이고 총 Sample수는 831개이다.

350+440Hz의 경우 입력 주파수를 351.648+439.560Hz로 하면 Sample 수를 91개로 줄일수 있고 규정된 규격을 만족 하지만 청취시험 결과 원음 (350+440Hz)에 비해 열화된 청각

특성을 나타내며 또한 가입자에게 가장 밀접한 Tone이므로 원음을 그대로 사용하였다.

4. 신호 Level의 계산 방법

u-law PCM 변환시 +3.17 dBmO Sinewave의 Peak치가 Coding level 8159에 해당하며 Vmax을 +3.17 dBmO Sinewave의 Peak치라 할때 단일 주파수의 Tone을

$v = V_m \sin 2\pi f t$ 라 두면

$$\frac{v}{V_{max}} = \frac{V_m \sin 2\pi f t}{V_{max}} = \frac{\text{Coding Level}(T)}{8159} \text{ ----- (1)}$$

한편

$$\text{Level, dBmO} = 10 \log \frac{P}{P_0} = 20 \log \frac{V_{rms}}{V_{rms}}$$

$$= 20 \log \frac{V_m}{V_{om}} \text{ ----- (2)}$$

(여기서 $P_0 = 1\text{mw}, 600\Omega$)

이므로

(2) 식에서

$$V_m = V_{om} \times 10^{\frac{\text{level}}{20}}$$

$$V_{max} = V_{om} \times 10^{\frac{3.17}{20}}$$

$$\therefore \frac{V_m}{V_{max}} = 10^{\frac{\text{level}-3.17}{20}} \text{ ----- (3)}$$

로 된다.

(1)식과 (3)식에서

$$\text{Coding Level}(T) = 8159 \times 10^{\frac{\text{level}-3.17}{20}} \times \sin 2\pi f t \text{ ----- (4)}$$

TDX-1에서 사용하는 CODEC은 TP3020J로 이 CODEC의 \emptyset dBmO는 +5.85 dBm 이므로

+3.17 dBmO = 9.02 dBm으로 환산된다.

그러므로 실제 Coding Level은

$$T = 8159 \times 10^{\frac{\text{level}-9.02}{20}} \times \sin 2\pi f t \text{ ----- (5)}$$

로 된다.

한편 Multi-frequency 합성 tone일 경우도 같은 power level을 갖는다고 가정하면 위와 같은 방법으로 계산할 수 있다.

5. Digital 신호음 발생장치의 설계 및 실현

본 연구에서 개발한 Digital 신호음 발생장치의 H/W 구성은 크게 DSP 및 주변회로, Memory회로, 출력 Port 및 Control회로, 직병렬 변환회로, 이중화 및 고장감시회로 등으로 구성되며 전체적인 H/W 구성 Block도는 그림 (1)과 같다.

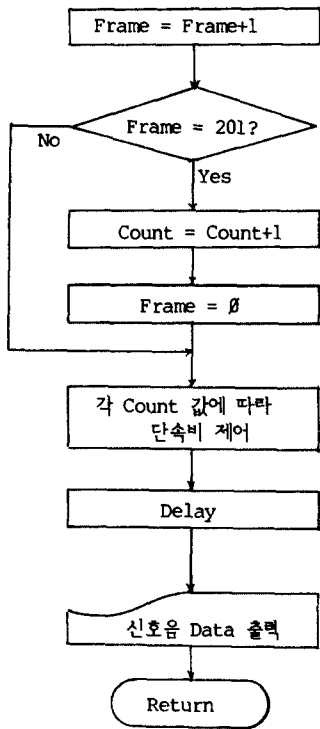


그림 (3) Interrupt Service 선도

16.0MHz의 clock을 사용할 경우 1 Instruction Cycle을 수행하는데 250ns가 소요되고 8KHz마다 Interrupt가 걸리므로
 $125\mu\text{sec} \div 250\text{ns} = 500(\text{T cycle})$
 즉 500 cycle 이내에 Interrupt Service Routine이 수행되어야 한다.

또 단속비의 기본 단위를 0.025초로 두면 모든 단속비는 0.025초의 배수로 나타낼 수 있다.

$$0.025 \div 125\mu\text{s} = 200\text{이므로}$$

시간을 제어하기 위한 변수 Count를 200의 배수로 하여 Count 값에 따라 단속비를 제어하도록 하였다.

여기서 Delay Loop는 Tone Data 출력시 Output Port와 Write 신호와 Read 신호의 Timing의 중복을 피해주기 위하여 S/W적으로 시간지연을 주는 것으로 14개의 출력 Port를 차례로 Enable 해준후 Tone 출력 Data를 보내도록 하기 위한 것이다. 실제 Program에서는 자체의 Delay를 30usec 로 해주었다.

7. 결론

본 논문에서는 한국전기통신공사에서 규정한 가입자 Service Tone에 대하여 규정 허용오차 범위내에서 주파수를 가변시켜 최소의 Sample을 갖는 주파수를 선정하여 효과적으로 Memory Space를 절약하였으며 ROM Look-up Table 방식에 의해 Tone Generation을 해주어 안정된 고음질의 Tone Service를 가능하게 해주었고 모든 I/O Control 및 Cadence Control을 High Speed DSP TMS 32010 를 사용하여 Tone

Generation에 필요한 H/W를 대폭적으로 축소해 주었다. H/W 구성은 TMS 32010 1개, PROM(2K x 8bit) 2개, TTL 30개 및 수동 소자 등으로 구성하였으며 실험 결과 기존의 Analog 신호음 발생장치보다 안정도 및 음질이 개선됨을 확인하였다. 또한 신호음 발생장치를 Digital화 함으로써 기존 2 Board를 1 Board로 구성할 수 있으므로 회로 궤의 실장 밀도를 증가시켜 경제성이 있으며, 신호음의 추가, 단속비의 변화 및 Tone level의 변화가 요구될때 H/W 수정없이 TMS 32010 DSP의 S/W만 수정함으로써 실현 가능하므로 회로 궤의 융통성을 기할 수 있다.

[참고 문헌]

1. J. Michaelly, "Digital Tone Source Design for PCM Systems", GTE Automatic Electric Journal, PP.70-80, MAY, 1980.
2. Pitroda, S.G., "Multifrequency(MF) Tone-Generating System for a Pulse-Code-Modulation (PCM) Digital Exchange", IEEE Trans on Comm Tech, Oct. 1971.
3. Lindsay, R.L. and Pitroda, S.G. "Progress Tones in PCM Switching Environment", IEEE Trans on Comm Tech, Dec. 1973.
4. CCITT REC.G.711, "Coding of Analog Signals"
5. 한국전기통신공사, "전자교환기 운용기준" 1985.12.3
6. Texas Instrument, "TMS 32010 User's Guide" 1985. 3.