

N-1 가산방식에 의한 디지털 회의통화용 혼합기 구성

이 범철, 박홍식  
한국전자통신연구소

The Implementation of a Digital Conference Mixer Using N-1 Algorithm

Bhum Cheol LEE, Hong Shik PARK

Electronics and Telecommunications Research Institute

ABSTRACT In designing a conference mixer, there are a number of parameters, such as absolute envelope delay, background noise, echo, and the stability due to the return signal, etc which must be considered.

In this paper, after discussing three mixing algorithms, newly designed digital conference mixer using the digital signal processor is described and the test results are also given.

1. 서론

회의통화용 혼합기(confERENCE MIXER)는 여러명의 가입자가 동시에 통화를 할 수 있게 해주는 회로로서 전달특성, 사용용도, 구성되는 시분할 디지털 교환기에 따라 설계방식이 정해진다.

디지털 교환기에서 디지털 정보중에 음성데이터는 낮은 레벨에서 양자화 왜곡을 줄이기 위해서 companding을 하게된다(1) 따라서 음성데이터를 가감산 하기 위해서는 expanding하여 선형부호(linear code)로 바꾸어야 한다.

Background 잡음과 2/4선 변환회로에서의 반사신호(return signal)는 회의통화의 질을 저하시키며 안정도에 영향을 준다. 특히 반사신호에 의한 echo와 singing은 안정도에 결정적인 요인이 되며 2선 에널로그 가입자가 통화를 할때 overall gain을 조정하지 않으면 필연적으로 발생하는 문제이다(2)

절대 연벨로우프 지연(absolute envelope delay)은 회의통화를 할때 디지털 회의통화용 혼합기에서는 연산, 부호 변환(code conversion), 데이터 처리시간에 관계하며, 에널로그 회의통화용 혼합기에서는 D/A, A/D 변환, filtering을 수행하는 시간에 관계되고 더우기 에널로그 방식에서 filtering에 의한 연벨로우프 지연은 주파수에 따라 달라질 수가 있다.

이외에도 디지털 회의용 혼합기에서는 overall gain을 조정후에 생기는 양자화 왜곡의 증가와 overflow도 고려하여야 하며, 회의통화를 사용하는 사용자의 통화습성, 음성의 특성, 회의통화 참가자수, 교환기 system parameter(system clock 주파수, 부호화 법칙등), 그리고 교환기내에 회의통화 혼합기의 접속위치에 따라서 설계방식이 정해진다.

본고에서는 몇가지 방식의 회의통화 혼합기를 상기와 같은

여러사항을 고려하여 비교하고, 전전자 교환기 TDX-1에 사용된 N-1 가산방식의 에널로그 회의통화용 혼합기의 실험적 결과를 근거로 하여 세로이 설계된 N-1 가산방식의 디지털 회의통화용 혼합기의 원리에 대하여 설명하고 고성능 및 특성을 측정, 고찰한다.

2. 회의통화용 혼합기 방식

회의통화용 혼합기는 크게 혼합방법에 따라 N-1 가산방식, 최대치 제어방식(instant speaker algorithm), 최대치+1 가산방식등이 있다(3)

N-1 가산방식은 참가자 N인에 대해서 자신의 음성데이터를 제외한 N-1 참가자의 음성데이터를 가산하여 자신의 수신측에 보내는 방식으로 여러방식중에 회의의 자연성이 가장 뛰어나나 참가자수가 많아지면 overall gain을 많이 줄여야 되기 때문에 음성신호 레벨이 줄게되어 참가자수에 제한이 있게된다.

최대치 제어방식은 입력되는 N인의 음성데이터를 비교하여 음성데이터가 최대가 되는 참가자를 결정하여 그 음성데이터를 나머지 참가자에게 보내주는 방식으로(4) 음성데이터의 비교되는 bit수와 비교하는 주기동이 통화품질에 관계된다.

최대치 제어방식은 참가자수에는 제한이 없으나 background 잡음으로 인해 회의의 자연성이 크게 떨어지며 비교하는 주기가 길어지면 절대 연벨로우프 지연이 커지게 된다(2)

최대치+1 가산방식은 입력되는 N인의 참가자 음성데이터를 비교하여 음성데이터가 최대가 되는 참가자와 2번째 큰 음성데이터를 나머지 참가자에게 보내고, 음성데이터가 최대가 되는 참가자에게는 2번째 큰 음성데이터를 보내고, 2번째 큰 음성데이터가 되는 참가자에게는 최대 음성데이터를 보내게된다(3) 이방식은 최대치 제어방식보다는 회의의 자연성을 개선시킬 수 있으나 참가자수가 적을때의 N-1 가산방식보다는 회의의 자연성이 떨어진다.

이상에서와 같이 회의의 자연성 보장 측면에서는 N-1 가산

방식이 가장 우수하다. 물론 이방식은 참가자수에는 제한이 있지만 참가자수가 10인 이하면 overall gain을 별로 감소시키지 않아도 되기 때문에 교환기에서는 N-1 가산방식이 많이 쓰이고 있다. 10인 이상의 참가자가 요구되는 혼합기는 최대치+1 방식보다는 보완된 최대치+n(n은 전체 참가자수 N중에 음성데이터가 큰 순서대로의 n참가자) 방식을 검토하고 있으며, 이 방식은 최대치+1 방식보다는 회의의 자연성이 크게 향상되고 overall gain 조정으로 생기는 음성레벨 저하도 크지 않으나 비교시간에 의한 절대 연벨로우프 지연, 최적 n의 결정등이 문제가 된다.

### 3. 디지털 N-1 가산방식의 실현

N-1 가산방식의 디지털 회의통화용 혼합기를 실현시키기 위하여 다음과 같은 설계 규격을 정하였다.

- . 1 group내 참가자수 최대 4인
  - . 32 channel  $\mu$ 법칙
  - . 고정 time slot 배정 (fixed time slot assign)
- 본 혼합기의 접속은 전자 교환기 TDX-1의 스위치 네트워크에 연결되며 혼합기의 입력은 스위치 네트워크의 DMX에 연결되어 PCM  $\mu$ 법칙 2.048Mbps 32 channel 음성데이터가 회의참가 group별로 차례로 입력되고 혼합기의 출력은 스위치 네트워크 MUX로 회의참가 group별로 차례로 출력되어 multi switching이 이루어진다. 한편 혼합기에 입력되는 음성데이터의 latch 및 출력 음성데이터 동기에 필요한 clock은 스위치 네트워크로부터 8KHz Frame Sync, 2.048MHz CLK, 4.096 MHz CMCP3을 공급받는다.

음성부호는 CCITT G711 표 2a/G711, 표 2b/G711에 권고된 내용을 사용하며 선형부호로 변환하기 위해 bipolar ROM을 사용한 부호변환표(code conversion table)를 구성하고 이때 부 호호표 2b/G711은 보수로 expanding을 한다. 연산을 위한 프로세서는 Texas Instruments사의 TMS32010을 사용하였으며 TMS32010의 instruction cycle은 200 nsec이다(5)

Companding은 ROM을 사용할 경우  $2^{13} \times 8$  정도의 bit이 소요되며 access time이 빠른 bipolar ROM이 요구된다. 반면에 프로세서를 사용하여 연산하게 되면 시간이 많이 걸리기 때문에(6) biased 선형부호(biased linear code)(1,6)를 사용하여 TTL로 직접 변환(direct conversion)하는 방식을 채택하였다.

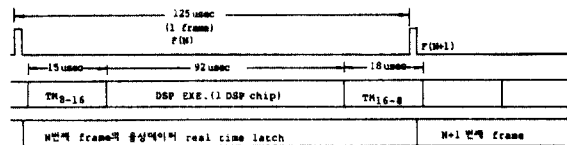
N-1 가산방식에서는 overflow, echo 및 singing 방지를 위해 overall gain을 조정해야 한다. 그러나 감쇄를 크게 하면 통화품질이 저하되고 낮은 음성레벨에서 양자화 왜곡이 증가한다. 2/4선 변환기에서 반사신호는 대부분 근단 반사신호이기 때문에 송출된 신호와 반사신호의 위상차이가 작다. 따라서 반사신호를 줄이기 위해서는 N-1 음성신호중 그 신호의 극성을 한 참가자씩 건너서 반전시키면 통계적으로 반사신호는 줄게되어 overall gain을 크게 줄이지 않아도 되며(3), 에널로그 전송선로에서의 손실과 디지털 교환기에서의 레벨 조정으로 인해 여러참가자의 음성데이터를 가산하여도  $\mu$ 법칙 부하용량 +3.17dBm을 넘는 경우는 거의없다. 또한 회의 참가자 통화

습성을 보면 여러참가자가 동시에 발언하는 경우가 희박하고(4) 간헐적인 overflow는 에널로그에서의 clipping 효과를 참가시키면 회의의 자연성이 유지가 된다.

안정도를 고려한 회의통화용 혼합기의 참가자수에 따른 최대 overall gain은 이론적으로 구할 수는 있지만(2,3) 통화품질 회의의 자연성등을 고려한 최적 overall gain은 이론적으로 구하기가 어렵고 실험적인 결과를 사용해야 한다.

여기서는 TDX-1에 사용되어 현장시험을 거친 N-1 가산방식의 에널로그 회의통화용 혼합기의 실험적 결과를 근거로한 -6 ~ -2.0dB(4차 통화시)의 overall gain을 사용한다.

그림 1에는 디지털 회의통화용 혼합기의 수행시간을 timing diagram으로 나타냈다.



- (1) TMg-16 : 8 bit RAM의 32 channel의 음성데이터를 16 bit RAM으로 expanding하여 이동시키는 시간
- (2) TM16-g : 16 bit RAM의 32 channel의 연산된 음성데이터를 companding하여 8 bit RAM으로 이동시키는 시간
- (3) DSP EXE. : DSP chip 연산시간(N-1번째 frame의 음성데이터 연산)

그림 1. 디지털 혼합기 기능별 수행시간 block diagram

전반적인 음성데이터 처리시간은 음성데이터의 부호변환, 8 bit RAM과 16 bit RAM의 음성데이터 이동, DSP chip의 연산, real time의 음성데이터 latch 시간으로 구성된다.

PCM 음성데이터는 2.048MHz clock과 8KHz frame synchronization pulse에 동기되어 입출력되며 DSP chip에 공급되는 20MHz의 극부 clock은 2.048MHz, 8KHz와는 비동기이다. 32 channel의 PCM 음성데이터는 real time으로 8 group별로 각각 혼합되며 입출력 PCM 음성데이터의 지연시간은 250  $\mu$ sec이다.

본 디지털 회의통화용 혼합기의 개략적인 설명을 위해 그림 2에 이의 block diagram을 보였다.

음성데이터는 real time으로 8x488 nsec마다 latch되어 serial/parallel 변환후 8 bit RAM에 차례로 그 데이터의 time slot을 address로 하여 저장되며 이 음성데이터는 부호 변환 ROM에 의해서 expanding되어 16 bit RAM에 저장된다. Real time으로 32 channel(8 group) 음성데이터 혼합을 처리하기 위해서는 연산 처리시간이 제한되기 때문에 여러개의 TMS 32010에 의한 병렬처리가 불가피하며 본 혼합기에서는 TMS32010 2개를 사용 4 group씩 병렬처리한다.

혼합된 음성데이터는 biased 선형부호로 16 bit RAM에 저장된후 부호 변환회로를 거쳐 PCM 부호로 바뀐뒤 8 bit RAM에 저장되었다가 해당 time slot에 송출된다. 그림 3에는 DSP chip의 연산 과정을 flow chart를 사용해서 나타냈다.

본 디지털 회의통화용 혼합기의 전달특성을 측정하기 위해서 Hewlett Packard의 3776B PCM Terminal Test Set를

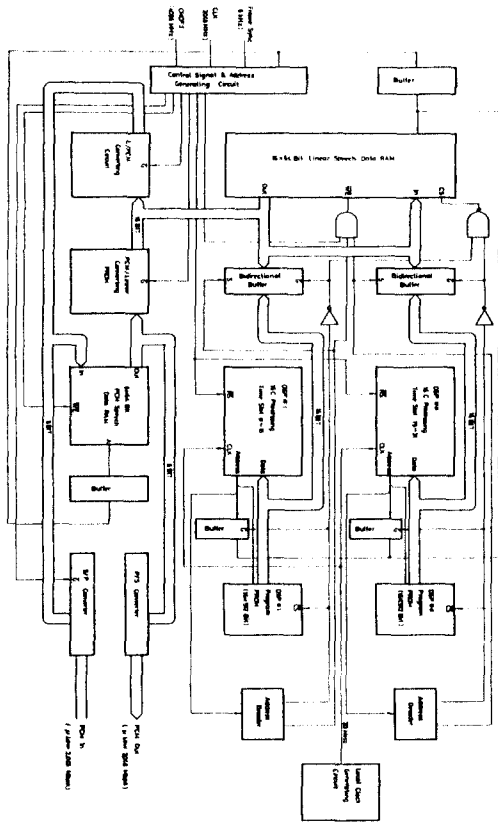


그림 2. 32channel 8 group 디지털 혼합기 block diagram

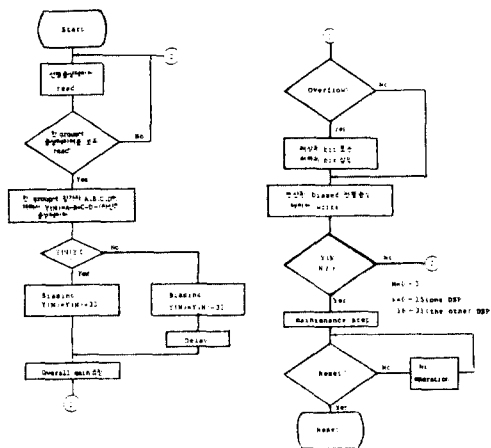


그림 3. DSP chip의 연산 flow chart

사용하였다. 3776B로 본 혼합기의 전달특성을 디지털로 측정하려면 3776B가 PCM terminal(interface A) 측정장비이기 때문에 그림 4와 같이 TDX-1 디지털 증계선에 접속하여

측정하였다.

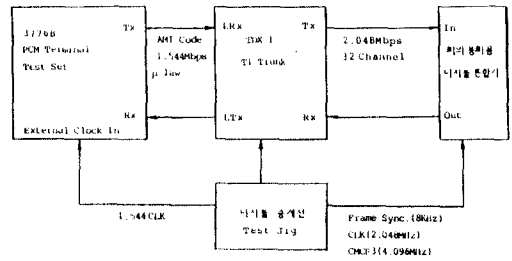


그림 4. 디지털 혼합기 측정을 위한 접속도

표 1에 overall gain이 -2.45dB인 경우에 회의통화용 디지털 혼합기의 전달특성을 보였다. 4 channel중 2channel (time slot 3과 4)의 입력은 CCITT G711의  $\mu$ 법칙에서 복호기의 출력번호 0에 해당하는 PCM 부호를 입력시킨 상태에서 나머지 2channel의 전달특성을 측정하였다(송신 time slot 1, 수신 time slot 2)

표 1에 보인 측정치는 회의통화가 아닌 일반호의 경우로 interface A에서의 CCITT 권고 한계치 (G712)를 만족한다. 절대 연벨로프 지연은 디지털 증계선에서 250  $\mu$ sec 지연되고, 송수신 time slot 차이로 20  $\mu$ sec, 그리고 혼합기에서 250  $\mu$ sec 지연되어 총 520  $\mu$ sec가 지연된다.

그림 4에서 보인된 N-1 가산방식의 디지털 회의통화용 혼합기 대신 채널로그 혼합기를 사용하면 입력신호레벨에 대한 혼합기

표 1. 디지털 혼합기 전달 특성 측정치

D-1 GAIN +ve -ve				TX FREQ. 1	RX FREQ. 2	MP3776B
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	-2.45 dB
D-2 GAIN 0dB -ve				TX FREQ. 1	RX FREQ. 2	MP3776B
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	34.4 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-10.0 dBm	RESULT:	35.7 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-20.0 dBm	RESULT:	35.7 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-30.0 dBm	RESULT:	35.5 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-40.0 dBm	RESULT:	29.8 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-45.0 dBm	RESULT:	28.1 dB
D-3 GAIN + LEVEL -ve				TX FREQ. 1	RX FREQ. 2	MP3776B
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-10.0 dBm	RESULT:	-0.18 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-15.0 dBm	RESULT:	-0.82 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-20.0 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-25.0 dBm	RESULT:	0.85 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-30.0 dBm	RESULT:	-0.34 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-35.0 dBm	RESULT:	-0.85 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-40.0 dBm	RESULT:	0.15 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-45.0 dBm	RESULT:	0.51 dB
D-4 GAIN + FREQUENCY				TX FREQ. 1	RX FREQ. 2	MP3776B
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	0.21 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	0.31 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	0.41 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	1.21 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	2.39 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	2.99 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	-0.81 dB
MEAS	FREQ:	3.59 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
MEAS	FREQ:	3.99 kHz	LEVEL:	0.4 dBm	RESULT:	0.80 dB
D-5 RESOLUTE DELAY				TX FREQ. 1	RX FREQ. 2	MP3776B
MEAS	FREQ:	1.81 kHz	LEVEL:	-5.0 dBm	RESULT:	5.92 ns

표 2. 에널로그 혼합기 전달 특성 측정치

D-0 GAIN -4dB @				TX 1/FREQ: 7	RX 1/FREQ: 1	HP5776B
MEAS	FREQ: 1.00 MHz	LEVEL: 0.0 dBm	RESULT: -2.61 dB			

D-0 GAIN DIST -10dB				TX 1/FREQ: 2	RX 1/FREQ: 1	HP5776B
MEAS	FREQ: 1.01 MHz	LEVEL: 0.0 dBm	RESULT: 34.8 dB			
MEAS	FREQ: 1.03 MHz	LEVEL: -10.0 dBm	RESULT: 35.2 dB			
MEAS	FREQ: 1.05 MHz	LEVEL: -30.0 dBm	RESULT: 35.2 dB			
MEAS	FREQ: 1.07 MHz	LEVEL: -40.0 dBm	RESULT: 26.4 dB			
MEAS	FREQ: 1.09 MHz	LEVEL: -45.0 dBm	RESULT: 25.8 dB			

D-0 GAIN @ LEVEL -10dB				TX 1/FREQ: 7	RX 1/FREQ: 1	HP5776B
REF	FREQ: 1.01 MHz	LEVEL: -10.0 dBm	RESULT: -0.56 dB			
MEAS	LEVEL: 3.0 dBm	RESULT: 0.02 dB				
MEAS	LEVEL: -10.0 dBm	RESULT: 0.00 dB				
MEAS	LEVEL: -20.0 dBm	RESULT: -0.02 dB				
MEAS	LEVEL: -30.0 dBm	RESULT: -0.02 dB				
MEAS	LEVEL: -40.0 dBm	RESULT: -0.01 dB				
MEAS	LEVEL: -50.0 dBm	RESULT: 0.00 dB				
MEAS	LEVEL: -55.0 dBm	RESULT: 0.15 dB				

D-0 GAIN @ FREQUENCY				TX 1/FREQ: 2	RX 1/FREQ: 1	HP5776B
REF	FREQ: 1.01 MHz	LEVEL: 0.0 dBm				
MEAS	FREQ: 0.23 MHz	RESULT: 0.02 dB				
MEAS	FREQ: 0.73 MHz	RESULT: -0.04 dB				
MEAS	FREQ: 0.83 MHz	RESULT: 0.02 dB				
MEAS	FREQ: 1.23 MHz	RESULT: 0.02 dB				
MEAS	FREQ: 1.81 MHz	RESULT: 0.00 dB				
MEAS	FREQ: 2.39 MHz	RESULT: 0.04 dB				
MEAS	FREQ: 2.99 MHz	RESULT: 0.02 dB				
MEAS	FREQ: 3.59 MHz	RESULT: -0.70 dB				
MEAS	FREQ: 3.99 MHz	RESULT: -1.39 dB				

D-0 ABSOLUTE DELAY				TX 1/FREQ: 2	RX 1/FREQ: 1	HP5776B
MEAS	FREQ: 1.01 MHz	LEVEL: -5.0 dBm	RESULT: 0.99 ns			

의 선형성, 유류잡음, 왜곡성등이 디지털 혼합기인 경우보다 나쁘다. 이는 에널로그 혼합방식에서, D/A, A/D 변환에 의한 왜곡증가, filtering에 의한 선형성 저하, 혼합에 의한 잡음 증가에서 기인된다. 표 2.에는 에널로그 혼합기의 측정 결과를 나타냈으며 측정조건은 디지털 혼합기의 경우와 동일하다. (송신 time slot 2, 수신 time slot 1) 유류 channel 잡음(C message weighted)은 에널로그 혼합기는 17dBnCO 디지털 혼합기는 13dBnCO이다.

에널로그 혼합기에서 절대 연벨로우프 지연은 900 μsec로 T1 증개선에서의 지연과 송수 time slot 차이로 인한 지연을 빼면 약 600 μsec 지연되고 디지털 혼합기에서는 생기지 않는 연벨로우프 지연은 기준 주파수 1.81KHz(-5.0dBm)의 입력에 대해서 최대 200 μsec(0.51KHz)로 측정되었다.

#### 4. 결론

본고에서는 에널로그 혼합형태로 TDX-1에 이미 수용되어 회의의 자연성, 안정성 및 전달특성등이 실험적으로 입증되었던 N-1 가산방식을 사용하고, 연산은 TI사의 DSP chip인 TMS 32010으로 실현한 디지털 회의통화용 혼합기의 구성방식 및 성능 측정 결과에 대하여 기술하였다.

본방식의 성능을 측정해본 결과 에널로그 방식의 혼합기보다 낮은 입력레벨에서의 양자왜곡, 주파수 특성, 연벨로우프 지연 유류잡음 및 선형성등이 개선됨을 확인하였다.

본 32 channel 8 group 디지털 회의통화용 혼합기는 현재로서는 기본기능 위주로 설계되어 있으나 유지보수기능 및 자체 진단기능을 추가하면 실용화도 가능하리라 여겨진다.

한편 참가자수를 10인 이상으로 증가시키기 위해서는 상기 N-1

가산방식은 앞에서 언급하였듯이 안정도 및 유류잡음의 증가 등과 같은 문제점 때문에 사용이 곤란하다. 이경우에는 최대치+n 방식을 사용하는 것이 적합하다고 보여지며 추후 좀더 연구해야할 과제이다.

#### - 참고 문헌 -

1. N.S. Jayant, P. Noll, "Digital Coding of Waveforms", Prentice Hall, Chapter 4-5, 1984
2. W. Sinnema, "Digital, Analog, and Data Communication", Reston Publishing Co. Inc., Chapter 3, 1982
3. Yasumasa Iwase, Susumu Shirasuwa, Mokoto Mori, Masaki Ebata, Kensaku Fujii, "Structures for Digital Conferencing Speech System", the Technical Report of the Proceeding to the IECE of Japan, SE80-92, P101-108, 1980
4. S.G.Pitroda, Bernard J.Rekiere, "A Digital Conference Circuit for and Instant Speaker Algorithm", IEEE Trans. Communication Tech. VOL-COM19, No.6, P1069-76, 1971
5. Texas Instruments, "Signal Processing Products and Technology", 1984
6. Texas Instruments, "TMS32010 User's Guide", 1983