

# 스위치네트워크와 연동에 의한 이동통신용 반향제거장치 구현

正會員 吳 敦 成\*, 李 斗 秀\*\*

## Implementation of Echo Canceller for Mobile Communications Interworking with Switch Network

Don Sung Oh\*, Doo Soo Lee\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 코드 분할 다원접속(code division multiple access:CDMA) 방식의 디지털 이동 통신망에 적용하기 위한 반향 제거 장치의 구현에 대하여 기술하였다. 디지털 이동 통신망에 있어서, 공중 회선 교환 망에서 반향되어 오는 반향을 제거하는 것은 매우 중요하다. 디지털 이동 통신망의 경우, 음성 신호에 대한 프레임(20ms) 단위의 코딩으로 인하여, 반향의 왕복 지연은 약 180ms를 초과한다. 이 때 디지털 이동 통신망에서 반향 제거가 필요하다. 따라서 이동 교환기의 타임스위치 장치와 연동하여 동작하는 다채널 반향 제거 장치를 개발하였다. 구현된 반향 제거 장치는 시간 분할 방식을 이용하여 하나의 디지털 신호처리 프로세서에서 4개의 채널을 처리하므로 채널 당 가격을 줄일 수 있으며, 기존 반향 제거 장치에서 요구되는 튠 검출기 및 디스에이블링 회로가 필요 없다. 이동 통신 교환기의 타임스위치 장치와 연동하여 반향 제거를 하므로 중계선에 설치하는 기존 상용 반향 제거 장치 보다 상대적으로 경제적이다.

### ABSTRACT

In this paper, we describe a recently implemented echo canceller for digital cellular communication of Code Division Multiple Access(CDMA) that features time sharing of digital signal processor(DSP) over four channels in one DSP to reduce per channel costs. In the Public Land Mobile Network(PLMN), it is important to cancel the echo reflected from the Public Switched Telephone Network(PSTN) side. In case of digital mobile system, the round-trip

\*한국전자통신연구소  
Electronics and Telecommunications Research Institute

\*\*한양대학교 전자공학과  
Dept. of Electronics Eng., Han Yang Univ.  
論文番號:95271-0809  
接受日字:1995年 8月 9日

delay of the echo is in excess of about 180 milliseconds due to frame-by-frame voice coding. It is necessary to cancel the echo in PLMN. We have developed a multi-channel echo canceller that operates with Time Switch Module in a Mobile Switching Center(MSC). The general echo canceller needs PCM trunk interface circuits and the tone detection and disabling circuits, but the multi-channel echo canceller linked with Time Switch Module does not need them. Therefore we could develop the effective and economical echo canceller.

## I. 서론

고도의 정보화 사회가 도래함에 따라 다양한 형태의 정보를 시간과 공간에 구애받지 않고 교환할 수 있도록 하여 주는 이동 통신 서비스의 요구가 확대되고 있으며, 세계 각국에서는 이러한 요구를 만족시키기 위하여 다양한 방식을 사용한 이동 통신 시스템을 개발하여 사용 중이다. 현재 셀룰라 이동 통신 기술은 북미의 advanced mobile phone service(AMPS), 북구의 Nordic mobile telephone(NMT), 영국의 total access communications system(TACS) 등과 같은 애널로그 방식과, 기존의 애널로그 방식이 제공할 수 있는 가입자 수용 용량의 한계 및 통화 품질을 극복할 수 있는 디지털 방식인 global system for mobile communications(GSM), narrow-band AMPS(N-AMPS), time division multiple access(TDMA), code division multiple access(CDMA) 방식 등이 있다.<sup>[1,2]</sup>

디지털 이동 통신 시스템에서는 이동국과 기지국 사이에 무선 채널(common air interface)의 효율성 등의 이유로 사용 대역을 감소시키기 위해 프레임(20ms) 단위로 보코딩된 음성 트래픽 채널을 사용한다. 음성 데이터에 대한 프레임 단위의 음성 코딩을 할 때 수십 ms의 처리 지연이 발생된다. 따라서 디지털 이동 통신망의 이동 가입자가 회선교환 망에 접속된 고정 가입자와 통화 시에, 회선교환 망에 있는 2선/4선 변환 회로의 임피던스 부정합에 의하여, 이동 가입자의 음성이 이동 가입자에게 되돌아오는 반향으로 인해 이동 가입자가 통화에 불편을 느끼게 된다. 이 반향을 제거하기 위해서 반향 제거 장치의 필요성이 대두되었다.<sup>[3]</sup>

본 논문에서는 이동 통신 교환기(mobile switching center: MSC)의 스위치 네트워크와 연동에 의한 다채널 반향 제거 장치의 구현에 대하여 다루었다. CDMA 이동 통신 시스템의 구조 및 이동 교환기의 스위치 네트워크와 반향 제거 장치의 연동 방법에 대하여 기

술하고, 반향 제거 원리 및 반향 제거에 필요한 적응 필터 알고리즘에 대하여 살펴보았다. 또한 다채널 반향 제거 장치의 설계 및 구체적인 동작 원리 등의 구현에 대하여 기술하고, 반향 제거 알고리즘 및 본 반향 제거 장치로 측정된 반향 경로의 임펄스 응답과 시험 장치에 대하여 기술하고, IV상에서는 결론을 맺는다.

## II. 이동 통신 시스템과 반향 제거 장치

CDMA 이동 통신 시스템은 그림 1과 같이 이동국(mobile station: MS), 기지국(base transceiver station: BTS), 제어국(base station controller: BSC), 이동 통신 교환기, 홈 위치 등록국(home location register: HLR), 방문자 위치 등록국(visitor location register: VLR), 운용 보전국(operation & maintenance center: OMC) 등으로 구성된다. 이동국은 이동 통신 서비스를 받기 위하여 필요한 차량 전화 또는 휴대폰과 같은 단말장치이다. 기지국은 무선 주파수(radio frequency: RF) 접속을 통하여 이동국과 무선 접속을 수행하는 기지국 무선 장치이며, 이동국과 기지국 제어 장치 간의 유무선 접속 기능을 담당한다.

기지국은 RF 무선부와 CDMA 신호를 처리하는 채

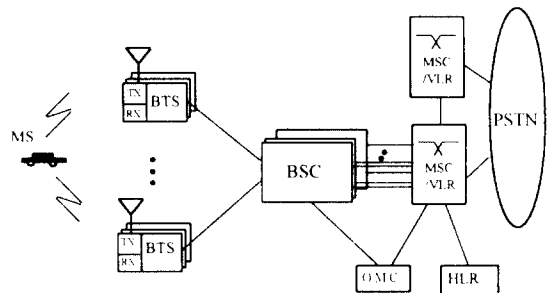


그림 1. CDMA 이동 통신 시스템 구조

Fig. 1 Architecture of CDMA mobile communication system.

널 엘리먼트(channel element:CE) 및 제어계로 이루어진 기저 대역 처리부, CDMA 데이터 프레임 및 호 제어 신호 프레임의 교환을 위한 기저국 상호 연결 통신망으로 구성되어 있다. 제어국과 T1/E1 중계선을 통하여 다중화된 패킷 형태의 프레임을 송수신 한다.

제어국은 기저국과 이동 통신 교환기 사이에 위치하여 기저국 관리와 제어 기능을 수행하며 CDMA 고유 기능을 중단 처리한다. 교환국은 이동 가입자에 대한 각종 이동 통신 서비스를 제공하기 위한 중계 호처리 기능 외에 이동 통신 고유 기능인 핸드 오프, 페이징, 로밍 및 인증 기능을 포함하고 있으며, 방문자 위치 등록국의 데이터 베이스를 관장한다. 운용 보전국은 이동 통신망에 대한 망 이용의 효율화, 보전 서비스 향상, 고품질 서비스의 유지 및 통신망 설비의 효율적 운용을 위한 중앙 집중화 된 운용 보전 시스템이다.

위와 같은 이동통신 시스템에서 반향 제거 장치를 회선 교환 망과 직접 연결되는 이동 통신 교환기 내의 중계선 정합 모듈을 수용하고 있는 스위치 네트워크의 타임스위치 장치와 연동하여 구현하는 것이 바람직하다.<sup>[4]</sup>

일반적으로 기존 상용 반향 제거 장치는 중계선 상에 위치하도록 되어 있어서 중계선 정합 회로 및 튠 디스에이블링 회로 등이 추가로 들어가 비경제적이고 중계선의 신뢰도를 저하시키며 유지 보수에 상당한 어려움이 있다. 반향 제거 기능을 BSC 내에 위치시킬 수 있으나, 이 경우에 반향 제거를 위한 적응 FIR 필터의 탭 수가 약 40명 정도 늘어나게 되며, 새로운 서비스에 대처할 수 있는 유연성이 떨어지는 단점이 있을 뿐만 아니라, 트래픽 처리면에서도 비효율적이다.

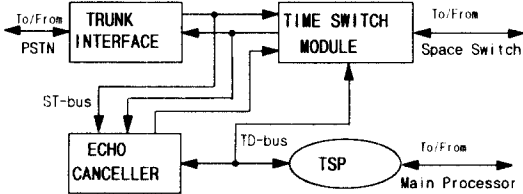


그림 2. 반향 제거 장치와 스위치 네트워크의 연결도  
Fig. 2 Interconnection between switch network and echo canceller.

그림 2에서 이동통신 가입자의 음성은 이동 통신 교환기의 시간-공간-시간 스위치 네트워크를 거쳐서 중계선 정합 회로(trunk interface)를 통해서 회선 교환 망의 해당 고정 가입자에게 전달된다. 이 때 전달된 음성 신호의 일부가 고정 가입자의 2선/4선 변환 회로에서 반향 되어, 그림 2의 중계선 정합 회로를 거쳐 이동통신 교환기의 스위치 네트워크를 통해 이동 가입자에게 반향으로 들리게 된다.

반향 제거가 필요한 경우, 반향 제거 장치는 상기의 반향을 제거하기 위해서 중계선 정합 회로에서 출력된 반향이 섞인 음성 데이터와 타임스위치 모듈에서 출력되는 이동 가입자의 원래 신호를 받는다. 반향이 제거된 신호가 타임스위치 모듈로 입력되어 이동 가입자에게 전달된다. 반향 제거 장치, 타임스위치 모듈 및 중계선 정합 회로 등은 32채널(2.048Mbps)로 다중화된 버스를 사용하고, 타임스위치 제어 프로세서(TSP)가 반향 제거 장치 및 타임스위치 모듈을 제어한다.

### Ⅲ. 반향 제거 원리 및 적응 알고리즘

반향은 그림 3에서 2선/4선 변환 회로인 하이브리드 회로에서 발생한다. 현재 회선 교환 전화망에서 교환기와 가입자간의 연결은 2선을 사용하고 있으며, 교환기 내부 및 망에서 전송은 4선을 사용한다. 2선/4선 변환 회로는 교환기 내의 가입자 정합 회로에 위치하고, 불완전한 임피던스 정합 등에 의하여 반향이 발생한다.<sup>[5,6,7]</sup>

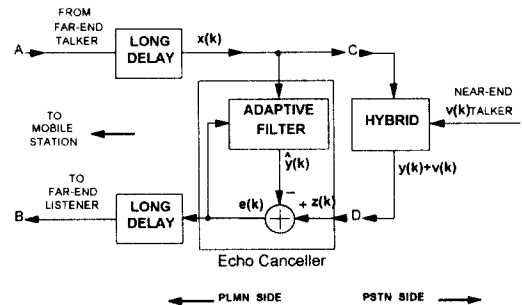


그림 3. 전화망에서 반향 제거 장치  
Fig. 3 Echo canceller in telephone network.

반향 제거 장치는 우선 반향 경로의 특성을 파악하고, 적응 필터링 알고리즘을 사용하여 반향에 대한 복제 신호를 발생시켜, 수신 신호로부터 복제 신호를 빼 줌으로써 반향이 제거된다. 반향 제거 장치는 그림 3과 같이 반향 경로와 병렬로 위치한다.

그림 3에서  $x(k)$ 는 원단 신호(far-end signal)이고  $v(k)$ 는 근단 신호(near-end signal)로  $x(k)$  신호와는 상관 관계가 없다. 그리고  $y(k)$ 는 제거하고자 하는 반향이 된다. 포트 D에는 송신되어야 할 근단 신호  $v(k)$ 와 반향 신호  $y(k)$ 가 합쳐진 신호  $z(k)$ 가 입력된다.

이 때 반향 신호  $y(k)$ 와 송신 포트 D의 신호  $z(k)$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y(k) = \sum_{n=0}^{\infty} h_n(k) x(k-n) \quad (1)$$

$$z(k) = y(k) + v(k) \quad (2)$$

여기서  $h(k)$ 는 실제 반향 경로의 임펄스 응답이다. 반향 제거 장치는 원단 신호  $x(k)$ 를 기준 입력으로 하여 반향 경로의 임펄스 응답을 추정하고, 근사화된 반향 신호  $\hat{y}(k)$ 를 얻어 포트 D의 신호로부터 상쇄시킴으로써 이상적인 근단 신호  $v(k)$ 만을 전송하게 된다. 송신단에 반향과 함께 존재할 수 있는 근단 신호  $v(k)$ 는 반향에 비해 상당히 큰 에너지를 갖는다.

전화망에 있어서 반향 경로의 임펄스 응답은 시간에 따라 천천히 변화하므로, 근단 신호가 존재하는 동안에는 반향 제거 장치의 계수 벡터의 적응을 금지시키는 방법이 사용된다.<sup>[8,9]</sup> 따라서 근단 신호 검출기는 반향 제거 장치를 구성하는데 있어서 상당히 중요한 부분을 차지하게 된다. 전화망에 있어서 반향은 하이브리드 회로를 통과하는 동안 적어도 6dB 이상 감쇄됨으로 아래 식 (3)과 같이 기준 입력 신호 중 가장 큰 절대값을 갖는 신호와 원시 입력 신호의 절대값을 비교하는 방법이 쓰인다.<sup>[6]</sup>

$$|z(k)| > \frac{1}{2} \max\{|x(k)|, |x(k-1)|, \dots, |x(k-N+1)|\} \quad (3)$$

여기서  $N$ 은 필터의 탭 수이다. 근단 신호가 검출되면 일정시간의 잔류시간(hangover time)을 갖게 하는 것이 바람직하다. 반향 경로는 tapped delay line(TDL) 적응 필터를 사용하여 추정할 수 있다. 필터 출력  $\hat{y}(k)$

는 기준 입력 신호  $x(k)$ 와 필터 계수  $w_n, n=0, 1, \dots, N-1$ 에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{y}(k) = \sum_{n=0}^{N-1} w_n(k) x(k-n) \quad (4)$$

여기서  $N$ 은 TDL 필터의 탭 수를 나타내며, 필터 출력을 벡터 형태로 표현하면 다음과 같다.

$$\hat{y}(k) = W(k)^T X(k) \quad (5)$$

여기서

$$W(k) = \{w_0(k), w_1(k), \dots, w_{N-1}(k)\}^T \quad (6)$$

$$X(k) = \{x(k), x(k-1), \dots, x(k-N+1)\}^T \quad (7)$$

는 각각 계수 벡터와 기준 입력 신호 벡터이며, 첨자 "T"는 전치(transpose)를 표시한다. LMS(Least Mean Square) 알고리즘은 필터의 탭이 Stochastic Steepest Descent 알고리즘에 따라 적응되며, 실현상의 이유 때문에 자승 오차의 기대치 대신 자승 오차의 순간치를 사용한다. LMS 알고리즘은 아래 식에 의해서 적응 필터 계수를 갱신한다.<sup>[10,11]</sup>

$$W(k+1) = W(k) + \mu e(k) X(k) \quad (8)$$

$$e(k) = z(k) - \hat{y}(k) = y(k) - \hat{y}(k) + v(k) \quad (9)$$

입력 신호의 자기상관행렬(autocorrelation matrix)의 최대 고유치를  $\lambda_{\max}$ 라 할 때, 스텝 크기  $\mu$ 는 LMS 알고리즘의 수렴 속도 및 안정성을 제어하는 상수로서  $0 < \mu < \frac{1}{\lambda_{\max}}$  범위에서 선택하여야 수렴이 보장된다. 일반적으로  $\mu$ 가 클수록 수렴 속도는 빨라지지만, 수렴 후에 잔여 오차는 크게 된다. 결국  $\mu$ 를 고정치로 해서 탭 계수를 갱신하는 경우, 수렴 속도 개선과 수렴 후 오차 개선은 상반된 문제이다. 또한 LMS 알고리즘에서는 수렴 상수  $\mu$ 는 입력 신호의 통계적 성질에 크게 의존한다.

Normalized LMS(NLMS) 알고리즘은 시간적으로 변화하는 수렴 상수를 이용하는 방법으로 계수 갱신식은 다음과 같다.

$$W(k+1) = W(k) + \beta \frac{e(k)}{\|X(k)\|^2} X(k) \quad (10)$$

여기서  $\beta$ 는 입력 신호에 의존하지 않는 값으로, 수렴이 보장되는 범위는  $0 < \beta < 2$ 이다. 따라서 NLMS 알고리즘은 입력 신호의 통계적 성질을 알지 못하더라도 수렴 상수  $\beta$ 를 설정하는 것이 가능하여 LMS 알고리즘보다 유용하다.<sup>[12]</sup>

이 이외에도 계수 갱신시 연산량을 줄이는 방법으로 입력 신호나 오차 신호의 부호를 이용하여 계수 갱신을 행하는 Sign 알고리즘<sup>[13]</sup>이 연구되고 있으나 수렴 속도가 낮은 단점이 있다. 또한 계수 갱신시에 시변 스텝 크기를 이용하여 수렴 속도를 빠르게 하는 방법으로 Variable Step 알고리즘<sup>[14, 15]</sup>도 연구되고 있으나, 안정된 적용을 위해서는 상당한 어려움이 따른다.

#### IV. 반향 제거 장치의 설계

반향 제거 장치는 각종 인터페이스, 그리고 유지 보수 기능을 수행하는 반향 제거 정합 회로와 64채널 단위의 반향 제거 기능을 수행하는 반향 제거 회로와 이들 회로팩(Printed circuit Board Assembly: PBA)을 실장하기 위한 백보드로 구성된다.

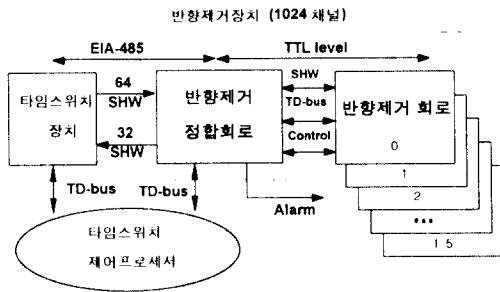


그림 4. 반향 제거 장치의 구성도  
Fig. 4 Block diagram of Echo canceller Module.

반향 제거 회로의 구성은 회로별 기능 형태에 따라 TD-bus 정합 블럭, 서브하이웨이 정합 블럭, 제어 블럭, DSP(Digital Signal Processor)블럭으로 구성된다. TD-bus 정합 블럭은 반향 제거 정합 회로를 거쳐 타입스위치 제어 프로세서(TSP)로부터 오는 직렬 형태의 데이터를 병렬로 변환, 분석하여 필요에 따라서 반향 제거 회로 내의 이중 포트 RAM에 저장하기도 하고, 이중 포트 RAM에 저장된 데이터를 직렬로 변

환하여 TSP로 전송하는 역할을 한다.

서브하이웨이 정합 블럭은 16개의 DSP가 처리한 64 채널을 타입스위치 장치로 전송할 때 생길 수 있는 데이터 충돌을 예방하고, 오류가 발생한 DSP로 인해서 다른 DSP의 데이터 전송에 영향을 주지 않도록 한다.

제어 블럭은 반향 제거 회로 전체를 제어, 감독하는 부분으로 TD-bus를 통해 TSP로부터 수신한 제어 정보대로 DSP 및 주위 회로를 제어하여, 요구된 채널의 반향 제거 또는 반향 제거 해제 기능을 수행하고, 이에 따른 결과를 TSP에 전달한다. 제어 블럭 내에 있는 1칩 컨트롤러는 내부 ROM과 RAM을 사용하여 Firmware를 내장하고, 이 Firmware에 의해 동작하며, 필요에 따라서 EIA-232C 인터페이스를 통해서 1칩 컨트롤러가 반향 제거 회로의 상태를 CRT에 나타낼 수 있다.

DSP 블럭은 반향 제거 회로에서 실시간으로 반향 제거를 수행하는 부분으로서 디지털 적용 필터 역할을 하는 16개의 DSP가 실장 된다. 하나의 DSP는 4채널에 대하여 반향 제거 및 반향 제거 해제를 담당한다. 반향 제거 회로가 초기화될 때 제어 블럭의 제어를 받아 부팅 ROM으로부터 순차적으로 프로그램을 DSP 내부 RAM으로 다운 로딩하여 DSP가 동작하게 되며 DSP가 반향 제거할 채널은 DSP의 직렬 포트를 이용해서 타입스위치 장치로부터 받아들이고, 반향 제거를 수행한 채널 역시 DSP의 직렬 포트를 통해 타입스위치 장치로 전송한다.

반향 제거 정합 회로는 서브하이웨이 정합 블럭, TD-bus 정합 블럭, 유지 보수 블럭으로 구성된다. 서브하이웨이 정합 블럭은 타입스위치 장치로부터 EIA-485 방식으로 수신한 음성 데이터를 TTL 레벨로 변환하여 반향 제거 회로로 전송하거나, 역으로 반향 제거 회로에서 수신한 TTL 레벨의 음성 데이터를 EIA-485 방식으로 변환하여 타입스위치 장치로 전송하는 기능을 한다. TD-bus 정합 블럭은 이중화된 TSP와 접속되어 어느 하나의 TSP나 TD-bus에 오류가 발생해도 기능을 수행할 수 있도록 하는 TD-bus 선택 기능을 한다. 또한 TSP가 반향 제거 장치에게 보내는 제어 정보를 EIA-485 방식으로 수신하여, 이것을 TTL 레벨로 변환하여 반향 제거 회로로 전송하고, 반향 제거 회로로부터 수신한 TTL 레벨의 상태 정보를 EIA-485 방식으로 변환하여 TSP로 보내는 기능을 한다.

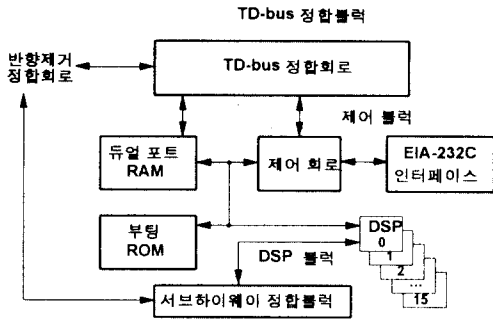


그림 5. 반향제거회로의 블럭도  
Fig. 5 Block diagram of Echo canceller circuit.

유지 보수 블록은 반향 제거 회로에서 발생하는 오류 및 서브하이웨이 클럭의 오류 등을 TSP나 경보 수집 장치에게 알리는 일을 수행한다. 또한 반향 제거 회로의 탈장이나 케이블이 빠졌을 때를 감시하여 문제가 발생하면 곧바로 TSP나 경보 수집 장치로 알리는 기능을 담당한다. 그리고 반향 제거 회로의 오류 및 탈장이 감지되면 반향이 제거되지 않은 상태라도 통화가 가능하도록 하기 위해, 반향 제거 회로를 거치지 않고, 이동 가입자와 고정 가입자간의 패스를 설정해 주는 루프백 모드 기능을 수행한다.

그림 6은 타임스위치 장치에서 제공되는 클럭(CLK) 및 프레임 동기 펄스(FS)와, 서브하이웨이 정합 블록에서 출력되는 각 DSP의 동기 펄스(DFS0-DFS7)에 관한 타이밍 도이다. 클럭은 2.048Mhz이고 프레임 동기 펄스는 클럭의 rising edge에서 시작하여 클럭의 한 주기 동안 "high"를 유지하다가 다시 클럭의 rising edge에서 "low"로 떨어지는데, 이 프레임 동기 펄스는 125 $\mu$ s의 주기를 갖고 반복한다.

첫 번째 DSP에 제공되는 동기 펄스 DFS0는 프레임 동기 펄스 16 클럭 전에 발생되는데, 이 첫 번째 펄스는 첫 번째 DSP로 하여금 직렬 송수신 포트를 통해 16비트(2채널분)의 데이터, 즉 바로 전 프레임의 채널 30과 채널 31을 송수신하는 신호로 사용된다. 첫 번째 DSP의 동기 펄스(DFS0) 중 두 번째 동기 펄스는 첫 번째 동기 펄스 발생 후 16 클럭 후에 발생하여, 프레임 동기 펄스와 같은 위치에 발생된다. 상기 두 번째 동기 펄스는 현재 프레임의 채널 0과 채널 1의 데이터를 송수신케 하는 신호로 사용된다.

첫 번째 DSP가 타임스위치 장치에서 제공되는 32 채널 프레임 중 바로 전 프레임의 2채널과 현재 프레임의 2채널 등 4채널을 직렬 송수신 포트를 통해 송수신하게 된다.

두 번째 DSP에 제공되는 DSP 동기 펄스(DFS1)는 첫 번째 DSP의 두 번째 동기 펄스 이후 16 클럭 후에 첫 번째 동기 펄스가 발생한다. 두 번째 DSP도 첫 번째 DSP와 마찬가지로 이 동기 클럭을 신호로 16비트(2채널) 데이터를 송수신한다. 첫 번째 동기 펄스 후 16 클럭 뒤에 발생하는 두 번째 동기 펄스를 신호로 역시 2채널 분의 데이터를 송수신함으로써 두 번째 DSP는 현재 프레임의 채널 2에서 채널 5까지의 4채널을 직렬 송수신 포트를 통해 송수신한다.

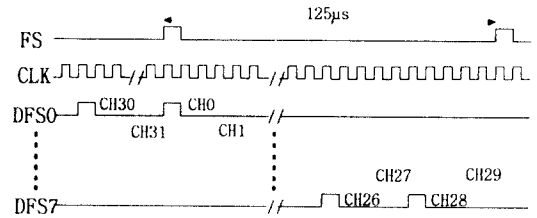


그림 6. 각 DSP에 제공되는 동기 펄스의 타이밍 도  
Fig. 6 Timing diagram of DSP synchronizing pulse.

이와 같은 방법을 여덟 번째 DSP까지 적용하면 여덟 번째 DSP는 현재 프레임의 채널 26에서 채널 29까지의 4채널에 대한 데이터를 송수신한다.

프레임 동기 펄스(FS)는 각 DSP의 인터럽트 단자와 연결되어 프레임 동기 펄스가 들어오면 각 DSP에 인터럽트가 발생한다. 이 때 각 DSP는 새로운 32채널 프레임을 인식하여, DSP 내부 카운터 및 직렬 송수신 포트에 관련된 레지스터 값들을 0 초기화한다. 하나의 DSP가 직렬 수신 포트를 이용해서 4채널씩의 데이터를 받아들이고, 이 데이터를 DSP 내에서 반향 제거 처리를 수행한다. 또한 DSP는 반향이 제거된 데이터를 직렬 송신 포트를 통해 타임스위치 장치로 전송한다. 따라서 반향 제거 회로팩 1개가 16개의 DSP로 64채널에 대해 반향 제거를 할 수 있다.

V. 반향 제거 알고리즘 및 임펄스 응답 측정

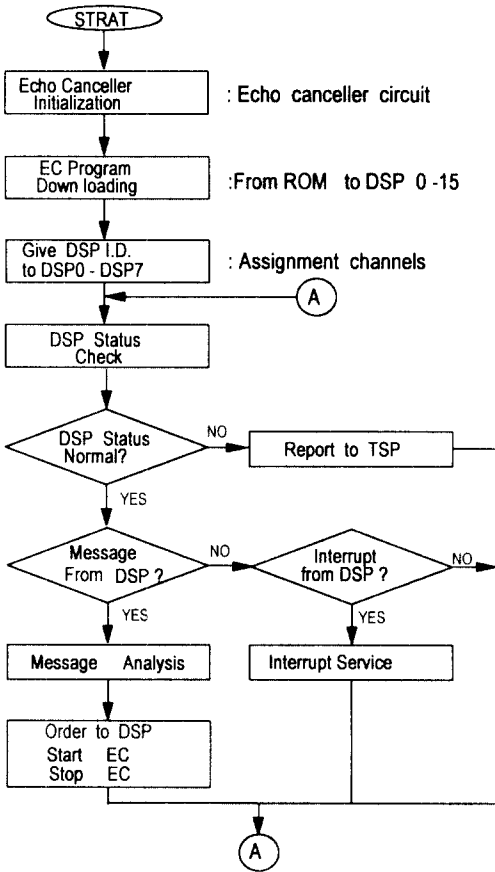


그림 7. 반향 제거 회로의 제어 흐름도  
Fig. 7 Flow chart of Echo canceller control program.

반향 제거 회로에는 16개의 DSP가 실장 되어 반향 제거 기능을 수행하는 디지털 적응 필터 역할을 한다. DSP의 동작 및 제어에 필요한 DSP 프로그램을 내장하기 위해 각 DSP마다 프로그램 ROM이나 데이터 RAM을 할당하지 않고, 반향 제거 회로에 내장된 1칩 컨트롤러의 제어를 받아 8개의 DSP가 하나의 부팅 ROM으로부터 반향 제거 프로그램을 각 DSP 내부 RAM에 다운 로딩 받아 동작하도록 설계하였다.

또한 1칩 컨트롤러와 8개의 DSP 간의 통신에 있어서도 1칩 컨트롤러가 버스 중재 역할을 하도록 하여 별도의 버스 중재 회로 없이 이들 디바이스들이 버스를 공동으로 사용하여 통신하도록 하였다. 그림 7은 반향 제거 회로를 제어하는 1칩 컨트롤러의 제어 프로그램 전체 흐름도이다. 반향 제거 장치에 사용된 반

향 제거 알고리즘은 NLMS(Normalized Least Mean Square) 알고리즘을 적용하였고, 탭 수는 국내 망을 고려하여 256으로 하였다.

그림 8은 DSP당 4채널의 반향 제거/반향 제거 해제 기능을 수행하는 DSP에 실장된 반향 제거 프로그램의 흐름도이다.

다채널 반향 제거 알고리즘은 다음과 같다.

- 1) 반향 제거 프로그램을 EPROM에서 다운 로딩 받은 후, 각 DSP는 반향 제거에 필요한 파라미터를 초기화시키고, 1칩 제어기의 제어에 의해 반향 제거를 시작한다.
- 2) 8khz의 프레임 동기 펄스에 의해서 해당 4채널의 PCM 데이터를 받고, 선형 14비트 데이터로 변환, DC offset을 제거한 후에 해당 버퍼에 저장한다.
- 3) 해당 채널이 반향 제거가 필요한 채널인 경우에는 적응 알고리즘에 의해서 반향 제거를 수행하고, 반향 제거가 필요 없는 채널의 탭 계수 값을 0으로 세트시킨다.
- 4) 반향이 제거된 채널의 데이터를 PCM 형태로 변환하여 DSP의 직렬 송신 포트를 통해 타임스위치 장치에 송신하기 위한 해당 버퍼에 저장한다.
- 5) 채널 카운터를 하나 증가시킨다. 증가된 카운트 값이 5보다 작으면 3)의 과정으로 돌아간다. 5가 되면 다음 단계로 넘어간다.
- 6) 반향이 제거되어 버퍼에 저장되어 있는 4채널의 송신 PCM 데이터를 해당 시간에 DSP 직렬 포트를 통하여 송신한다.
- 7) 프레임 펄스 인터럽트가 올 때까지 휴지(idle) 상태로 기다린다. 인터럽트가 발생하면 채널 카운트 값을 1로 세트시키고 과정 2)로 돌아간다.

위와 같은 다채널 반향 제거 알고리즘에 의해서 256 탭으로 반향 제거를 수행할 때 구현된 반향 제거 장치의 시험 장치에서 측정된 결과 최대 4채널에 대한 반향 제거를 수행할 때 요구되는 연산량은 37.4 MIPS이다. 따라서 한 채널을 반향 제거하는 데는 평균 9.35 MIPS 정도 필요하다.

구현된 반향 제거기에 사용된 DSP는 TMS320C50(25ns)으로 40MIPS까지 수행할 수 있는 것으로 성능 문제는 없는 것으로 검증되었다. 시험 장치 및 시스

템에서 시험한 결과 이중 통화시 75ms의 hangover 시간을 사용한 경우 일반적인 통화에서 문제가 없었다.

반향 제거기의 성능은 수렴 속도에 의해서 판단되나, 실제 시스템에서는 정확한 값을 측정할 수 없다. 실제 통화시에 일단 통화로가 형성되고 음성 데이터가 통화로에 나타나는 경우, 시험에서는 거의 반향을 느낄 수가 없었다. 수렴 시간은 음성 데이터의 상관(correlation)에 따라 큰 차이가 난다. ITU G.165 권고에서는 500ms의 수렴 시간을 권고하고 있다. 프로그램에서 백색 잡음을 사용하여 시뮬레이션 한 결과로는 약 250ms 정도로 나타났다.

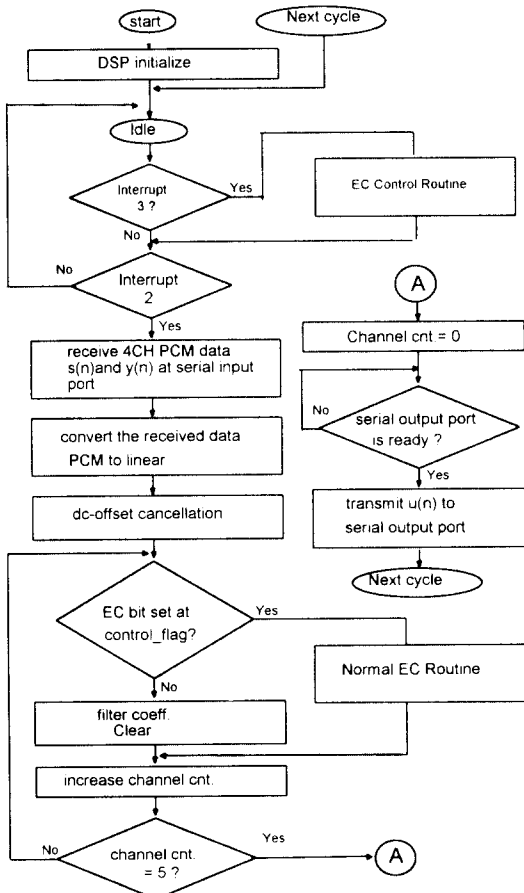


그림 8. 반향 제거 프로그램의 흐름도  
Fig. 8 Flow chart of Echo canceller program.

그림 9는 반향 제거 장치를 시험하기 위한 시험 장치로서 타임스위치 제어 프로세서(TSP), 타임스위치 장치(TSL), 가입자 프로세서(ASIP), 가입자 장치(ASI), 그리고 반향 제거 장치(ECC0, ECC1)와 반향 발생기(PCM 데이터 지연 회로) 등으로 구성된다.

반향 제거 장치의 기능을 확인하기 위해서 그림 9의 시험 장치로 실제 환경과 같이 설정하였다. 우선, 하나의 DSP가 실시간으로 동시에 4채널에 대해 반향 제거 기능을 수행하는지를 알아보기 위해 이동 가입자용 전화 4대와 고정 가입자용 전화 4대 등 8대의 전화를 가입자 장치에 접속한다.

이동 가입자용으로 설정된 4대의 전화는 실제로는 고정 가입자용 전화이기 때문에 이동 가입자용 전화기와 같은 효과를 내기 위해 반향 발생기를 설치하여 반향이 이동 가입자 전화기로 되돌아가도록 하였다. 타임스위치 장치의 경로를 설정하여, 8대의 전화기로 4쌍의 이동 가입자-고정 가입자간에 통화가 연결되도록 하였다. 가입자 장치를 동작시킨 후 가입자 장치에 연결된 전화기를 통해 통화함으로써 동시 4채널 반향 제거 기능 수행 여부를 시험하였으며, 타임스위치 제어 프로세서에 연결된 제어 모니터를 이용해서 각 DSP가 담당하는 4채널 중 특정 채널에 대한 반향 제거/반향 제거 해제 명령을 주어 요구대로 동작하는가를 시험하였다.

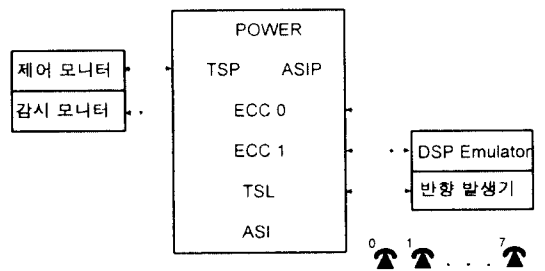


그림 9. 반향 제거 장치의 시험 장치 연결도  
Fig. 9 Connection diagram of Echo canceller test jig.

한편 반향 제거 장치에 접속된 감시 모니터에는 반향 제거 회로에 실장된 8개 DSP의 다운 로딩 및 DSP의 상태를 주기적으로 나타내준다.

그림 10은 구현된 반향 제거 장치의 시험 장치에서



측정한 반향 경로의 임펄스 응답을 보여주고 있는데, 순수 지연 부분과 난반사 부분으로 구성된다. 처음 평탄한 부분이 순수 지연 부분이고, 진동하는 부분이 난반사 부분이다.

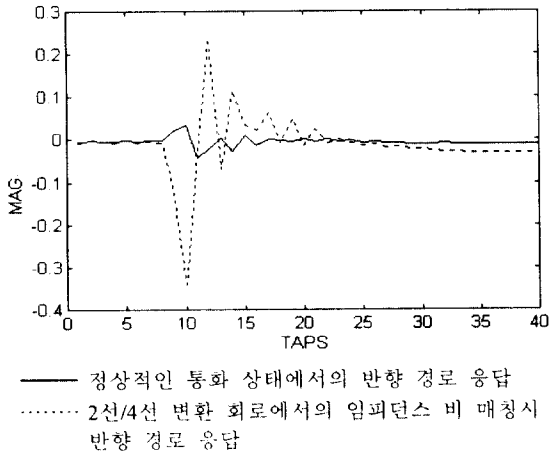


그림 10. 반향 경로의 임펄스 응답  
Fig. 10 An Impulse response of Echo Path.

순수 지연 부분이 반향 경로 지연을 나타내고 있으며, 평탄한 부분의 길이가 반향 경로의 거리에 비례하는데, 일반적으로 이 순수 지연 부분이 난반사 부분보다 크게 나타난다. 여기서는 오히려 순수 지연 부분이 난반사 부분보다 작는데, 그 이유는 시험 장치에서는 가입자 장치가 반향 제거 장치에 바로 연결되어 있어서 tail delay가 짧기 때문이다. 하나의 탭이 125 $\mu$ s에 해당하므로 순수 지연은 약 1.2ms이다. 평가된 지연 시간은 특수한 경우를 제외하고 국내 망에서는 25ms 이내인데, 구현된 반향 제거 장치는 256탭을 채용하고 있어 32ms까지의 지연을 수용하므로 국내 망에서 사용하는데 아무 문제가 없다.

난반사 부분은 약 3ms에 걸쳐서 나타나고 있음을 보여주고 있다. 실선은 정상적인 통화 상태에서 수렴된 경우의 임펄스 응답을 나타내고 있으며, 통화로는 연결되어 있는 상태에서 수화기를 hook-on 상태(2선/4선 변환 회로에서의 임피던스 부정합)에서 수렴된 경우에 측정된 반향 경로 특성이 점선으로 나타난다. 그러나 후자의 경우는 실험상의 데이터를 얻기 위해

서 측정된 것으로, 실제 상황에서는 거의 발생하지 않는 최악의 경우에 해당한다. 반향 제거 알고리즘 구현시 상기와 같이 반향 경로 특성을 측정하여, 얻은 측정값의 범위에서 약간의 여유를 두고 각종 파라메타를 설정하여야 한다.

## VI. 결 론

이동 통신 교환기에 반향 제거 장치를 구현, 설치하여 DSP당 동시 4채널에 대한 반향 제거 동작 여부를 직접 통화를 통해서 시험하였다. 그 결과 반향 제거 장치를 거치지 않은 경로의 통화에서는 이동 가입자의 음성 신호에 대한 보코딩 지연으로 인하여 이동 가입자에게 반향으로 들렸으나, 반향 제거 장치를 거친 통화에서는 반향이 제거되어 깨끗한 통화가 유지되었다. 특히 CDMA 이동 단말기와 AMPS 이동전화기 간의 통화 시에 이동 단말기의 수신 출력이 큰 경우에 나타나는 음향 반향도 반향 제거 장치에 의해서 제거되었다.

구현된 반향 제거 장치에는 DSP에 반향 제거 프로그램을 다운 로딩하기 위하여 64k 바이트 EPROM을 사용하는데, A-law PCM 코딩을 사용하는 장치와  $\mu$ -law PCM 코딩을 사용하는 장치에 모두 사용할 수 있도록 하기 위해, EPROM의 메모리 영역을 양분하여 각각에 A-law용 반향 제거 프로그램과  $\mu$ -law용 반향 제거 프로그램을 내장하여 A-law 또는  $\mu$ -law를 선택할 수 있게 하였다.

본 다채널 반향 제거 장치는 상용 반향 제거 장치에서 요구되는 톤 검출기 및 디스에이블링 회로가 필요없고, 타임스위치 장치와 연동하여 반향 제거를 하므로 중계선에 설치하는 기존 상용 반향 제거 장치보다 상대적으로 경제적이다. 따라서 구현된 반향 제거 장치는 이동 통신망뿐만 아니라 향후 PCS 망이나 ATM 망에도 이용될 수 있을 것이다.

추후 구현된 반향 제거기의 보다 상세한 성능 분석 및 반향 제거 장치에 적용하기 위한 효율적인 적응 알고리즘 연구를 계속할 예정이다.

## 참 고 문 헌

1. Raymond Steele, "Speech Codcs for Personal Com-

munications," *IEEE Communications Magazine*, pp. 76-83, Nov. 1993.

2. 이혁재, "CDMA 이동통신시스템의 연구개발 현황", *한국통신학회지*, 제10권 10호, pp. 681-292, 10월, 1993.
3. 오돈성, 신동진, 이두수, "반향제거기를 위한 개선된 탭 선택 알고리즘", *한국음향학회논문지*, 12권 3호, pp. 26-33, Mar. 1993.
4. D.S. OH, D.J. Shin, S.S. Kim and D.S. Lee, "Implementation of Multi-channel Echo Canceller for Mobile Communication with TMS320C50," *ICSPAT94*, pp. 259-263, 1994.
5. M. M. Sondy and D. A. Berkley, "Silencing echoes on the telephone network," *Proc. IEEE*, vol. 68, pp. 948-963, Aug. 1980.
6. D.L. Duttweiler, "A twelve channel digital echo canceller", *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-26, pp. 647-653, May 1978.
7. J.W. Emling and D.Mitchell, "The Effect of Time Delay and Echoes on Telephone Conversation," *Bell System Technical Journal*, vol. 42, No. 6, pp. 2869-2891, Nov. 1963.
8. D.L. Duttweiler, "Subsampling to Estimate Delay with Application to echo cancelling," *IEEE Trans. Acoust., Speech & Signal Processing*, vol. ASSP-31, Oct. 1983.
9. P.C. Yip and D.M. Etter, "An Adaptive Multiple Echo Canceller for Slowly Time-Varying Echo Paths," *IEEE Trans., Commun.*, vol. COM-38, pp. 1693-1698, Oct. 1990.
10. S.Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice-Hall, 1991.
11. B.Widrow and S.D Stearns, *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall, 1985.
12. N.J. Noda, "A Learning Method for System Identification," *IEEE Trans. Autom. Control*, AC-12, pp. 282-287, June 1967.
13. S.H. Cho and V.J. Mathews, "Tracking analysis of the sign algorithm in nonstationary environments," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-38, no. 12, pp. 2046-2057, Dec.

1990.

14. R. W. Harris, D. M. Chabries, and F. A. Bishop, "A variable step(VS) adaptive filter algorithm," *IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing*, vol. ASSP-34, no. 2, pp. 309-316, Apr. 1986.
15. R.H. Kwong and E.W. Johnson, "A variable step size LMS algorithm," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 40, no. 7, pp. 1633-1642, Jul. 1992.



오 돈 성(Don Sung Oh) 정회원  
 1958년 12월 5일생  
 1977년 3월~1981년 2월: 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1981년 3월~1983년 2월: 한양대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1992년 3월~현재: 한양대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중

1983년 3월~현재: 한국전자통신연구소 선임연구원  
 ※주관심분야: 적응필터응용분야, 이동통신 관련 기술.

이 두 수(Doo Soo Lee) 정회원  
 한양대학교 전자공학과 교수 제18권 2호 참조.