

## 반향제거기를 위한 개선된 탭선택 알고리즘

### A constrained tap selection algorithm for echo canceller

오 돈 성\*, 신 동 진\*, 이 두 수\*\*  
(Don-Sung Oh\*, Dong-Jin Shin\*, Doo-Soo Lee\*\*)

#### 요 약

본 논문은 반향제거기에 적용 가능한 적응 FIR필터의 고속 수렴 알고리즘을 제시하였다. 제안된 알고리즘은 지연 평가와 영역제화에 의한 탭위치 제어 등 두가지 특징을 가지고 있다. 반향 경로에 다중 반향이 발생했을 때에도 적용 가능한 탭위치 탐색에 제한을 두는 방법으로 제한된 탭위치 제어를 수행한다.

백색 가우시안 신호를 입력으로 사용한 반향제거기 시뮬레이션에 의해서 Full-tap NLMS, STWQ, 그리고 본 논문에서 제시한 알고리즘의 수렴특성을 비교한 결과, 제시한 알고리즘은 STWQ나 Full-tap NLMS 알고리즘에 비해서 256탭 적응필터에서 약 70% 정도 수렴 시간을 감소시키며, 또한 다중반향 발생 하에서 다른 알고리즘에 비해서 우수한 수렴 특성을 갖는다.

#### ABSTRACT

This paper presents a fast convergence algorithm of adaptive filters for echo canceller. There are two features which are flat delay estimation and constrained tap position control. In multiple echo of echo path, the proposed algorithm has good convergence characteristics by constrained tap selection.

Simulation results, assuming an echo canceller application, show that the proposed algorithm reduces the convergence time by up to 70% over STWQ or full tap NLMS algorithm, in case of 256 tap adaptive filter. The proposed algorithm is promising for adaptive FIR filters which is to model a path with long flat delay.

#### I. 서 론

근년, DSP(Digital Signal Processor) 기술의 진보에 따라 적응필터 기술의 이용이 다양한 분야에서 진전되고 있다. 적응 디지털 필터는 반향제거기 등 통신 분야에 광범위하게 응용되고 있다.

장거리 전화망, 디지털 이동통신망 등에서는 전송거리, 음성데이터 프로세싱 등에 의해서 수십 ms 이상의 지연이 발생한다. 일반 전화망의 가입자와 교환기 사이에서는 2선을 사용하여 양방향 통화를 하고, 디지털 교환기나 전송망에서는 4선식으로 양방향 통화를 구성한다. 따라서 교환기의 가입자 정합회로에서 2선/4선 변환회로를 사용하고, 이 때 임피던스 부정합등의 요인에 의해서 반향이 발생한다.<sup>[1]</sup> 반향이 존재하지 않는 경우 수백 ms의 지연이 발생하

\*한국전자통신연구소

\*\*한양대학교 전자공학과

접수일자: 1993년 3월 16일

라도 전화를 통한 대화에 큰 불편을 느끼지 않으나, 수십 ms의 지연이 발생하더라도 반향이 포함되면 대화에 곤란함을 느끼게 된다.<sup>[2]</sup>

반향제거기는 우선 반향 경로의 특성을 파악하고, 반향에 대한 복제 신호를 발생시켜, 수신 신호로부터 복제 신호를 빼줌으로서 반향이 제거된다. 시간적으로 변하고, 알려지지 않은 반향경로 때문에, 양질의 반향 복제 신호를 얻기 위해서는 적응 디지털 필터가 요구된다.

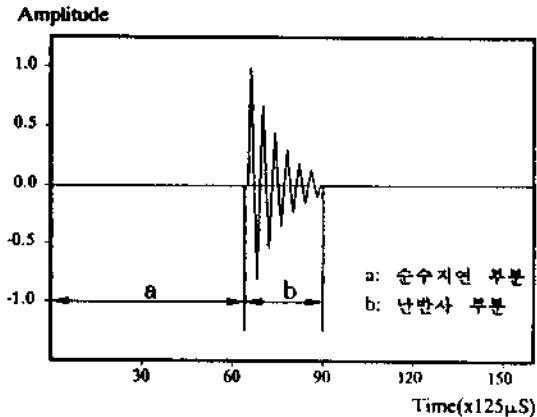


그림. 1. 반향경로의 임펄스 응답  
Fig 1. Impulse response of echo path

반향제거기에 있어서 반향경로의 임펄스 응답은 순수 지연 부분과 난반사 부분으로 구성된다. 그림 1에서 보는 것처럼 순수지연 부분 보다 난반사 부분은 상대적으로 매우 적다. 탭선택 알고리즘은 디지털 적응 FIR필터를 이용해서 반향제거를 할 때 순수지연 부분에 해당하는 탭의 계수를 제외시키고 난반사 부분의 탭들을 선택하여 반향제거를 하는 알고리즘이다. 계수가 영으로 수렴하기 때문에 임펄스 응답의 순수지연 부분에서 탭 계수를 갖는다는 것은 의미가 없다. 이와같은 사실로 순수 지연을 갖는 short-tap 반향제거기가 보고되어졌다. Duttweiler는 sub-sampled 적응필터의 부가에 의해서 순수 지연 부분을 평가하는 방법을 제시하였다.<sup>[3]</sup> sub-sampling에 의해서 계산량을 줄일 수 있으나 부가적인 적응필터가 필요하다. 성능이 sub-sampling rate에 의존하기 때문에 부가적인 필터는 양호한 성능을 위해 많은 부하를 받게된다.

Yip에 의해 제시된 다중 반향제거기는 여러 개의 난반사 부분과 순수 지연 부분으로 구성된 반향경로

의 모델링 방법을 제시하였다.<sup>[4]</sup> 지연평가에 의한 cross-correlation 계산이 요구되는 것이 단점이다.

Kawamura 등이 coarsely located 탭을 가진 적응 FIR 필터와 STWQ(scrub taps waiting in a queue) 알고리즘을 제안하였다.<sup>[5]</sup> STWQ 알고리즘은 계수의 값과 아울러 각 탭 계수의 위치를 제어한다. FIR 필터의 전체 지연 요소 보다 적은 수의 탭계수를 활성 탭으로 필터의 동작에 사용한다. 활성 탭 중에서 작은 계수 값을 갖는 몇 개를 인덱스가 큐에 저장되어 있는 같은 수의 비활성 탭과 바꾼다. 각 탭의 독립된 위치 제어 때문에, STWQ는 YIP이 제안한 방법 보다 몇개의 다중 반향에 대해서도 유연하게 동작될 수 있다. 그렇지만 STWQ는 때때로 Full-tap NLMS 알고리즘 보다 낮은 수렴속도를 가질 때가 있다.

또한 Ikeda 등이 2단 적응과 영역제한에 의한 탭위치 제어용 두가지 특징을 갖는 알고리즘을 제안하였다.<sup>[6]</sup> 제안된 알고리즘은 수렴특성에서 비교적 양호하나, 회의 통화시에 나타날 수 있는 여러 개의 난반사 부분을 갖는 반향에 대해서는 적용할 수 없다.

본 논문에서는 STWQ 알고리즘의 장점을 그대로 유지하면서, full-tap NLMS 알고리즘 보다 빠른 수렴 속도를 갖고면서, 여러개의 난반사 부분을 갖는 반향에 대해서도 적용할 수 있는 새로운 알고리즘을 제안한다.

다음 장에서는 STWQ 알고리즘을 살펴보고, 그리고 제안된 알고리즘을 살펴본다. 반향제거기에 적용한 시뮬레이션 결과로 각 알고리즘의 수렴특성을 분석한다. 제안된 알고리즘의 수렴특성을 full-tap NLMS<sup>[7]</sup>와 STWQ의 수렴 특성과 비교하여, 단일 반향 및 회의 통화시에 나타날 수 있는 여러 개의 난반사 부분을 갖는 다중 반향에 대해서 우수성을 보여준다.

## II. STWQ 알고리즘

STWQ 알고리즘은 반향경로의 임펄스 응답 중에서 난반사 부분에 해당하는 활성 탭의 위치를 제어한다. 탭의 계수값이 작으면 작을수록 필터의 출력에 미치는 영향이 적다는 것이 이 알고리즘의 원리이다. 그림 2에서 활성 탭으로 바뀌는 탭수  $R=1$ 인 경우에 STWQ의 제어에 의해서 탭위치 제어하는 방법을 보였다.

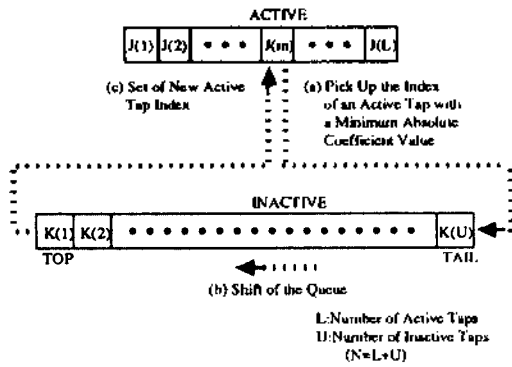


그림 2. STWQ 알고리즘에 의한 탭위치 제어  
Fig 2. Tap-position control by STWQ(R = 1)

STWQ 알고리즘에 의해 탭제어 절차는 다음과 같다.

(1) N개의 지연요소의 지수를 활성탭 군  $J(m)$  ( $1 \leq m \leq L$ )과 비활성탭 군  $K(n)$  ( $1 \leq n \leq U$ ,  $U = N-L$ ) 등 두개의 군으로 나눈다. 처음에 N개의 탭 위치 중에서 등간격으로  $J(m)$ 을 선택한다. 활성탭의 계수는 초기 값으로 0을 선택한다.  $K(n)$ 이 지수의 차수로 FIFO큐에 저장되고,  $\{J(m) \cup K(n)\} = \{1, 2, \dots, N\}$ 으로 정의된다.

(2)  $J(m)$ 에 의해서 지시되는 활성탭의 계수들은 Q 반복 동안 스텝 크기  $\mu$ 를 갖는 NLMS 알고리즘에 의해서 갱신된다.

(3) 계수의 절대 값이 작은 R개의 활성탭은 비활성으로 되고, 그들의 지수는 큐의 뒤에 첨부된다.

(4) 큐에 있는 지수들은 R만큼 큐의 앞쪽으로 이동된다.

(5) 큐의 앞 부분에 있는 R개의 지수에 의해서 지시되는 탭들은 활성으로 바뀌고, 새로운 값으로 0을 set 시킨다.

(6) 다시 (2)로 간다.

STWQ는 full-tap NLMS보다 늦게 수렴하는 경우가 많다. 늦은 수렴에는 두가지 이유가 있다. 첫째, 큐의 길이가 길때( $N \gg L$ ) 비활성 탭의 수가 크다. 큐의 맨 뒤에 있는 지수가 지시하는 탭은 지수가 맨 앞으로 이동할 때까지 오래 동안 활성화 되지 않는다. 난반사 부분이 알려져 있지 않기 때문에 큐에서 난반사 부분에 해당되는 지수를 가져오는 것은 불가능하다. 그러므로 난반사 부분에 해당되는 지수가 큐의 뒤쪽에 있을 때는 수렴시간이 길어진다.

둘째, 계수 갱신을 위한 스텝 크기가 충분히 작지

않을 때 난반사 바깥 부분 또는 Zero-crossing 부분에 해당되는 탭 계수의 바라지 않는 변동이 난반사 부분에서 탭계수의 성장을 방해한다. 이와같은 변동은 STWQ 알고리즘이 계수 값의 평가에 기초를 두고 있기 때문에 활성탭 선택에 직접 영향을 준다. 스텝 크기가 작으면 작을수록 변동이 적게 일어난다. 그러나 스텝 크기가 작으면 난반사 영역에서 계수의 성장이 늦어지게 된다.

### III. 탭선택 알고리즘

탭선택 알고리즘의 특징은 순수 지연 평가와 새로운 탭 탐색 영역에 제한을 주는 탭위치제어의 2단계 식용 등이다. 최대 절대값으로 활성 탭들에 대한 유박의 계산에 의해서 순수 지연을 평가 한다. 순수 지연을 평가하기 위한 스텝 크기  $\mu$ 는 zero-crossing 부분과 난반사 부분 밖의 탭계수의 적은 변동을 위하여, 제한된 탭위치 제어를 위한 스텝 크기  $\mu$  보다 작도록 한다. 제한된 탭 위치 제어는 새로운 탭 탐색에 제한을 둠으로서 이루어진다. 제한 영역은 안정하고 빠른 수렴을 위하여 최대 절대치를 갖는 탭위치 주위에 유지한다. 제한된 탭 위치제어는 평가되어진 난반사 부분 밖의 탭들을 생략함에 의해서 큐와 수렴을 독립된 것으로 세팅한다.

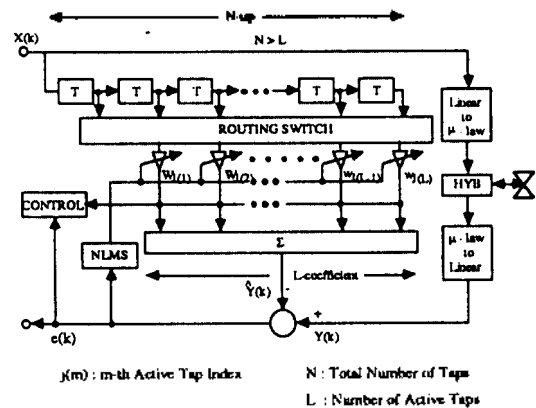


그림 3. 탭선택 알고리즘을 적용한 반향제거기 구성도  
Fig 3. Echo Canceller Equipped with the Tap Selection Algorithm

그러 3은 제안된 알고리즘으로 실현한 반향제거기의 불려도플 보였다.  $X(k)$ ,  $Y(k)$ ,  $\hat{Y}(k)$ ,  $e(k)$ 는 각각 입력신호, 반향, 반향복제, 잔여반향이다. 필터는

L개의 활성 탭과 N개의 지연소자를 갖는다. N개의 지연소자의 출력은 라우팅 스위치로 입력된다. 라우팅 스위치는 제어 블록으로 부터 L개의 활성 위치를 얻고, 일치되는 지연소자의 출력을 선택한다. 반향복제  $\hat{Y}(k)$ 는 선택된 지연 소자의 출력과 활성탭의 계수 사이의 선형조합으로 계산된다. 활성 탭의 계수는 NLMS 알고리즘으로 갱신된다. 제어블럭은 활성탭의 계수와 잔여 반향을 기초로 활성 탭의 위치를 제어하며, 탭선택 알고리즘은 제어블럭 내에 속해서 수행된다.

순수 지연의 평가는 계수값의 관측에 의해서 평가되어 지며, 순수 지연의 평가 절차는 다음과 같다.

(1) N개의 지연요소의 지수를 활성 탭 군  $J(m)$  ( $1 \leq m \leq L$ )과 비활성 탭 군  $K(n)$  ( $1 \leq n \leq U, U = N-L$ ) 등 두개의 군으로 나눈다. 처음에 N개의 탭 위치 중에서 등간격으로  $J(m)$ 을 선택한다. 활성 탭의 계수는 초기 값으로 0을 선택한다.  $K(n)$ 이 지수의 차수로 FIFO 큐에 저장되고,  $J(m) \cup K(n) = \{1, 2, \dots, N\}$ 으로 정의된다.

(2) 활성 탭의 계수는 V반복동안 스텝 크기  $\mu 1$ 로 NLMS 알고리즘에 의해서 갱신한다.

(3) 최대 절대값으로 각 활성 탭의 윤곽 비율  $P(J(m))$ 을 최근 T 반복 동안 계산되어 진다. 가장 큰  $P(J(m))$ 은 윤곽 비율을 위한 임계 값인  $P_{th}$ 와 비교되어 진다.

(4) 만약  $P(J(m)) > P_{th}$ , (6)으로 점프하고, 그렇지 않으면  $J(m)$ 과  $K(n)$ 은 변경되어 진다. 각  $J(m)$ 은 초기조건을 새롭게 하기위하여 오른쪽으로 S 만큼 이동시킨다. 상응하는 계수들은 새로운 값으로 0이 세트된다.

(5) 절차는 (2)부터 반복된다.

(6) 최대 절대값을 갖는 탭의 지수  $I_{max}$ 는  $J(m)$ 으로 정의되고, 순수 지연 평가를 끝낸다.

상기 과정에서  $P(J(m))$ 은 NLMS 알고리즘을 V번 반복할 때의 최대 절대값 되는 회수를 V로 나눈 값으로 0에서 1 사이의 값이 된다. 또한  $P_{th}$ 는 0.5에서 1 사이의 값을 선택한다.  $P_{th}$ 를 0.5에 가까운 값으로 택하면 순수 지연 평가를 빨리 할 수 있으나, 입력, 임펄스 응답, NLMS 알고리즘 수렴 형태에 따라서는 잘못된 평가를 할 확율이 높아진다. 또한  $P_{th}$ 를 1에 가까운 값으로 선택하는 경우는 순수지연 평가를 수행하는 시간이 길어지나, 잘못된 평가를 할 확율이 거의 없어 진다. 따라서 본 알고리즘 적용시에  $P_{th}$ 의 값의 선택에 따라 전체 수렴 시간에 영향을 준다.

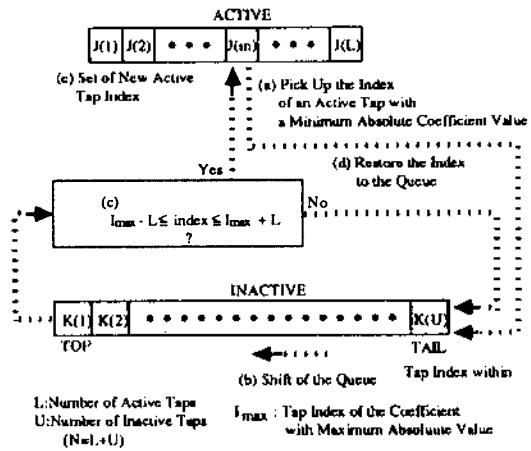


그림 4. 제한된 탭 위치 제어 방법  
Fig 4. Constrained Tap-Position Control

그림 4에서 제한된 탭위치 제어 방법을 보였다. 새로운 활성 탭 위치에 대한 조건부 판단을 포함하는 것이 그림 2와 그림 4의 차이점이다. 큐의 맨앞에 있는 지수가  $I_{max} - L$ 과  $I_{max} + L$  사이에 있는가를 평가하는 것이 조건부 판단이다.  $I_{max}$ 는 모든 계수 갱신 때마다 갱신되기 때문에 제한된 탭위치 제어는 경로의 특성 변화를 추적하는 기능을 갖는다. ERLE (Echo Return Loss Enhancement)가 ERLE의 임계치  $ERLE_{th}$  보다 작은 경우, 안정된 고속 수렴이 되도록 하기 위하여 순수 지연 평가에 의해서 결정된  $I_{max}$ 는 변경 시키지 않고 유지한다.

제한된 탭 위치 제어의 절차는 아래와 같다.

(7) R 개의 최소 절대 값의 계수를 갖는 활성 탭은 비활성으로 만들어 지고, 해당 지수는 큐의 맨뒤에 붙는다.

(8) 큐의 앞에서 하나의 지수를 꺼낸다. 해당 지수가 영역  $[I_{max} - L, I_{max} + L]$  밖에 있으면 큐의 맨뒤로 간다. 만약 해당지수가 영역 안에 있으면 새로운 활성 탭이 되고, 값이 0으로 세트된다. 계속 반복해서 R 개의 새로운 활성탭이 만들어진다.

(9) 스텝 크기  $\mu (\gg \mu 1)$ 을 가지고 Q 반복동안 NLMS 알고리즘을 수행하여 활성 탭의 계수를 갱신한다.

(10) 만약  $ERLE > ERLE_{th}$ 이면  $I_{max}$ 은 최대 절대 값을 갖는 탭의 지수인  $J(m)$ 으로 대체된다.

(11) 탭 위치제어 및 계수 적응과정은 (7)부터 반복된다.

#### IV. 다중 반향 발생시 고속 수렴 알고리즘

디지털 이동통신망과 회선망 사이에 통화로의 형성되어 가입자 간에 통화를 진행하다가, 어느 가입자가 3자통화 등의 회의통화를 시도하는 경우, 통화로의 반향은 여러 개가 발생한다. 이 때 ERLE가 급격히 떨어지면서도, Double talk 상태는 아닌 경우이다. 이 경우 처음 두 가입자간 통화시의 통화로의 임펄스 응답의 탭위치는 거의 변하지 않으므로 기존의  $I_{max}$ 에 따른 해당 지수 영역  $[I_{max} - L, I_{max} + L]$ 은 유효하다. 새로 통화에 참여한 가입자의 난반사 영역을 찾기 위해서 제안된 알고리즘의 순수 지연평가를 수행한다.

이때 순수 지연의 평가의 절차는 아래와 같다.

(1) N개의 지연요소의 지수를 완성 탭군  $J(m)$  ( $1 \leq m \leq 2L$ )과 비완성 탭군  $K(n)$  ( $1 \leq n \leq U$ ,  $U = N - 2L$ ) 등 두개의 군으로 나눈다. 처음에 N개의 탭 위치 중에서 등간격으로  $J(m)$ 을 선택한다. 완성 탭의 계수는 초기 값으로 0을 선택한다.  $K(n)$ 이 지수의 차수로 FIFO 큐에 저장되고,  $J(m) U K(n) = \{1, 2, \dots, N\}$ 으로 정의된다.

(2) 완성 탭의 계수는 V반복동안 스텝 크기  $\mu$ 로 NLMS알고리즘에 의해서 갱신한다.

(3) 기존의  $I_{max}$ 에 따른 지수 영역  $[I_{max} - L, I_{max} + L]$  내의 가장 큰  $P(J(m))$ 은 유효 비율을 위한 임계 값인  $P_{th}$ 와 비교되어 진다. 동시에 지수 영역  $[I_{max} - L, I_{max} + L]$  밖의 임펄스 응답의 임계값  $H_{th}$ 보다 큰 최대 절대값으로 각 완성 탭의 유효 비율  $Ps(J(m))$ 을 최근 T 반복 동안 계산되어 진다.

(4) 만약  $P(J(m)) > P_{th}$ , (6)으로 집프하고, 그렇지 않으면  $J(m)$ 과  $K(n)$ 은 변경되어 진다. 각  $J(m)$ 은 초기조건을 새롭게 하기위하여 오른쪽으로 S 만큼 이동시킨다. 상응하는 계수들은 새로운 값으로 0이 셋트된다.

(5) 절차는 (2)부터 반복된다.

(6) 지수 영역  $[I_{max} - L, I_{max} + L]$  밖의 가장 큰  $Ps(J(m))$ 은 두번째 난반사 부분의 유효비율을 위한 임계값인  $P_{sth}$ 와 비교되어 진다. 만약  $Ps(J(m))$ 이  $P_{sth}$ 보다 크면 최대 절대값을 갖는 탭의 지수  $I_{smax}$ 는  $J(m)$ 으로 정의되고, 작으면 지수 영역  $[I_{max} - L, I_{max} + L]$  내에만 난반사 부분이 존재하는 것으로 판단하고 순수 지연 평가를 끝낸다.

제안된 탭위치 제어 방법은 단일 반향일 때와 거의 같으나, 큐의 맨앞에 있는 지수가  $I_{max} - L$ 과  $I_{max} + L$

또는  $I_{smax} - L$ 과  $I_{smax} + L$  사이에 있는가를 평가하는 조건부 판단이 다르다.

#### V. 시뮬레이션 결과 및 분석

반향제거기의 응용에서 single-talk의 성능은 Zero-mean, 단위 분산의 백색 가우시안 신호로 평가하였다. 반향경로의 난반사 부분,  $H(k)$ 는 (1)로 정의하였다.

$$H(k) = \exp\{-0.1 \cdot (k-1)\} \cos\{0.5 \cdot (k-1) \cdot \pi\} \quad (1 \leq k \leq 25) \quad (1)$$

$k$ 는 샘플링 지수.

반향제거기의 성능을 평가하는 방법은 ERLE(Echo-Return Loss Enhancement)를 측정하는 것이 일반적이다. ERLE는 식 (2)에 의해서 정의된다.<sup>14)</sup>

$$ERLE(k)dB = 10 \times \log \frac{\sum_{i=1}^k y_i^2}{\sum_{i=k+1}^N e_i^2} \quad (2)$$

그림 5의 시뮬레이션에서 각 알고리즘에 사용된 NLMS알고리즘의 필터계수 갱신은 식(3)에 의해서 수행하였다.

$$W(n+1) = W(n) + \mu U(n)e(n) / (a + \|U(n)\|^2) \quad (3)$$

일반적으로 전화망에서의 반향제거기의 위치는 방향을 발생시키는 하이브리드 회로에서 가까운 위치에 두는 것이 필터의 탭이 작아져 유리하다. 국내 회선 교환망에 이동통신 교환망을 접속하는 경우, 약 20-30 ms 정도의 탭을 갖는 반향제거기를 사용하면 된다.

시뮬레이션에서는 식(3)에서 적응필터의 탭수는 256(32ms), 난반사 부분은 25탭, 순수지연은 128(16ms) 탭으로 하였고,  $\mu$ 는 0.5,  $a$ 는 0.01로 하였다. 그림 5의 A는 탭선택 알고리즘의 수렴특성으로 ERLEth는 10dB로 하였고, 순수지연 평가시에 사용되는 스텝 크기  $\mu$ 1은  $0.5^{-7}$ 로 하였으며, V, T, S, R, Q, Pth는 60, 40, 6, 2, 2와 0.8을 각각 선택하였다. 또한 그림 5의 C는 STWQ 알고리즘에 의한 수렴특성으로 Q는 10, R은 1로 하였다.

그림 5의 수렴특성을 살펴보면, A는 탭선택 알고리즘의 수렴특성으로 약 1000회 반복에서 급격하게

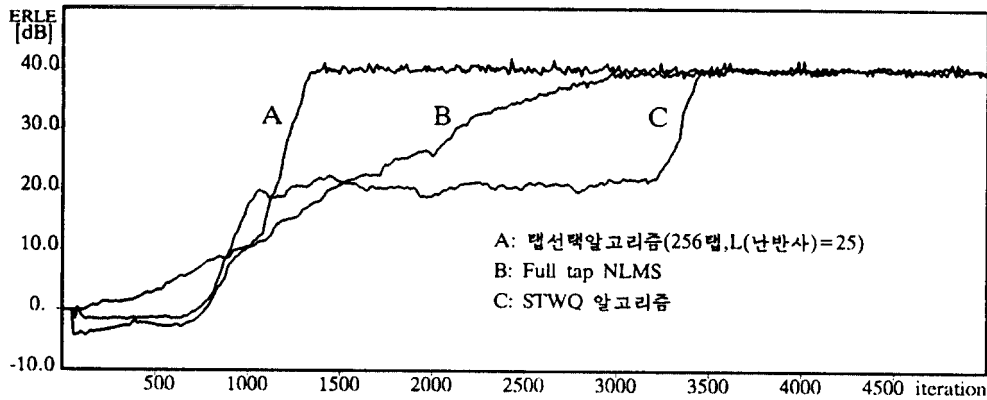


그림 5. 단일 반향시 각 알고리즘의 수렴특성  
Fig 5. Convergence Characteristics with single echo

ERLE가 커져서 수렴되고, full tap NLMS 알고리즘은 반복회수가 늘어남에 따라 점차적으로 ERLE가 커져서 약 3000회 정도에서 40dB가 되며, C의 STWQ 알고리즘에 의한 수렴 특성은 처음 20dB까지는 급격히 상승하나, Scrub 큐에 있는 난반사 부분의 탭계수에 해당되는 지수가 낮게 완성 탭계수로 변하는 관계로 3500회 정도에서 수렴한다. 이와같은 시뮬레이션 결과, 탭선택 알고리즘은 주어진 조건하에서 full tap NLMS 알고리즘 보다 약 65% 정도 수렴시간을 줄일 수 있고, STWQ 알고리즘에 비해서는 약 70% 정도 수렴시간을 줄일 수 있다. 또한, 필터 탭수가 커짐에 따라 탭선택 알고리즘의 수렴특성은 상대적으로 더욱 좋게 된다. 이와 같은 시뮬레이션 결과는 제한한 알고리즘에서 반향제거기의 반향경로의 임펄스 응답에서 상대적으로 적은 탭을 갖는 난반사 부분을 순수 지연 평가를 수행하여 효과적으로 찾아

내고, 찾아진 난반사 부분에 윈도우를 설정하고, 난반사 부분의 변화에 따라 윈도우를 서서히 변화시키면서, 윈도우 안에서 NLMS 알고리즘을 수행하므로서 나온 것이다.

그림 6의 시뮬레이션에서는 A가 탭선택 알고리즘의 수렴특성이고, B가 full tap NLMS 알고리즘의 수렴특성이다. 4000회 반복 시점에서 방향경로의 임펄스 응답을 다중반향으로 바꾸었으며, 다중 반향은 3 자동화블 가정하여 반향의 크기를 단일 반향에 비해서 3dB 정도 감소시켜 발생시켰다. 시뮬레이션에서 탭선택 알고리즘의 각종 파라메타는 단일 반향 때와 유사하게 하였다. 다중 반향 발생시에도 하나의 반향의 위치는 단일반향 때의 난반사 위치에서 거의 변하지 않는다고 가정하였다. 이 때 다중반향 발생 후에도 탭선택 알고리즘은 상대적으로 양호한 수렴 특성을 갖는다.

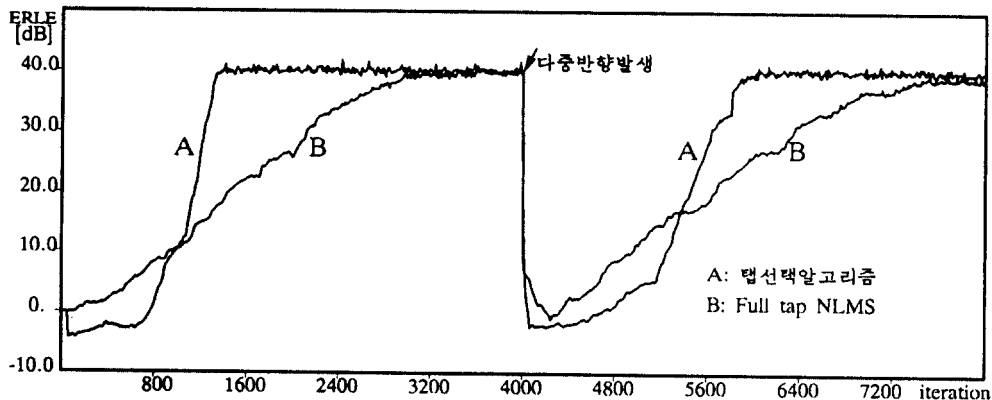


그림 6. 다중 반향시 각 알고리즘의 수렴특성  
Fig 6. Convergence Characteristics with multiple echo

W. 결 론

참 고 문 헌

반향제거기를 구성할 때 적응필터의 적용은 필수적이고, 이 때 적응필터의 알고리즘은 일반적으로 full tap NLMS알고리즘을 사용하나 반향 경로의 임펄스 응답의 난반사 부분이 상대적으로 작은점을 고려한 여러가지 알고리즘이 연구되어 왔으나, 수렴 특성이 우수하고 다중 반향에 대해서도 적용 가능한 알고리즘이 없었다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 시뮬레이션 결과, 256탭 적응필터에서도 Full tap NLMS 알고리즘이나, STWQ알고리즘에 비해서 약 70% 정도의 수렴시간을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 다중반향 시에도 우수한 수렴특성을 유지한다. 또한 적응필터의 탭수가 커짐에 따라 상대적으로 더욱 우수한 수렴 특성을 갖을 수 있다.

본 논문에서 시뮬레이션 과정에서 백색 가우시안 신호를 사용하였다. 향후 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하여 반향제거기를 구성하고, 실제의 음성신호를 사용하였을 경우의 수렴특성에 관하여 분석할 예정이다.

1. D. L. Duttweiler, "A twelve channel digital echo canceller," IEEE Trans. Commun., vol. COM-26, pp.647-653, May 1978.
2. M. M. Sondi and D. A. Berkley, "Silencing echos on the telephone network," Proc. IEEE, vol.68, pp. 948-963, Aug. 1980.
3. D. L. Duttweiler, "Subsampling to estimate delay with application to echo cancelling," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-31, pp.1090-1099, Oct. 1983.
4. P. C. Yip and D. M. Etter, "An Adaptive Multiple Echo Canceller for Slowly Time Varying Echo Path," IEEE Trans., Commun., Vol. COM-38, pp. 1693-1698, Oct., 1990.
5. S. Kawamura and M. Hatori, "A tap selection algorithm for adaptive filters," ICASSP 86, pp.2979-2982.
6. S. Ikeda and A. Sugiyama, "A Fast convergence algorithm for adaptive FIR filters with coarsely located taps," ICASP 91, pp.1525-1528.
7. S. Haykin, Adaptive Filter Theory, Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall, 1991.

▲오 돈 석



1958년 12월 5일생  
 1981년 2월 : 한양대학교 전자공학  
 학과 졸업(공학사)  
 1983년 2월 : 한양대학교 대학원  
 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1992년 3월 ~ 현재 : 한양대학교  
 대학원 전자공학과  
 박사과정

1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 교환제어연구  
 구실 선임연구원

▲이 두 수

1946년 7월 3일생

1968년 2월 : 전북대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1970년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1973년 2월 : 전북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1970년 5월 ~ 1979년 8월 : 전북대학교(전임강사)  
 1979년 3월 ~ : 한양대학교(교수)

▲신 동 진



1956년 1월 13일생

1978년 2월 : 충남대 전자공학과  
졸업

1980년 8월 : 서울대학교 대학원  
전자공학과 수료(공학석사)

1987년 2월 : 서울대학교 전자공  
학과 박사과정 수료  
(공학박사)

1982년 12월~1993년 현재 : 한국전자통신연구소 교  
환제어연구실 실장