

VoIP 기반에서의 음성통신 반향제거

*박권호, 김민수, 이승환, 오학준, 정찬수
 송실대 전기공학과

Echo Cancellation of Voice Communication over VoIP

Kwon-Ho Park, Min-Soo Kim, Seung-Whan Lee, Hak-Joon Oh, Chan-Soo Chung
 Dept. of Electrical Eng. Soongsil Univ.

Abstract- 지금까지 디지털 통신에서는 반향이 통신 품질의 관점에서 별다른 문제가 되지 않았다. 그러나 인터넷의 발달로 인하여 음성 데이터 통합(VoIP:Voice over Internet Protocol)을 이용한 인터넷폰의 사용이 요구되고 있으며, 시외 또는 국제 통화의 경우에 음성 신호를 서킷에서 패킷으로 전송하는 과정에서 전송 지연 증가에 따른 반향에 대한 문제가 발생되고 있다. 본 논문에서는 VoIP기반의 음성통신에서 발생하는 반향을 적응 반향제거기를 통해 제거하는 방법에 대해 연구하였다. 모의 실험을 통해 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기가 우수한 반향제거 성능을 보여줌을 확인하였다.

1. 서 론

인터넷은 초기에 데이터 전송만을 고려하여 설계되었지만, 현재는 급속한 통신기술의 발전에 따라 음성이나 영상을 전송할 수 있는 광대역의 멀티미디어망으로 발달하게 되었다. 이제는 전화망과 데이터망의 통합의 기능이 필요하게 되면서, 인터넷과 기존의 전화망과의 연동의 필요성이 불가피하게 되었다.

현재 사용하고 있는 전화통화 중에서 유선과 무선간 통화가 일반화되어 있고, VoIP(Voice over Internet Protocol)를 기반으로 하는 음성통신 서비스가 보급되고 있다. VoIP 기술은 인터넷의 최대 응용 서비스로 급부상함과 동시에 시장이 고속으로 확산되고 있는 분야이다. 따라서 미래에 구현되는 전화기는 이 방식으로 발전할 것으로 예상된다. 본 논문은 VoIP 기반에서 음성통신상 서킷까지의 반향제거만을 고려하는데, 본문에서는 전반적인 VoIP에 대해 기술하고, 발생하는 반향을 제거하기 위해 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기를 이용한 후 모의실험을 통해 그 결과를 분석한다.

2. 본 론

2.1 VoIP란

VoIP는 인터넷의 IP 계층을 사용하여 음성을 전송하는 기술을 말하며 다른 용어로 인터넷 전화와 혼용되어 사용된다. VoIP는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환한 후, 패킷으로 구성하여 IP망인 인터넷을 통해 수신측까지 전달하는 것을 의미한다. 인터넷 전화는 IP망뿐만 아니라, 음성과 팩스 데이터를 전송할 수 있는 모든 망에서 기존 전화망에서 제공하는 서비스를 지원하는 것이다. 따라서 음성 서비스를 전화망이 아닌 인터넷망에서 사용하는 경우에는 의미 차이 없이 두 용어는 동일하게 사용되고 있다.[1]

VoIP시스템의 구성요소는 크게 응용계층(Application Layer), 신호계층(Signaling Layer), 매체계층(Media Layer)으로 나뉘어지며, 각 계층별로 상대방과 같은 프로토콜을 이용하여 통신을 수행한다. VoIP에서 신호 계층간에는 H.323, SIP 등의 프로토콜이 사용되어 상대방과 통화연결/종료신호를 처리한다. 현재 VoIP를 지원하는 표준 프로토콜로는 H.323이 대표적이다. 프로토콜을 이용하여 매체계층에서는 음성데이터를 패킷으로 만들어 전송한다. 여기서 알 수 있듯이 VoIP 기술은 인

터넷 응용 기술로서 IP 주소를 기반으로 종단간의 채널 설정을 통해 음성 신호를 압축하고 패킷화한 음성 데이터를 전달하는 기술이다.[1][2]

VoIP에서의 장점은 크게 이용자 측면과 유지, 보수 측면으로 나눌 수 있다. 이용자 측면에서의 장점을 살펴보면 우선 거리가 먼 시외나 국제전화를 이용시에 인터넷을 이용하기 때문에 통화비용이 절감된다. 그리고 음성전화외에 다양한 부가서비스를 이용할 수 있다. 또한 유지, 보수 측면에서 보면 VoIP의 경우 인터넷 회선을 여러 사람이 공유할 수 있으므로 경비가 절감되고 이용률도 효율적이고, 신규 전화 회선 수요 발생시에 기존에 사용하고 있는 PSTN(Public Switched Telephone Network)에서와 같은 물리적 회선 증설이 필요 없이 간단히 IP를 할당하는 방법을 사용하기 때문에 규모 확장이 용이하다.[2][3]

최근까지 우리 나라는 국토 면적이 좁고 전송 구간이 짧기 때문에 통화 회선 상에서 발생하는 반향이 통신 품질 관점에서 별다른 문제가 제기되지 않았지만 VoIP 기반에서의 인터넷폰과 같은 시외 또는 국제 통화의 경우, 반향의 영향에 의한 서비스 품질 저하 현상이 심각하다. 그 이유는 인터넷폰과 같은 방식은 음성을 패킷으로 전달하기 때문에 필연적으로 지연 증가에 따른 문제가 발생하기 때문이다. 음성 신호를 디지털로 변환/압축하는 처리과정의 증가 및 음성패킷/전달/조합에 따른 지연증가로 인한 반향문제가 발생하는데, 이는 음성을 패킷화하여 다른 다양한 미디어와 통합 처리하는 차세대 통신망에서는 더 많은 지연증가를 초래할 것으로 예상된다.[3][4]

VoIP의 응용은 아래의 3가지로 구분할 수 있다. 첫째, PC와 PC의 연결, 둘째, PC와 폰과의 연결, 마지막으로, 폰과 폰 사이의 연결이다. 그림 1에서 VoIP의 기본 구조를 나타내었다.



그림 1. VoIP의 기본구조

여기에서 문제점은 음성의 서킷에서 패킷/전달/조합에 따른 지연증가로 인한 반향인데, 본 논문에서는 게이트웨이에서 게이트웨이까지의 패킷 전송에서의 지연은 고려하지 않고 서킷까지의 반향문제만 다루었다.[2][3]

2.2 적응 반향 제거기

반향 제거기는 우선 반향경로의 특성을 파악하고, 적응 알고리즘을 사용하여 반향에 대한 복제신호를 발생시켜, 수신신호로부터 복제신호를 빼줌으로써 반향이 제거된다. 음성통신에서 적응 알고리즘을 적용하여 필터의

계수를 추정하는 반향 제거기를 그림 2에 나타내었다.

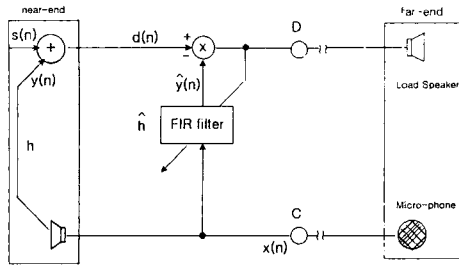


그림 2. 음성통신에서의 반향 제거기 구조

그림 2에서 $x(n)$ 은 원단(far-end)신호를, $s(n)$ 은 근단(near-end)신호를, 그리고 $y(n)$ 은 제거하고자 하는 반향신호를 각각 나타낸다. 포트 C에는 송신되어야 할 근단신호 $s(n)$ 과 반향신호 $y(n)$ 이 합쳐져 신호 $d(n)$ 이 입력된다. 이때 반향신호 $y(n)$ 과 송신 포트 D의 신호 $d(n)$ 은 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$y(n) = \sum_{i=0}^{N-1} h_i x(n-i) \quad (1)$$

$$d(n) = y(n) + s(n) \quad (2)$$

여기에서 h_i 는 반향경로의 임펄스 응답이며, N 은 FIR 필터의 차수이다.

적용필터의 출력 $\hat{y}(n)$ 은 식(3)으로 표현할 수 있다.

$$\hat{y}(n) = \sum_{i=0}^{N-1} \hat{h}_i x(n-i) \quad (3)$$

목표신호 $d(n)$ 과 적용필터의 출력 $\hat{y}(n)$ 의 차인 오차신호 $e(n)$ 은 식(4)과 같이 표현되며, 이 오차신호는 식(5)에서와 같이 적용필터의 계수를 갱신하는데 사용된다.

$$e(n) = d(n) - \hat{y}(n) = y(n) - \hat{y}(n) + s(n) \quad (4)$$

$$\hat{h}_i(n+1) = \hat{h}_i(n) + \frac{2\mu}{\|x(n)\|^2} e(n)x(n-i) \quad (5)$$

여기서, μ 는 수렴계수로서 적응이득을 나타낸다.

동시통화 환경 하에서 NLMS과 같은 알고리즘 사용할 경우, 근단신호 $s(n)$ 은 반향에 비해 상당히 큰 에너지를 갖기 때문에 근단신호가 존재하는 시간구간에서 계속 필터계수를 적용해 나갈 수 있으나, 수렴조건을 만족하는 수렴상수 μ 를 사용하더라도 근단신호에 의해 발산되게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위해 적용필터와 병렬로 동시통화 검출기를 설치하고 동시통화 검출시 적용필터 계수의 적용을 중단시키는 동시통화 검출기를 가진 반향 제거기가 제시되었다. 그러나 이러한 방법 또한 동시통화검출기가 동시통화를 감지하게 되면 제거기는 적용을 멈춰 버리고 더 이상의 계수 추정을 하지 않으므로 만약 제거기가 잘못 추정하고 있었다면 제거되지 않은 반향이 그대로 전달되는 문제점을 낳게 된다. 따라서 동시통화 관

경에서 정상적인 계수추정을 할 수 있는 알고리즘의 도입이 필요하다.

2.3 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기

NLMS과 같은 알고리즘은 동시통화 환경에서 근단신호에 의해 발산될 수 있다. 또한 동시통화 검출기를 사용할 경우에도 근본적으로 반향제거를 할 수 없기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해 상관함수를 이용하는 ECLMS 알고리즘이 제안되었다.[5][6]

그림 3에는 ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기 구조를 나타내었다.

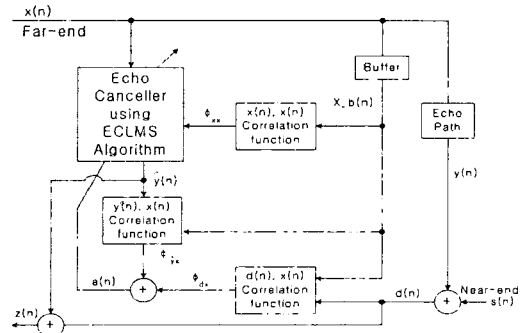


그림 3. ECLMS 알고리즘을 적용한 반향 제거기 구조

동시통화 환경에서 원단 신호인 입력 $x(n)$ 에 대한 상관함수는 식(6)과 같이 주어지며, 목표신호 $d(n)$ 과 입력신호 $x(n)$ 의 상관함수는 식(7)과 같이 표현할 수 있다.

$$\phi_{xx}(n, k) = \sum_{j=0}^n x(j)x(j-k) \quad (6)$$

$$\phi_{dx}(n, k) = \sum_{j=0}^n d(j)x(j-k) \quad (7)$$

여기에서, $d(n) = y(n) + s(n) + v(n)$ 으로 주어지는데, $v(n)$ 은 백색잡음을 의미하며, $y(n)$ 은 식(1)과 같다.

필터 출력 $\hat{y}(n)$ 은 입력신호 $x(n)$ 과 임펄스 응답인 필터계수 h_i ($i=0, 1, 2, \dots, N-1$)에 의해 식(3)으로 나타낼 수 있다.

오차 신호 벡터 $\mathbf{e}(n)$ 는 식(8)과 식(9)로 표현된다.

$$\mathbf{e}(n) = [e(n, 0), e(n, 1), e(n, 2), \dots, e(n, N-1)]^T \quad (8)$$

$$\begin{aligned} e(n, k) &= \phi_{dx}(n, k) - \phi_{\hat{y}x}(n, k) \\ &= \phi_{sx}(n, k) + \phi_{yx}(n, k) - \phi_{\hat{y}x}(n, k) \\ &= \phi_{sx}(n, k) + \phi_{\hat{y}x}(n, k) \\ &= \phi_{zx}(n, k) \end{aligned} \quad (9)$$

$\mathbf{e}(n, k)$ 는 식(10)에서와 같이 적용필터의 계수를 갱신하는데 사용한다.

$$\hat{\mathbf{h}}(n+1) = \hat{\mathbf{h}}(n) + \frac{2\mu}{1 + \text{tr}\{\Psi_{xx}(n)\} \Psi_{xx}^{-1}(n)} \Psi_{xx}(n) \mathbf{e}(n) \quad (10)$$

여기서, $0 < \mu < 1$ 이고, $\text{tr}\{\cdot\}$ 은 trace연산자이다.

식(10)이 반향 제어기에 적용되기 위해서는 $\phi_{zx}(n, k)$ 와 Toeplitz matrix $\Psi_{xx}(n)$ 의 계산이 필요하며, 정상적인 적용을 위해 식(11) 및 식(12)과 같은 회귀 방정식을 도입한다.

$$\Psi_{xx}(n, k) = (1 - \alpha)\Psi_{xx}(n-1, k) + \alpha x(n)x(n-k) \quad (11)$$

$$\phi_{zx}(n, k) = (1 - \beta)\phi_{zx}(n-1, k) + \beta z(n)x(n-k) \quad (12)$$

여기서, α 와 β 는 회선 추종 계수[6]로서 현재 데이터 값과 과거 데이터 값에 가중치를 주어 수렴속도를 조정하게 된다.

3. 모의실험 결과

원단 신호 $x(n)$ 과 근단신호 $s(n)$ 는 식(14)와 (15)에 각각 나타내었다.

$$\begin{aligned} x(n) &= x_1(n) + x_2(n) + x_3(n) + x_4(n) + x_5(n) \quad (14) \\ &= \sum_{i=1}^5 a(i) \sin(2\pi f_i t + \tau) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s(n) &= s_1(n) + s_2(n) + s_3(n) + s_4(n) + s_5(n) \quad (15) \\ &= \sum_{i=1}^5 b(i) \sin(2\pi f_i t) \end{aligned}$$

여기에서 a, b는 진폭을, f는 주파수를, τ 는 시간지연을 각각 나타낸다.

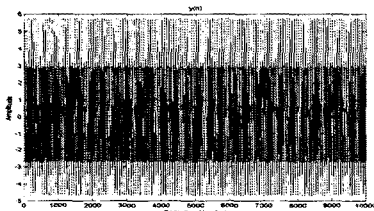


그림 4. 반향 신호 $y(n)$ 의 파형

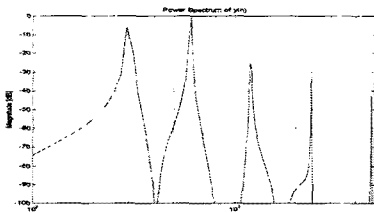


그림 5. 반향 신호 스펙트럼

그림 4는 반향 신호 $y(n)$ 의 파형을, 그림 5는 반향 신호의 스펙트럼을 각각 나타내었다. 이 신호는 동시통화 환경에서 제거되어야 할 반향신호이다.

3.1 VoIP 기반 동시통화 환경

모의실험에 사용된 데이터는 10,000개로서 샘플링 간격은 0.05[ms]로 하였다. 이때 사용된 반향 제거기 필터의 차수는 64차이고, 수렴계수 μ 는 0.002이다. 근단신호 $s(n)$ 이 존재하는 동시통화 환경의 경우에 대해 각 알고리즘의 성능을 확인하여 보았다. 제거기의 성능은 그림 3에서의 $s(n)-z(n)$ 으로 반향 신호 $y(n)$ 의 제거 정도를 판단할 수 있는데, $z(n)$ 은 목표신호 $d(n)$ 과 필

터 출력신호 $\hat{y}(n)$ 과의 차이이다.

그림 6에서 보듯이 ECLMS 알고리즘을 적용한 제거기는 정상적으로 반향이 제거되고, 백색잡음만 남는 것을 확인할 수 있다.

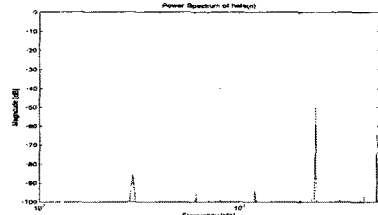


그림 6. 동시통화에서 ECLMS 알고리즘을 적용한 경우의 반향제거 성능 ($\alpha, \beta=0.85$)

그림 7에서는 α, β 를 변경하여 반향제거 성능을 살펴 보았는데, 성능에는 약간의 차이가 있으나, 유사한 결과를 보여주었다.



그림 7. 동시통화에서 ECLMS 알고리즘을 적용한 경우의 반향제거 성능 ($\alpha, \beta=0.55$)

위의 결과로서 동시통화 환경에서 ECLMS 알고리즘이 반향제거에 우수한 성능을 보여줌을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 논문에서는 VoIP 기반 동시통화 환경에서 반향을 제거하기 위해 ECLMS 알고리즘을 적용하였다. 모의실험의 결과를 통해 동시통화 반향을 제거할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그리고, 회선 추종 계수 α, β 의 변화에 대해서도 수렴특성이 변하지 않음을 통해 계수의 동특성에 강인함을 알 수 있었다. 향후 연구과제는 VoIP 기반의 다양한 부가서비스에서 발생하는 반향으로써 지연시간(시간지연, 처리지연)까지 고려한 반향제거기의 설계이다.

[참 고 문 헌]

- [1]김지관역, "통신프로토콜," 일본멀티미디어연구회, 1999.6
- [2]양재수, 최무영, "광대역 통신기술," 영풍문고 출판, 2000
- [3]한국통신기술연구원, "네트워크 반향 특성분석," 2001.9
- [4]T.Yesen, M.Parperis, R.Goubran and I.Lambadaris, "Determination acoustic round trip delay for VoIP Conferences," Proc. IEEE MMSP98, pp. 161-166, 1998.12
- [5]M.R.Asharif, T.Hayashi, K.Yamashita, "Correlation LMS algorithm and its application to double talk echo cancelling," Electronics Letters, vol.35, No3, pp.194-195, 4th 1999.2
- [6]오학준, 이승환, 이해수, 주춘근, 정찬수, "동시통화 환경에서 강인한 반향제거 성능을 가진 ECLMS 알고리즘에 관한 연구," 대한전기학회 추계학술대회 논문집, 2001.11