
음향 반향 제거기의 수렴속도 개선에 대한 연구

강희훈*

Study on Improvement of Convergence Rate of Acoustic Echo Canceller

Hee Hoon Kang*

요 약

적응형 반향제거기는 스피커폰, 3G 화상전화와 VoIP 서비스 시스템과 같은 응용분야에 필수적인 요소이다. 일반적인 반향제거기들은 반향을 제거하기 위해서 매우 많은 탭을 필요하다. 이들 탭수의 증가는 계산량을 증가시키고 수렴속도를 떨어뜨리는 원인이 된다.

이러한 단점들을 극복하기 위해서, 본 논문에서는 수렴속도를 개선할 수 있는 적응형 반향제거기를 제안한다. 본 논문에서 수렴속도를 개선하기 위해서 반향대역을 부대역으로 구분하고 각 부대역에 적응형 필터링을 적용한다. 각 부대역 필터는 부대역 반향 신호로써 반향신호를 인식하게 되고 따라서 동적인 부대역이 적게 되어 수렴속도를 빠르게 한다. 게다가 탭수와 가중치 갱신이 각 부대역에서 산출되므로 각 적응 필터의 구현상 복잡성을 감소시킨다.

ABSTRACT

An adaptive echo canceller is necessary for an application such as a speakerphone, 3G image telephony and VoIP service system. These echo cancellers need to have many taps for filtering echo signals. many taps cause computation data to increase and convergence speed to be low.

To overcome these problems, An adaptive echo canceller with the advanced convergence speed is proposed in this paper. To improve the speed, we divide an echo band into subbands and place a subband filter to be adaptive for each subband.

Each subband filter recognizes the echo signal as subband echo signals. So, dynamic range of subband is small, the convergence speed is fast. Moreover, as the number of Tap and weight update are estimated in each subband, the implementation complex of a adaptive filter is low.

키워드

적응형 필터, 적응형 반향제거기

1. 서 론

제3세대 이동통신 서비스는 단순한 음성 서비스에서 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있도록 발전해 왔다. 제3세대 이동통신서비스의 목적은 사용 중인 단말을 통해서 자연스러운 국제

적인 로밍의 구현과 영상통화 서비스의 제공이다. 국내에서 제 3.5세대 이동통신 서비스인 HSDPA의 서비스가 2007년에 처음 제공되면서 영상전화 서비스 가입자들의 수가 급증하였다 [1]. 영상전화는 이동전화기를 귀와 입에 대지

* 여주대학 전자과

접수일자 : 2009. 01. 13

않고 이동전화기의 화상을 보면서 통화를 한다. 또한 운전중인 자동차에서는 핸즈프리 통신시스템을 통해서 통화를 수행하고 있다. 이는 핸즈프리 단말이나 화상전화 단말내 마이크로폰에 의해서 추가되는 불필요한 국부 반향을 제거하는 신호처리 기술이다. 이런 불필요한 소리 반향은 음성의 질을 저하시키고 상대방에게 매우 불편한 소리를 야기한다. 이러한 핸즈프리 시스템이나 화상통화에서, 중요한 기술은 음성의 질을 개선하기 위한 소리 반향 제거기이다[2].

소리 반향 제거기에서 적응형 필터링은 매우 많은 탭수로 구성된 필터가 요구된다[3]. 매우 많은 탭수를 가지는 적응형 필터는 상대적으로 계산량이 많으며 이는 수렴속도를 느리게 하는 원인이 된다[4]. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는 반향 대역을 다수의 부대역으로 구분하여 각 부대역마다 병렬 적응형 필터를 구현하여 수렴속도를 개선하도록 한다. 각각의 적응형 필터는 원 대역을 매우 작은 대역의 반향 경로를 식별한다. 이러한 개념은 각 부대역으로 스펙트럼의 동적 범위가 좁아지기 때문에, 수렴속도를 빠르게 할 수 있다. 게다가 탭수와 가중치 갱신이 각각의 부대역에서 계산되고 이루어지므로 적응형 필터를 구현하는 복잡성도 낮아지게 된다. 제안한 방식의 검증은 위해서 비교는 NLMS 방식의 수렴속도를 비교한다.

II. 제안한 부대역 적응형 소리반향 제거기

그림 1은 제안한 방식의 시스템을 나타낸다. 이는 각각의 부대역으로 분할된 주파수에서 방이나 자동차안과 같은 미지의 환경을 평가하도록 구성되어 있다. 이는 적응형 필터가 분석부분과 합성부분의 중간에 위치하고 미지의 환경을 각각의 부대역으로 평가한 값들이 적응형 필터에 더해진다[7]. 분석부분은 분석 필터 बैं크와 하향 표본화기 बैं크로 구성된다. 분석 필터 बैं크는 공통의 입력을 가지는 M개의 디지털 필터 बैं크로 구성된다. 이 분석 필터들의 전달함수는 $H_0(z)$,

$H_1(z), \dots, H_{M-1}(z)$ 로 표현된다. 하향 표본화기 बैं크는 신호 $x(n)$ 의 전체 대역보다 훨씬 작은 대역의 부대역 신호들을 하향 표본화한다[8][9].

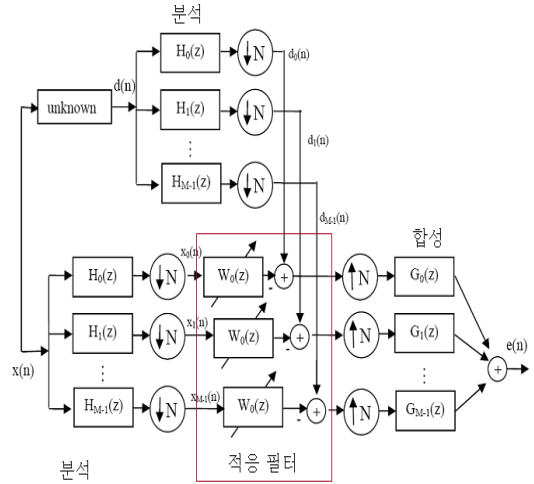


그림. 1 제안한 부대역 적응 필터
Fig. 1 The proposed sub-channel adaptive filter

분석 필터 बैं크의 출력을 $x_0(n), x_1(n), \dots, x_{m-1}(n)$ 이라고 하고 m번째 N 겹 하향 표본화기가 출력신호를 발생하기 위해서 부대역 신호 $x_M[n]$ 를 취한다고 하자. 이를 식(1)으로 표현한다.

$$x_{m,D}[n] = x_m[Nn], \quad m = 1, 2, \dots, M. \quad (1)$$

이는 N번당 1번 발생하는 표본만이 하향 표본화기로부터 얻어진다. 즉, 표본율이 인자 N만큼 줄어든 것이다. 하향 표본화에서 중요한 것은 표본율이 낮을 경우, 앨리어징 현상이 발생하므로 적당한 표본이 요구된다. 이러한 기준은 $N < M$ 일 경우, 앨리어징을 최소화 할 수 있다.

분석의 역과정인 합성과정은 상향 표본화기 블록과 합성 필터로 구성되어 있다. 상향 표본화기는 각각의 입력에 대해서 상향 표본화를 수행한다. n이 L의 정수배이거나 $e_{m,E}(n) = 0$ 이라면

m번째 N겹 상향 표본화기는 출력신호가 $e_{m,E}[n] = e_m[n/N]$ 이 되도록 하기 위해서 입력 신호 $e_m[n]$ 을 취한다.

합성 필터는 M개의 디지털 필터를 병렬로 구성한다. 이 합성 필터들의 전달함수를 $G_0(z), G_1(z), \dots, G_{M-1}(z)$ 라고 하자. 각 필터의 출력이 더해져서 $e[n]$ 을 발생한다. 적응 필터뱅크들은 잔류 반향 신호인 $e[n]$ 가 최소화되도록 탭의 가중치를 조절하게 된다.

III. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 Mathworks사의 Matlab을 사용하여 부대역 적응 필터링을 사용하여 수렴 속도가 개선되었다는 것을 증명한다. 수렴 속도의 개선에 대한 검증으로 전 대역 NLMS 방식과 비교를 수행한다.

검증을 위한 시뮬레이션 환경은 표 1에 정리한다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation Parameters

구분	파라미터
원단 잡음	백색 가우시언 잡음
부 대역 개수(K)	64
상향 표본 인자(P)	2
하향 표본인자(D)	K/P
필터 길이(L)	4×K
차단 주파수(W_n)	1.272/K
분석필터 응답(h_0)	$Dfir1(L-2, W_n, kaiser(L,4))$
합성필터 응답(g_0)	$Kfir1(L-2, W_n, kaiser(L,4))$

전대역 필터의 길이는 M=256이며 $\mu=2.0$ 의 스텝 크기를 가지는 NLMS 알고리즘을 사용하고 부대역의 스텝 크기는 $\mu=1.0$ 으로 한다.

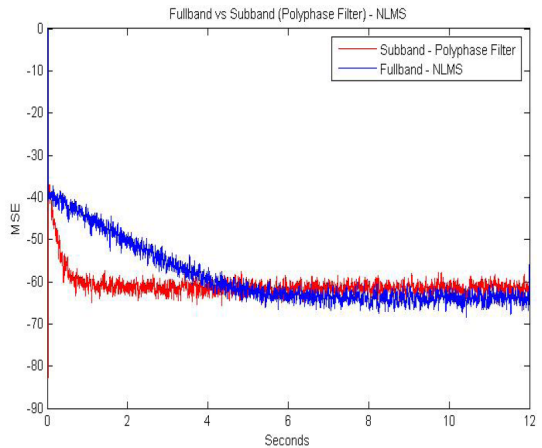


그림 2. 전대역 대 부대역, M=256개 탭
Fig. 2 Full-Channel vs sub-channel for M=256 Taps

그림 2는 부대역 분석을 사용한 경우, 알고리즘 수렴이 1초이내 인 것을 보여준다. 반면에 전대역 알고리즘은 4초이상이 걸린다는 것을 나타내고 있다. 전대역 알고리즘이 더 낮은 MSE를 사용함에도 불구하고 수렴속도는 부대역 알고리즘이 빠르다. 그 이유는 부대역 알고리즘에 대해서 더 높은 스텝 크기를 사용하였기 때문일 수 있다. 그러나 동일 스텝 크기로 시뮬레이션한 결과를 나타내고 있는 그림 3에서도 동일한 결과를 나타내고 있다.

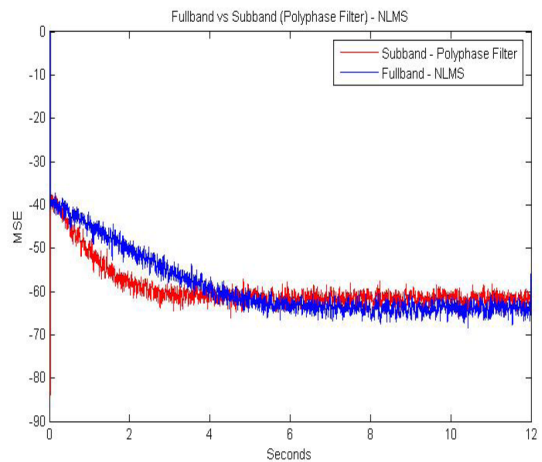


그림 3. 전대역 대 부대역, M=256개 탭 - 동일 스텝크기 사용

Fig. 3 Full-Channel vs sub-channel for M=256 Taps in same step-size.

IV. 결론

부대역 알고리즘을 적용한 소리 반향제거기에서, 낮은 비율로 구동되는 디지털 필터로 대체하였다. 그 결과 전대역 알고리즘을 사용하는 적응 반향제거기보다 수렴속도가 빠를 뿐 아니라 필터의 계산량을 줄일 수 있어 구현상 복잡도도 현저히 낮출 수 있었다.

부대역 알고리즘의 사용에 대해서, RLS 알고리즘의 사용 또한 동일하게 적용될 수 있다는 결론도 얻을 수 있었다.

다만, 부대역 알고리즘을 사용할 경우, 다른 단점들이 발생한다는 것을 알 수 있었다. 부대역 필터를 유도하는데 사용되는 통과대역 필터에서 신호 경로에 대한 지연이 발생한다. 이 문제는 지연이 최소화되는 부대역 적응 필터링을 사용하여 개선할 수 있을 것이다. 또 다른 문제는 부대역 신호의 하향 표본화로 야기되는데 부대역 적응 필터는 앨리어징 현상에 대해서 민감한 성능을 나타낸다는 것이다. 그러나 상향 표본화된 필터뱅크를 사용함으로써 이러한 앨리어징 현상을 해결할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] M. W. Oliphant, "The Mobile Phone Meets the Internet," IEEE Spec., Vol. 36, No. 8, pp.20-28, Aug. 1999.
- [2] 진년강, "아날로그 통신과 디지털 통신" 광문각, pp.409~412, 1998.
- [3] Chiang, Adaptive Filters for Acoustid Echo Cancellation and Noise Reduction in a Car, University of Windsor, 2000.
- [4] Creasy, Algorithms for acoustic echo cancellation in the presence of double talk, University of Waterloo. 1992.
- [5] Frunze, A, Echo Cancellation Demystified.

Retrieved Jan 2006, from http://www.spiritedsp.com/pdf/article_4.pdf

- [6] Hansler, E & Schmidt, Acoustic Echo and Noise Control: A Practical Approach, Wiley.
- [7] Hayes, Statistical Digital Signal Processing and Modeling, John Wiley & Sons, Inc., New York. 2004.,
- [8] Haykin, Adaptive Filter Theory, Fourth Edition edn, Prentice Hall.. 2002,
- [9] Huo, J Subband Acoustic Echo Cancellation, Curtin University of Technology, 2004.

저 자 소 개



강 희 훈 (Hee-Hoon Kang)
1997년 서울산업대학교 전기공학
학과 학사
1999년 광운대학교 전자공학과
공학석사
2003년 광운대학교 전자공학과
공학박사

※ 관심분야 : 통신시스템, 디지털신호처리, USN