

論文2002-39TE-2-12

무선전화 시스템용 잡음억제회로의 설계

(A Design of Noise Reduction Circuit for A radio Telephonic System)

文宗奎*, 金德奎**

(Jong Kyu-Moon and Duk Gyoo-Kim)

요 약

본 논문에서는 무선전화 시스템의 잡음제거 방법을 제안한다. 구현회로는 압축기(Compressor), 신장기(Expender) 및 필터로 구성된다. 제안방법의 기본개념은 채널잡음을 방지하기 위해 전송전에 음성신호를 압축(Compress)하여 전송하고 원래의 신호를 복원하기 위해 전송신호의 역 비율로 신장(Expand)한다. 압축과 신장과정을 통해서 음성신호의 감쇠나 왜곡은 일어나지 않는다. 압축과정에서 압축기의 이득은 입력신호의 유효 다이내믹 영역과 신호대 잡음 비를 향상시키기 위해 음성신호의 포락선 레벨에 따라 자동적으로 제어된다. 압축비율은 음성신호의 제곱근(Root) 배로 압축한다. 압축된 신호는 신장기에서 음성신호의 제곱이 되게 신장하여 원래의 신호를 복원한다. 시뮬레이션을 통해 제안한 방법의 성능과 안정성을 검증하였다.

Abstract

In this paper, we present the design method of noise reduction circuit in telephonic system. The circuit consists of compressor, expander and a filter. The basic idea of a proposed method compresses the audible signal in order to mask the channel noise during transmission and then expand at the reverse rate the transmitted signal to naturally recover the original signal. Of course, there should be no distortion or other degradation of the audio itself in passing through companding(compress/expand) cycle. In the compressing process, the gain of compressor is automatically controlled by the envelope level of input signal in order to increase the effective dynamic range of input signal and to improve the signal to noise ratio. The compressed rate is the root time of a audible signal. The compressed signal should be expanded at the square time of the signal to recover a original signal. Simulation shows the proposed method improves the performance of the noise reduction of a channel noise as well as stability.

I. 서 론

무선전화 시스템에서 채널잡음은 통화품질을 떨어뜨리는 주된 요인이다. 무선 전화기 시스템에서 전송신호의 SNR(The signal to noise ratio)을 높이기 위해 잡음제거시스템^[1]은 마스킹(Masking)원리^[2]를 이용한다. 이 원리는 비교적 간단하게 표현된다. 예를 들면 음성신호의 주파수범위가 충분히 넓고 그리고 거칠다면 인

* 正會員, 大元科學大學 電子情報通信科

(Dept. of Electronics, Information and Communication, Daewon Science College)

** 正會員, 慶北大學校, 電子電氣컴퓨터學部

(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

接受日字:2002年5月13日, 수정완료일:2002年6月5日

간귀의 청력^[3]은 전송로의 잡음보다 전송신호의 잡음에 민감하다. 대부분 전송하고자 하는 음성 신호는 낮은 주파수의 신호이다^[4]. 낮은 주파수를 가진 신호를 잘 인식하는 인간귀의 청력을 고려하여 음성 신호의 레벨은 배경잡음(Background noise)^[5]보다 훨씬 높게 전송해야 한다. 대부분 채널 상의 신호는 잡음과 혼합되어 전송된다. 또한 전송로에 존재하는 광대역 잡음^[6]이 음성신호에 포함되어 전송신호의 SNR을 떨어뜨리게 된다. 따라서 잡음을 제거하는 기존의 방식은 신호의 크기를 평균화^[7], Soft-decision noise filtering^[8] 등과 같은 방법이 제안되어 왔다. 이와 같은 방식은 대부분 전송신호의 SNR을 높이기 위한 방법들이 제안되었다. 그러나 송신 단 증폭기에 큰 신호가 입력되면 증폭기의 비선형 영역에서 신호는 왜곡된다. 무선전화 시스템에서 통신방식은 FM방식을 채택하고 있기 때문에 증폭기의 비선형 영역에 의한 과변조(Excessive modulation) 문제가 발생된다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방법으로 AGC(Automatic Gain Controlled) Loop 회로를 채택한 방법이 제안되었다^[9-10]. 그러나 이 방법은 신호의 크기가 적을 때 전송신호의 SNR이 떨어지는 문제점을 안고 있다.

따라서 본 논문에서는 전송신호를 2 : 1 비율로 압축(Compress)하여 송신한 뒤 수신 측에서 1 : 2 비율로 신장(Expand)하는 기법을 제안한다. 압신 비는 압축기와 신장기를 구성하는 증폭기의 게인 셀의 정 전류원에 의해 결정되며 이 정전류원의 크기에 따라 가변할 수가 있다. 본 논문에서 압신 비는 무선전화 시스템의 요구사항에 의해 설계하였다.

제안한 방법의 기본 개념은 신호의 크기에 따라 양자화 단계를 조절하여 양자화 오류를 줄이는 디지털 압신방식인 μ -law 방식과 잡음이 존재하는 환경에서 더 나은 성능을 얻기 위해 전송신호를 사전왜곡(Pre-distortion)하고, 그 사전왜곡효과를 없애는 FM시스템에 있어서 프리엠프시스와 디엠퍼시스 하는 방법과 달리 전송신호의 포락선 레벨에 따라 이득을 변화시키는 기법이다. 따라서 압축과 신장을 통하여 전송신호의 SNR과 다이내믹 영역을 향상시킬 수 있다.

압축기(2 : 1의 압축 비)는 입력신호를 감지하여 큰 입력신호가 입력될 때 신호의 크기를 줄이고 적은 신호는 신호의 크기를 키우기 위해 신호의 크기에 따라 제공근으로 압축한다. 제공근으로 압축된 신호는 수신단의 신장기에서 신호의 제공에 비례되게 신장함으로

원래의 신호를 복원할 수가 있다. 그리고 증폭기의 이득이 신호의 포락선 레벨에 따라 선택적으로 조절되므로 증폭기의 다이내믹 영역은 증가된다. 또한 잡음은 신호의 레벨에 따라 압축되므로 상대적으로 감소된다. 그리고 전송로 상에 존재하는 광대역 잡음이 음성신호에 혼입이 되더라도 전송신호의 SNR에 큰 영향을 주지는 못한다. 제안한 방법의 기본원리는 그림 1과 같다.

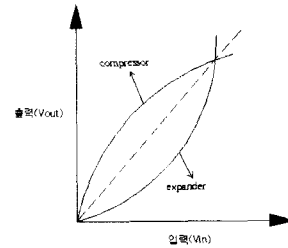


그림 1. 압신기의 원리
Fig. 1. The principle of compander.

II. 제안한 회로 설계

제안한 방법의 압축과 신장은 음성신호의 포락선레벨에 따라 동작하도록 설계한다. 압축과 신장과정을 통해 음성신호 내 포함된 잡음은 압축비 만큼 감소되므로 전송신호의 SNR은 개선된다. 그리고 전송로 상의 광대역 잡음이 혼입되더라도 전송신호의 SNR은 악화되지 않는다. 그림 2는 압축기와 신장기의 동작원리를 나타낸다.

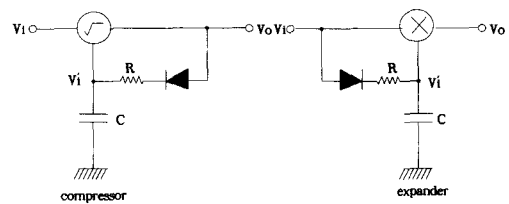


그림 2. 압신기의 개념도
Fig. 2. A conceptual compander.

압축기에서 입력신호는 부채환신호(전파정류된 신호)의 전파정류 전류에 의해 입력신호의 포락선 레벨에 따라 압축비가 2 : 1로 제어된다. 따라서 잡음은 제어 이득만큼 줄어든다. 신장기는 입력신호와 전파정류된 신호의 곱의 함수로 1 : 2로 신장된다. 그림 3은 그림 2의 개념을 구현한 회로이다.

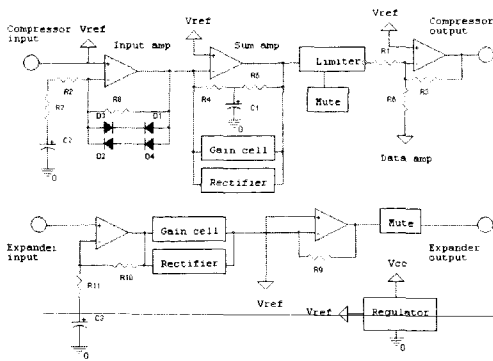


그림 3. 압신기 블록도

Fig. 3. The block diagram of compander.

그림 3의 회로에서 압축기와 신장기의 직류 바이어스는 전원전압(Vcc)이 공급되면 레귤레이터(Regulator)에 의해 결정된다. 음성신호는 압축기의 입력 증폭기에서 증폭된다. 증폭기의 이득은 압축기의 저항 R₂, R₇, R₈과 콘덴서 C₂에 의해 결정된다. 입력 증폭기의 부궤환 단의 다이오드(D₁~D₄)는 과변조(Excessive modulation)를 방지하기 위한 IDC(Instantaneous deviation control)회로이다.

압축된 신호는 신장기를 통하여 압축 비에 역으로 신장된다. 그림 4는 압축기의 회로를 나타낸다.

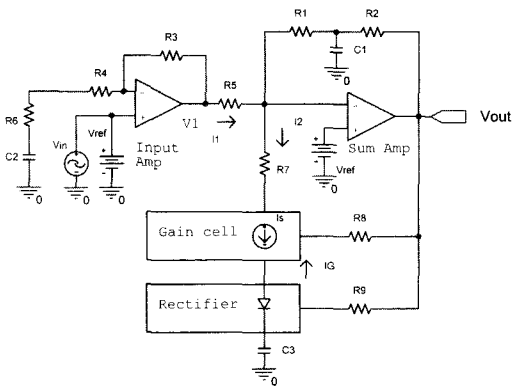


그림 4. 압축기 회로

Fig. 4. A compressor circuit.

입력 증폭기에서 증폭된 신호는 가산기(Sum amp)의 게인 셀(Gain cell)과 정류기(Rectifier)에 의해 압축된다. 신호의 압축은 게인 셀을 구성하는 연산증폭기의 차동증폭기 이미터 전류에 의해 결정된다. 입력 증폭기의 출력신호는 가산기에 입력되고 가산기의 부궤환 단의 게인 셀과 정류기에 의해 압축비가 결정된다. 가산

기의 출력은 정류기에서 전파정류 된다. 전파정류된 신호의 레벨은 게인 셀의 정류전류(I_s)에 의해 결정된다. 그림 4에서 입력증폭기의 전압이득(A_v)은 다음과 같다.

$$A_v = \frac{V_1}{V_{in}} = 1 + \frac{R_3}{R_4 + R_6 + \frac{1}{\omega C_2}} \quad (1)$$

입력 증폭기의 출력전류(I₁)은 식 2와 같다.

$$I_1 = \frac{V_1}{R_5} = \frac{A_v \times V_{in}}{R_5} \quad (2)$$

그리고 정류기의 출력전류(I_c)는 식 (3)으로 나타낸다.

$$I_c = \frac{V_{out(avg)}}{R_6} = \frac{V_{max}}{\pi \times R_6} \quad (3)$$

게인 셀의 출력전류(I₂)는 식 (4)와 같다.

$$I_2 = \frac{I_G \times V_{out}}{I_s \times R_8} \quad (4)$$

가산기의 출력전압은 입력 증폭기의 출력전류(I₁)와 게인 셀의 출력전류(I₂)가 같게 되도록 설정한다. 압축기의 출력전압(V_{out})은 식 (5)로 나타낼 수 있다.

$$V_{out} = \sqrt{V_{in}} \times \sqrt{A_v \times R_8 \times R_9 \times \frac{I_s}{R_5 \times \pi}} \quad (5)$$

압축기의 출력전압은 K·√V_{in}의 함수로 표현된다. 그리고 게인 셀의 출력전류(I_s)는 신호의 레벨에 따라 게인 셀의 이득을 변하게 된다. 따라서 압축기의 이득은 음성신호의 포락선 레벨에 따라 자동적으로 제어되므로 전송신호의 SNR 및 입력신호의 유효 다이내믹 영역을 증가시킬 수 있다.

압축된 음성신호는 전송로를 통해 신장기에 입력되어 압축기의 압축비율에 역으로 신장된다. 이와 같은

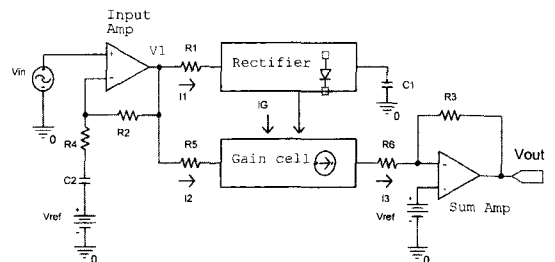


그림 5. 신장기 회로

Fig. 5. A expander circuit.

신장기는 입력 증폭기와 신호를 신장하기 위한 정류기, 게인 셀 및 가산기 등으로 구성된다. 그림 5은 신장기 회로를 나타낸다.

그림 5의 회로에서 입력 증폭기의 전압이득은 다음과 같다.

$$A_v = \frac{V_1}{V_{in}} = \frac{1 + \omega C_2 R_4}{1 + \omega C_2 (R_2 + R_1)} \quad (6)$$

정류기의 출력전류(I_C)는 식 (7)로 나타낼 수 있다.

$$I_C = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_{max}}{\pi \times R_1} \quad (7)$$

또한 게인 셀의 출력전류(I_3)는 식 (8)과 같다.

$$I_3 = \frac{V_1}{R_6} = \frac{V_{max}}{\pi \times R_6} \quad (8)$$

따라서 신장기의 출력전압은 다음과 같다.

$$V_{out} = V_{in}^2 \times \frac{A_v \times R_3}{R_3 \times R_1 \times I_3 \times \pi} \quad (9)$$

식 (9)에서 보듯이 신장기의 출력전압은 $K \cdot V_{in}^2$ 으로 나타낼 수 있다. 압축기에서 음성신호의 제공된 배로 압축하여 전송하면 수신측의 신장기에서 음성신호의 제공이 되게 신장함으로써 송신측에서 보낸 신호를 그대로 복원할 수 가 있다. 이와 같이 음성신호를 같은 비율로의 압축(2 : 1)과 신장(1 : 2)함으로써 증폭기의 입력 다이내믹 영역을 증가시킬 수 있다. 또한 신호의 압축과 신장과정을 통하여 전송로 상의 광대역 잡음과 음성신호의 SNR은 향상된다. 그림 6은 제안한 압신기의 시뮬레이션 데이터이다. 기존의 방식과 제안한 방식의 차이점을 규명하기 위해 기존의 방식은 그림 3의 회로에서 정류기와 게인 셀을 사용하지 않고 시뮬레이션을 했다. 기존의 방식은 입력 증폭기의 부궤환 루프

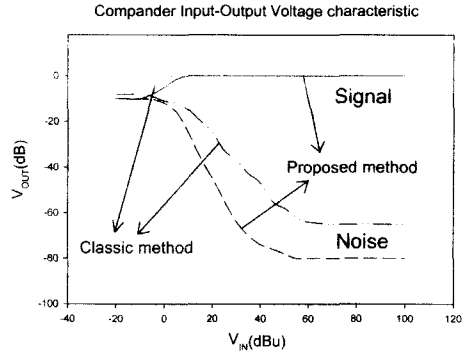


그림 6. 시뮬레이션 데이터
Fig. 6. Simulation data.

를 이용하여 이득을 조정하는 방식이다. 시뮬레이션 조건은 표 1과 같다.

그림 6에서 압신기의 출력전압(0dB)은 입력전압이 13mVrms일 때의 정의한다. 그림 6의 그래프에서 보듯이 미약한 입력신호에서도 좋은 SNR특성을 유지한다.

A characteristic of dynamic compander

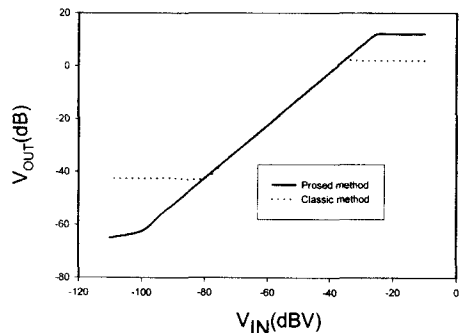


그림 7. 압신기의 다이내믹 특성
Fig. 7. Dynamic characteristic of compander.

표 1. 시뮬레이션 조건
Table 1. A simulation condition.

항 목	기 호	조 건
전원전압	Vcc	Vcc=5V
캐리어 주파수	fosc	fosc=10.2MHz
편이주파수	fDEV	fDEV=±3kHz
변조주파수	fMOD	fMOD=1kHz
필터특성	CCITT	CCITT규격

Compress and expand rate

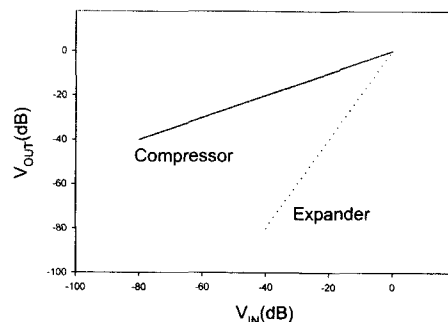


그림 8. 압축 및 신장 비
Fig. 8. Compress and expand rate.

그림 7은 압신기의 다이내믹 특성을 나타낸다. 다이내믹 영역은 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 12dB 이상 증가하였다.

그림 8은 제안한 방법의 압축 및 신장 비의 특성을 나타낸다.

III. 결 론

무선전화 시스템에서 통화품질은 채널 상의 잡음에 의해 대부분 결정된다. 이와 같은 잡음을 줄이기 위한 기존의 방식은 음성신호에 대한 SNR을 높이기 위한 방법들이 제안되어 왔다. 그러나 송신 단의 증폭기에 큰 입력신호가 인가 될 때 증폭기의 다이내믹 영역의 감소로 인하여 전송신호의 왜곡이 발생한다. 기존의 방식은 큰 입력신호에 의한 다이내믹 영역을 확보하기 위한 방법을 제안하였으나 전송로 상의 존재하는 광대역 잡음이라는 문제점을 안고 있다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 음성신호의 포락선 레벨에 따라 압축과 신장하는 방법을 제안하였다. 전송신호는 압축(2 : 1의 압축 비)과 신장(1 : 2의 신장 비)을 통해 원래의 신호를 복원할 수가 있어 전송신호의 SNR의 향상과 전송로 상에 존재하는 잡음에 대폭 감소된다. 또한 압신 비는 압신기의 증폭기의 게인셀의 정전류원에 결정되도록 설계하여 그 응용범위를 넓혔다.

제안한 방법을 검증하기 위해 시뮬레이션을 통해 성능과 안정성을 확인하였다. 향후, 제안한 방법은 무선 FM방식의 잡음제거 시스템에 그 응용 범위가 넓을 것으로 예상된다. 다양한 무선FM시스템에서 요구되는 압신 비를 조절할 수 있기 때문에 그 사용범위가 넓을 것으로 사료된다.

또한 제안한 기법을 IC화(6 μ m-바이폴라 프로세스 적용)하여 무선전화 단말기에 적용하여 성능과 시스템 요구 사양을 평가할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] Westerkamp J. Aunon J., "Optimum mult6.i-electrode a posterior estimates of single-response evoked potential," IEEE Transactions Biomedical Engineering, 34, pp. 13-22, 1987.
- [2] N. Virg, "Single channel speech enhancement based on masking properties of the human auditory system," IEEE Trans. Speech, Audio Processing, vol. 7, pp. 126-137, Mar. 1982.
- [3] D. L. Wang and J. S. Lim, "The unimportance of speech enhancement," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-30, no. 4, pp. 979-681, 1982.
- [4] M. Young and C. H. Wenner, "Masking of white Noise by Pure Tone, Frequency Modulated Tone, and Narrow Band Noise," J. Acoustic Soc. Am. 41, 700-705, 1967.
- [5] Regine Le Bouquin Jeannes, Pascal Scalart, Gerard Fauncon, and Christophe Beaugeant, "Combined Noise and Echo Reduction in Hands-Free System: A Survey," IEEE Transactions on Speech and Audio processing Vol. 9, NO. 8, pp. 808, November 2001.
- [6] E. J. Kostelich and T. Schreiber, "Noise reduction in chaotic time series data: A survey of common methods," Phys. Rev. E, vol. 48, pp. 1752-1762, 1993.
- [7] S. F. Boll, "Suppression of acoustic noise in speech using spectral subtraction," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-27, no. 2, pp. 113-120, 1979.
- [8] O. Cappe, "Elimination of musical noise phenomenon with Ephraim and Malah noise suppressor," IEEE Trans. Speech, Audio Processing, vol. 2, pp. 345-349, Apr. 1994.
- [9] Zhisheng Lin, Zaichen Zhong, and Shiqing Yu, "Equivalent Model, Error Analysis, and Design Step of AGC Loop for MM-Wave Receiver" International Journal of Infrared and Millimeter Waves, Vol. 22, No. 4, 2001.
- [10] Huang Aijun, Error Anlysis of AGC, Telecommunication Engineering(China), vol. 36, No. 3, pp. 42-44, Jun. 1996.

 저 자 소 개

文 宗 奎(正會員)

1985년 : 울산대학교 전기 및 전자공학과 졸업. 1994년~1996년 : 한국전자(주)근무. 1987년 : 일본Toshiba센터 바이폴라IC 공동개발참여. 2000년 2월 : 경북대학교 박사수료. 현재 : 대원과학대학 전자정보통신과 조교수.
<주관심분야 : 신호처리 및 집적소자 설계>

金 德 奎(正會員)

1973년 : 경북대학교 졸업. 1977년 : 경북대학교 공학석사. 1989년 : 東京大學 공학박사. 현재 : 경북대학교 정교수.