

채널 변경에 강인한 자동 음량 보정 알고리즘

오윤학, 김승훈, 세르게이 야르긴

삼성전자 디지털미디어 연구소, AV Solution 팀, Audio Lab

(yoonharkoh, sh21.kim, sergei.yarygin@samsung.com)

Automatic Volume Control Algorithm Robust to Channel Switching

Yoonhark Oh, SeoungHun Kim, Sergei.Yarygin

Audio Lab, AV Solution Team, Digital Media R&D Center, Samsung Electronics

(yoonharkoh, sh21.kim, sergei.yarygin@samsung.com)

요약

본 논문에서는 텔레비전 수신기에서 채널 변경에 따른 음량 자동 보정 방법에 대해서 기술하고자 한다. 지금까지 텔레비전 수상기에서는 사용자가 방송 채널을 전환하는 경우 각 방송 채널마다 음량 레벨이 조금씩 다르다는 것을 느끼게 된다. 그러므로 이러한 채널 변경에 따른 음량 변화를 조정하기 위해 시청자가 리모컨으로 볼륨을 조절하는 불편함을 줄이기 위해 자동으로 음량 변화를 보정하는 것이 요구된다. 본 논문은 채널 변경에 따른 음량 변화와 Dynamic Range 가 너무 큰 오디오 신호에 대해 자동으로 음량을 보정함으로써 시청자가 볼륨을 조절하는 불편함을 줄이는 자동 음량 보정 알고리즘을 제안하였다.

1. 서론

최근에 텔레비전 수상기의 기능이 점차 다양화 고급화되어가고 있다. 종래 텔레비전 수상기는 사용자가 방송 채널을 확인하기 위해 일일이 채널을 돌려가며 화면 상태를 확인하였다. 최근에 텔레비전 수상기는 수신 주파수 대역의 방송 채널을 자동으로 순차 검색할 수 있다. 그러나 사용자가 채널 전환을 실행하다보면 각 방송 채널마다 음량 레벨이 조금씩 다르다는 것을 느끼게 되는데 이는 각 방송 채널의 수신 강도가 약간씩 다르기 때문에 발생하는 현상이다. 따라서 이러한 채널 변경에 따

른 음량 변화를 보정해야 한다.

기존에는 방송 채널 변경에 따른 음량 변화를 보정하기 위해 오디오 신호의 Dynamic Range를 조절하는 Dynamic Range Control (DRC) 방식을 이용하였다. 그러나 기존의 DRC 방식을 이용한 음량 보정 장치는 채널 변경에 따른 음량 변화에 따라 입력되는 오디오 신호의 Dynamic Range를 줄여서 출력한다. 그러므로 줄어든 Dynamic Range로 인해 오디오 신호의 음향 효과를 왜곡시킨다. 본 논문에서는 원래의 음향 효과를 왜곡시키지 않으면서도 채널 변경에 따른 음량 변화를 자동으로 보정하는 알고리즘을 제안한다.

2. 기존의 DRC 를 이용한 음량 보정 기법

DRC 방식은 입력 신호의 Dynamic Range를 지정된 Dynamic Range로 조정하여 출력하는 방식이다. 그림 1은 기존의 DRC 방식을 이용한 음량 보정 방식의 흐름도이다. [1] 그림 1에서 보이는 것과 같이 레벨 측정부는 일정 구간 동안 입력 신호의 평균 포락선값을 측정한다. 이때 입력 신호의 포락선값 $X_{RMS}(n)$ 은 수식(1)과 같이 계산된다.

$$X_{RMS}(n) = \alpha |x(x)| + (1-\alpha)X_{RMS}(n-1) \quad (1)$$

여기서 α 는 어택 타임(attack time) 계수 또는 디케

이 타임(decay time) 계수이다. [2,3]

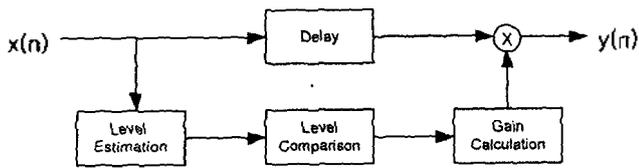


그림 1. DRC 방식을 이용한 음량 보정 방식의 흐름도

레벨 비교부는 입력 레벨과 출력 레벨간의 관계를 정의한 Static Curve와 레벨 측정부에서 측정된 포락선값 $X_{RMS}(n)$ 을 비교하여 그 결과에 따른 이득값을 출력한다. 그림 2를 참조하면, 입력되는 신호의 입력 신호의 포락선값 $X_{RMS}(n)$ 은 Static Curve의 임계치 레벨(Sturm, Mturn, Bturn)과 비교된다. 이득 계산부는 레벨 비교부에서 매핑된 이득값과 이전 이득값을 이용하여 입력 신호 $x(n)$ 에 적용될 이득값 $g(n)$ 을 계산한다. 이득 계산부에서 구해진 이득값 $g(n)$ 을 입력 신호 $x(n)$ 에 곱하여 출력 신호 $y(n)$ 을 생성한다.

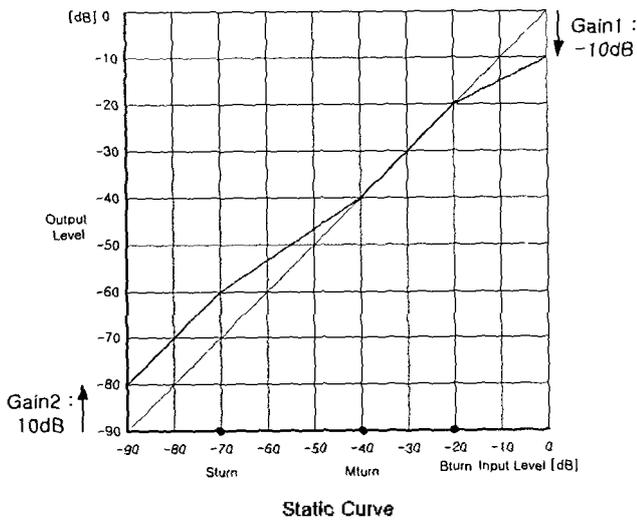


그림 2. 입력 레벨과 출력 레벨의 관계를 정의하는 Static Curve

그러나 기존의 DRC 방식을 이용한 음량 보정 방식은 채널 변경에 따른 음량 변화에 따라 입력되는 오디오 신호의 Dynamic Range를 줄여서 출력한다. [4] 즉 그림 3(a)에서 보이는 것과 같이 높은 음량의 입력 신호의 경우 Dynamic Range가 20dB 라면 DRC 처리후에는 Dynamic Range가 5dB 이내로 줄어든다. 이때 오디오 신호는 줄어든 Dynamic Range로 인해 원래의 음향 호

과가 왜곡된다. 그리고 작은 음량의 경우 Dynamic Range의 변화가 적어 왜곡은 적으나 음량 자체의 변화가 적어 음량 보정이 되지 않는 문제점이 있다.

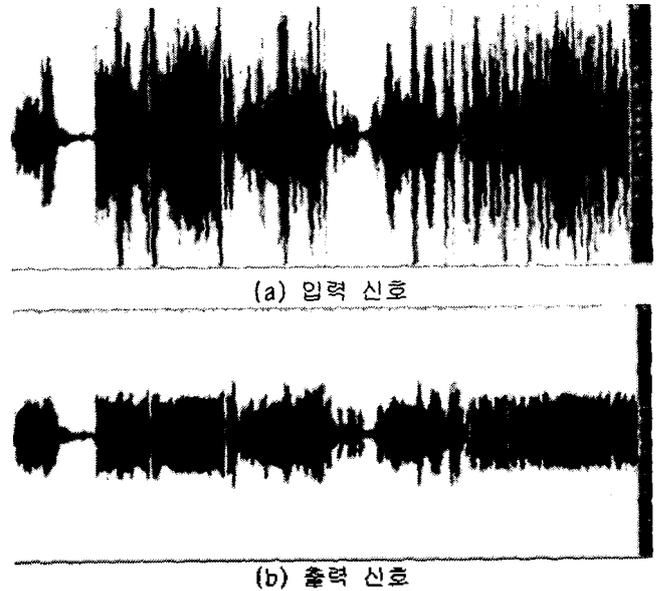


그림 3. 기존의 DRC 방식을 이용한 음량 보정 처리 전후의 파형

3. 제안하는 자동 음량 보정 알고리즘

본 논문에서는 채널 변경에 따른 음량 변화와 Dynamic Range가 큰 오디오 신호에 대해 자동으로 음량을 보정함으로써 청취자가 불편을 조절하는 불편함을 줄이는 음량 자동 보정 알고리즘을 기술한다. 그림 4는 제안하는 음량 보정 방식의 흐름도이다.

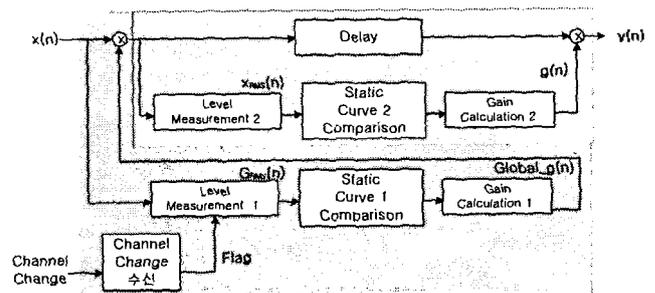


그림 4. 제안하는 음량 보정 방식의 흐름도

제안하는 오디오 음량 자동 보정 알고리즘은 입력 신호에 대한 장구간의 평균 레벨을 계산하여 그 입력 신호의 레벨을 중간 음량으로 조정하는 장구간 레벨 조정 과정과 중간 음량으로 조정된 신호의 Dynamic Range를 조정하는 단구간 레벨 조정 과정으로 구성된다.

즉 장구간 레벨 조정부에서는 높은 음량이나 작은

음량의 입력 신호에 비해 단구간 레벨 조정부의 기능인 ORC 처리를 위해 왜곡이 적은 중간 음량의 신호를 제공한다. 단구간 레벨 조정부에서는 장구간 레벨 조정부에서 조정되지 못하는 짧은 순간의 음량에 대해 약간의 왜곡을 감수하면서 중간 음량의 신호로 조정한다.

입력 신호의 레벨을 중간 음량으로 조정하는 장구간 레벨 조정부는 입력되는 오디오 신호의 장구간 평균 레벨값과 Static Curve1을 비교하여 입력 신호의 레벨을 조정하는 장구간 이득값을 구하는 단계, 구해진 장구간 이득값을 입력 신호에 곱하여 중간 음량으로 조정하는 단계로 이루어진다. 중간 음량으로 조정된 신호의 Dynamic Range를 조정하는 단구간 레벨 조정부는 기존의 DRC 방식과 같으며 이 과정은 신호의 Dynamic Range를 조정하는 단구간 이득값을 구하는 단계, 구해진 단구간 이득값과 중간 음량으로 조정된 신호를 곱하는 단계로 이루어진다.

장구간 레벨 조정부를 구성하는 각 단계는 다음과 같이 동작한다. 장구간 레벨 측정부는 장구간 동안 입력 신호의 평균 레벨값을 연속해서 계산하여 입력 신호 전체 음량을 나타내는 장구간 RMS(root mean square)값 G_{RMS} 을 생성한다. 업데이트되는 입력 신호의 장구간 RMS값은 수식2와 같이 계산된다.

$$G_{RMS}(n) = k |x(x)| + (1-k)G_{RMS}(n-1) \quad (2)$$

여기서 $|x(x)|$ 는 입력 신호의 절대값이며, $G_{RMS}(n-1)$ 는 이전 신호의 장구간 RMS값이다. 또한 k는 어택 타임(attack time) 또는 디케이(decay) 타임 계수이다. 실험적으로 k의 값이 0.0001 - 0.0005 인 경우 효과적이었다. 채널 변경 수신부는 채널 변경 정보가 수신되면 플래그를 설정한다. 예를 들면 채널11에서 채널9로 변경되면 플래그는 "1"로 설정된다. 장구간 레벨 측정부는 채널 변경 수신부로부터 플래그를 받으면 장구간 RMS값 G_{RMS} 을 중간 음량의 RMS 레벨로 초기화한다. 장구간 레벨 비교부는 입력 레벨과 출력 레벨간의 관계를 정의한 장구간 Static Curve 1과 장구간 레벨 측정부에서 측정된 장구간 RMS값 G_{RMS} 을 비교하여 장구간 이득값 g(n)을 출력한다. 이때 Static Curve 2는 수식3과 같이 정의된다.

$$G[dB] = f(x[dB]) \quad (3)$$

그림 5에서 보이고 있듯이 입력 신호의 장구간 RMS값 G_{RMS} 을 Static Curve 2의 임계치 레벨들(Sturn, Mturn, Bturn)과 비교하여 매핑된 장구간 이득값 g(n)을 생성한다. 장구간 이득 계산부는 장구간 레벨 비교부에서 생성된 장구간 이득값 g(n)과 이전 장구간 이득값 g(n-1)을 이용하여 입력 신호 x(n)에 적용될 장구간 이득값 $Global_g(n)$ 을 수식4와 같이 계산한다.

$$Global_g(n) = Global_g(n-1)*0.5 + g(n)*0.5 \quad (4)$$

장구간 레벨 조정부를 구성하는 각 단계는 다음과 같이 동작한다. 단구간 레벨 측정부는 중간 음량으로 조정된 신호에 대해 단구간 동안 입력 신호의 포락선값을 측정한다. 단구간 레벨 비교부는 입력 레벨과 출력 레벨간의 관계를 정의한 Static Curve 1과 단구간 레벨 측정부에서 측정된 단구간 포락선값 $X_{RMS}(n)$ 을 비교하여 단구간 이득값을 출력한다. 단구간 이득 계산부는 단구간 레벨 비교부에서 생성된 단구간 이득값과 이전 단구간 이득값을 이용하여 중간 음량의 신호에 적용될 최종 단구간 이득값 g(n)을 계산한다. 구해진 단구간 이득값 g(n)을 중간 음량의 신호에 곱하여 Dynamic Range가 조정된 출력 오디오 신호 y(n)를 생성한다.

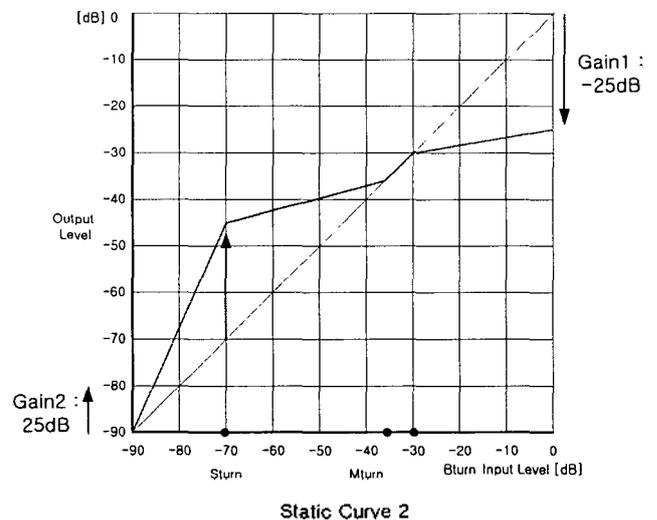


그림 5. 장구간의 입력 레벨과 출력 레벨의 관계를 정의하는 Static Curve 2

그림 6은 채널 변경에 따라 높은 음량에서 낮은 음량, 낮은 음량에서 중간 음량으로 변화하는 경우를 도시하는 파형도이다. 그림 6을 보면 알 수 있듯이 채널 변경에 따라 입력 신호가 높은 음량에서 낮은 음량, 낮은

음량에서 중간 음량으로 변하여 이 순간 채널 변경 플래그가 세팅된다.

그림 7은 장구간 레벨 조정부에서 계산된 장구간 이득 $Global_g(n)$ 을 입력 신호 $x(n)$ 에 적용하여 중간 음량으로 변하는 파형도이다. 이때 채널 변경 플래그가 세팅되면 RMS 레벨값 G_{RMS} 은 중간 음량의 초기값으로 설정된다.

그림 8은 단구간 레벨 조정부에서 계산된 단구간 이득 $g(n)$ 을 장구간 레벨 조정부의 출력 신호에 적용하여 Dynamic Range가 조정된 출력 신호 $y(n)$ 의 파형도이다. 채널 변경에 따른 입력 신호는 음량 변화가 조절되면서 왜곡이 최소화된 신호로 출력된다.



그림 6. 채널 변경에 따른 음량 변화를 도시하는 파형도

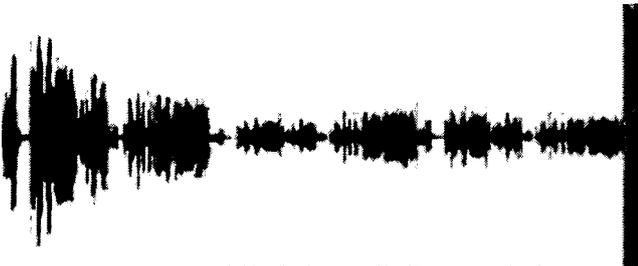


그림 7. 장구간 레벨 조정부의 출력 파형도



그림 8. 단구간 레벨 조정부의 출력 파형도

4. 결론

본 논문에서는 채널 변경에 따른 음량 변화와 Dynamic Range가 큰 채널에 대해 자동으로 적정 음량을 보정함으로써 청취자가 볼륨을 조절하는 불편함이 없이 원음의 효과를 그대로 느낄 수 있는 방식을 제안하였다.

제안된 자동 음량 보정 방식은 기존의 DRC 방식에 비해 높은 음량이나 작은 음량의 입력 신호에 대해 왜곡이 적은 중간 음량의 신호를 제공하였다. 또한 적은 계산량으로 실시간으로 구현되므로 제안된 자동 음량 보정 알고리즘은 TV, MP3 재생기, 노트북 PC 등에 효과적으로 적용되어 제품의 기능을 향상시킬 수 있다.

5. 참고 문헌

- [1] B. G. Teubner, "Digital Audio Signal Processing", Wiley Teubner, 1995
- [2] G. W. McNally, "Dynamic Range Control of Digital Audio Signals," J. Audio Eng. Soc., 1984, Vol. 32, No. 5, pp. 316-327.
- [3] E. F. Stikvoort, "Digital Dynamic Range Compressor for Audio," J. Audio Eng. Soc., 1986, Vol. 34, No. 1/2, pp. 3-9.
- [4] Keith A. McMillen, "A Consumer Adjustable Dynamic Range Control System," Audio Eng. Soc. 113th, 2002