

## 동상분 제거에 의한 입체음향의 채널 분리도 개선

# An Enhancement of Channel Separability for Stereophonic Signals by Common Mode Rejection Method

권 호 열\*  
Kwon, Ho-Yeol

### ABSTRACT

In this paper, we firstly suggested a C&D (Common mode and Differential mode) model for the representation of a stereophonic signal. Then a measure of stereophonic channel separability is defined as the ratio of differential mode energy to total energy in frequency domain. After that, a new channel separability enhancement scheme is proposed by the control of common mode rejection. Finally, some experimental results are presented in order to verify our scheme.

키워드 : 멀티미디어, 입체음향, 채널 분리도 지수, C&D모델

Keywords : Multimedia, Stereo Sound, Channel Separation Index, C&D Model

### 1. 서론

자연상태의 원음에 가깝도록 음향을 저장하고 재생하는 기술은 60년대에 이미 2개 채널 스테레오 음향 시스템이 개발된 데 이어 90년대 들어서 전면의 좌우 채널, 후면의 좌우채널, 정면 채널 및 무지향성 초저음 채널 등 5.1개 채널의 독립된 디지털 트랙을 갖는 AC-3 방식에 이르기까지 꾸준히 발전해 오고 있다. 특히 좌측(L) 채널과 우측(R) 채널에 저장되어 있는 음향신호를 재생할 때 채널간 분리도를 증가시키는 기술은 음향 청취자에게 크게 향상된 입장감을 제공할 수 있기 때문에 궁극적인 입체음향의 구현에 중요한 기초기술이 될 뿐 만 아니라, 멀티미디어 기술의 핵심부분을 이루고 있다.[1,2]

본 논문에서는 현재 일반적으로 사용되고 있는 2개 채널 형식의 음향신호에 대하여 채널간 분리도를 개선하는 방법에 대해 논하였다. 이를 위하여 먼저 R-L 채널의 스테레오 음향정보가 갖는 채널간 중복성과 분리성을 효과적으로 표현할 수 있는 새로운 C&D모델을 제안하였으며, 사람의 청각 특성에 기초하여 채널간 분리도, CSI, 를 정량적으로 정의하였다. 그리고 일단 C&D모델로 변환된 음향신호를 역변환과정을 통하여 원래의 음향정보로 복원시킬 때 동상(C)분을 제거함으로써 채널간 분리도가 개선될 수 있다는

것을 보였다. 끝으로 실험결과를 통하여 본 논문에서 제안한 방법의 유효성을 검증하였다.

### 2. 입체음향의 C&D모델

본 연구에서 제안된 음향변환 모델은 그림 1과 같다. 디지털 음악CD 또는 음향기록용 자기 테이프등에 저장되어 있는 좌측(L) 및 우측(R) 채널신호는 행렬식 A의 C&D변환을 거쳐 동상(C)성분 및 차동(D)성분 신호로 분리된다. 동상(C)성분 및 차동(D)성분 신호는 다시 행렬식 B의 역C&D변환을 통하여 복원된 좌측(L') 및 우측(R') 채널신호를 얻는다.

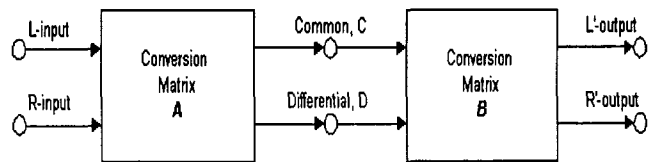


그림 1. 입체음향의 CD모델

여기서 각 채널 신호의 C&D 변환은 식(1)과 같은 행렬식으로 표현된다.

$$\begin{bmatrix} L' \\ R' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ R \end{bmatrix} \quad (1)$$

\* 강원대학교 컴퓨터공학과 부교수, 공학박사

입체음향신호에서 동상(C)성분은 좌우채널의 공통부분에 해당하며 차동(D)성분은 채널간 분리된 정도에 비례한다. 따라서 만일 2개 채널이 동상 성분으로만 이루어져 있다면 이것은 2개 채널의 신호가 정확히 일치하는 모노 음향이 되며, 만일 차동 성분으로만 이루어져 있다면 2개 채널의 신호 위상이 서로 180° 차이를 두고 나타나게 된다. 그러므로 복원된 좌우측 음향신호, L' 과 R', 을 생성할 때 동상 성분과 차동 성분신호의 비율을 다음과 같이 파라미터 α 를 사용하여 제어하면 원래의 음향신호 L과 R이 갖는 좌우 채널사이의 분리도를 변화시킬 수 있다.

$$\begin{bmatrix} L'(a) \\ R'(a) \end{bmatrix} = k(a) \begin{bmatrix} a & 1-a \\ a & a-1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C \\ D \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서  $k(a) = 2 - |1 - 2a|$ 는 α의 변화에 따른 스케일링 함수이다. 전형적인 α 값에 대한 식(2)의 변환관계를 정리하면 표 1과 같다.

표1. α 값의 변화에 따른 음향신호의 변환

|         | L'      | R'      | Notes              |
|---------|---------|---------|--------------------|
| α = 0.0 | (L-R)/2 | (R-L)/2 | Pure Differentials |
| α = 0.5 | L       | R       | Originals          |
| α = 1.0 | (L+R)/2 | (L+R)/2 | Pure Commons       |

### 3. 채널간 분리도의 평가

연속시간 함수인 복원 음향신호 L' 과 R' 간의 거리 ||L' - R'||는 L<sup>2</sup>-노름을 사용하여 다음과 같이 표현할 수 있다.[3]

$$\|L' - R'\| = \int_{-\infty}^{\infty} [L'(t) - R'(t)]^2 dt \quad (3)$$

수치적으로 계산할 수 있는 ||L' - R'||는 순수한 동상분만 존재하는 α=1.0 일 때 최소이며 순수한 차동분만 존재하는 α=0.0에서 최대가 된다. 그러나 사람의 청각은 음향신호의 미세한 시간지연에 대해 둔감한 반면 음향신호가 갖는 주파수 상의 스펙트럼 분포가 다르면 음색의 차이로 민감하게 인식된다.

인간의 청각특성을 고려한 채널간의 분리도(Channel Separation Index), CSI(α)를 식(4)와 같이 정의하자.

$$CSI(\alpha) = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} [|\mathcal{F}\{L'(t)\}|^2 - |\mathcal{F}\{R'(t)\}|^2] df}{\int_{-\infty}^{\infty} |\mathcal{F}\{L'(t)\}|^2 df + \int_{-\infty}^{\infty} |\mathcal{F}\{R'(t)\}|^2 df} \quad (3)$$

여기서  $\mathcal{F}\{\cdot\}$ 은 푸리에 변환을 나타낸다. 다시 말해서 식(3)과 같이 정의된 채널분리도지수는 주파수 영역에서 전체 음향신호 에너지에 대한 좌우 채널신호의 에너지 분포 차이에 비례한다.

또한, 채널 분리도 지수는 α=1.0 와 α=0.0 에서 각각 최소값 0이 되며, 0 < α < 1 범위에 속하는 특정한 값의 α<sub>1</sub> 에서 최대값이 존재한다.

### 4. 실험 결과

스테레오 음향신호에 대하여 채널 분리도 지수 CSI(α)를 측정하고 동상분 제거를 통한 채널 분리도 지수의 변화를 측정하기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다.

먼저 알고리즘 시험을 위하여 반주음향과 음성연주의 복잡성을 3 가지 형태로 나누어 형태별 전형적인 스테레오 음향신호를 선택하였다. 제 1 형태는 기타연주에 맞추어 독창을 하는 경우로서 “양희은의 아침이슬”의 일부(MORNING-DEW)이다. 제 2 형태는 소규모 합주와 여성 2중창이 있는 경우로서 “Yanni의 Aria”의 일부(ARIA)를 사용하였다. 제 3 형태는 대규모 오케스트라와 함께 완전한 남녀 혼성 4부 합창이 있는 경우로서 “Hendel의 Messiah”중의 일부(HALLELUJAH)이다.

위와 같은 3가지 경우에 대하여 디지털 음악 CD의 음향신호를 Easy CD-DA Extractor [4]을 이용하여 각각 Wav파일 형식으로 변환하였으며, 65535개의

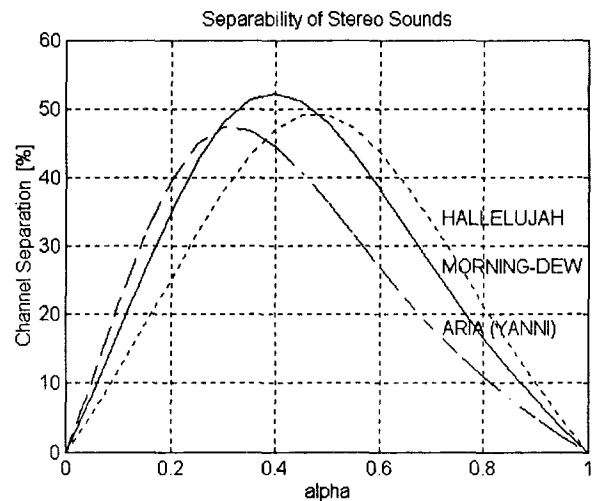


그림 2. 음향신호의 채널 분리도 지수

연속된 신호샘플을 특정한 시간위치에서 추출하는 작업에는 Acid Wav[5]를 이용하였다. 음향신호 변환을 위한 행렬식 연산과 푸리에 변환을 통한 에너지 스펙트럼을 구하고 채널 분리도를 계산하는 알고리즘은 수치계산 패키지인 MATLAB v4.2 를 사용하여 작성하였으며[6] 64 MB의 주메모리를 갖는 Pentium II 333 MHz 환경에서 실행하였다.

그림 2는 전형적인 음향신호의 동상 성분 제거 파라미터  $\alpha$ 의 변화에 의한 채널 분리도 지수이다.  $\alpha$ 의 값이 0.3~0.5인 곳에서 채널간 분리도가 최대로 나타나고 있다. 표 2에 의하면 원래의 음향신호가 최대의 채널 분리도를 갖는 경우(HALLELUJAH)도 있으나 동상 성분의 비중이 큰 경우에는 대부분 채널분리도가 개선되며 최대 30 %까지 개선되는 경우(ARIA)도 있다.

표 2 채널 분리도의 개선

|              | Original CSI                | Max. CSI                    | $\Delta$ CSI       |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------|
| MORNING-DEW  | 47.82<br>( $\alpha = 0.5$ ) | 52.24<br>( $\alpha = 0.4$ ) | +4.42<br>(9.2 %)   |
| ARIA (YANNI) | 36.18<br>( $\alpha = 0.5$ ) | 47.26<br>( $\alpha = 0.3$ ) | +11.08<br>(30.6 %) |
| HALLELUJAH   | 49.06<br>( $\alpha = 0.5$ ) | 49.06<br>( $\alpha = 0.5$ ) | +0.0<br>(0.0 %)    |

신호의 처리과정을 보여주기 위하여 중간 정도의 채널 분리도 개선을 얻는 제 1 형태의 음향신호(MORNING-DEW)의 경우에 대하여 원 음향의 좌측신호  $L$ , 우측신호  $R$  및 동상신호  $C$ , 차동신호  $D$ 를 스펙트럼과 함께 그림 3 과 그림 4에 각각 나타냈다. 그림 5는 동상 성분 제거 파라미터가  $\alpha = 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0$ 으로 변화함에 따라 얻어진 복원된 음향신호  $L'$  과  $R'$ 의 스펙트럼을 보여준다.

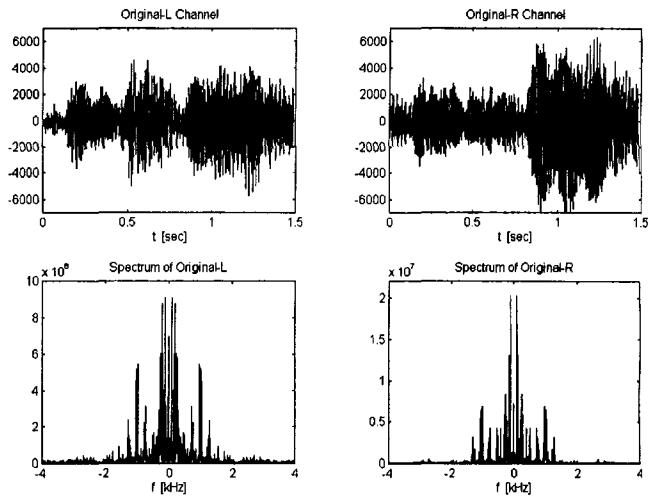


그림 3. Morning-Dew 의 원 음향신호

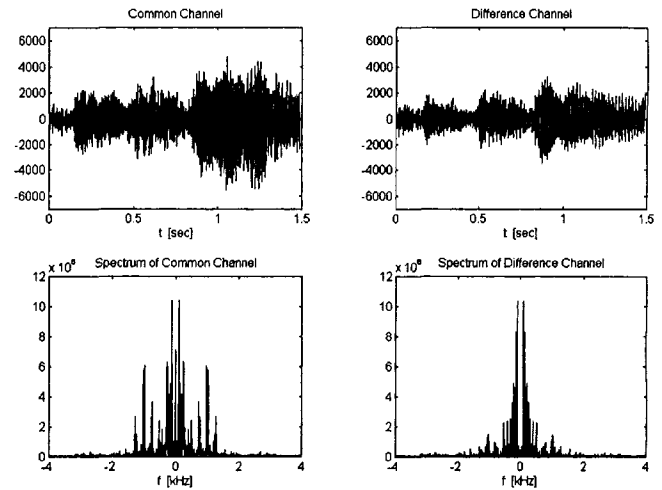


그림 4. 그림 3에 나타낸 신호의 동상 성분과 차동 성분

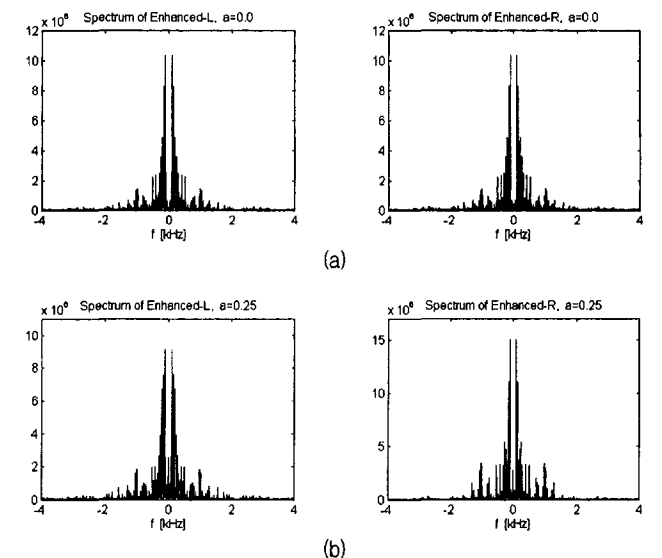


그림 5. 복원된 음향신호의 좌우채널 에너지 스펙트럼. (a)  $\alpha = 0.0$ . (b)  $\alpha = 0.25$ . (c)  $\alpha = 0.5$ . (d)  $\alpha = 0.75$ . (e)  $\alpha = 1.0$ . (계속)

## 5. 결론

본 논문에서는 현재 일반적으로 사용되고 있는 2개 채널 형식의 음향신호에 대하여 고유의 채널 분리도를 정량적으로 평가하는 방법을 제시하였으며 아울러 채널 분리도를 개선하는 방법에 대해 논하였다. 이를 위하여 먼저 좌측( $L$ )과 우측( $R$ )의 2개 채널의 스테레오 음향정보가 갖는 채널간 중복성과 분리성을 효과적으로 표현할 수 있도록 동상( $C$ )성분 신호와 차동( $D$ )성분 신호를 갖는 C&D 모델로 변환

참고문헌

- [1] Pohlmann, K.C.(1997). *Principles of Digital Audio*, McGraw-Hill.
- [2] Carlson, G.E.(1998), *Signal and Linear System Analysis with MATLAB*, 2nd Ed., John Wiley & Sons.
- [3] Johnsonbaugh, R. and Pfaffenberger, W.E. (1981), *Foundations of Mathematical Analysis*, Marcel Dekker.
- [4] Escient(1998), *Easy CD-DA Extractor v3.0.2*.
- [5] T. Anderberg(1998), *Acid Wav v1.1*.
- [6] Mathwork(1995), *MATLAB User's Guide*.

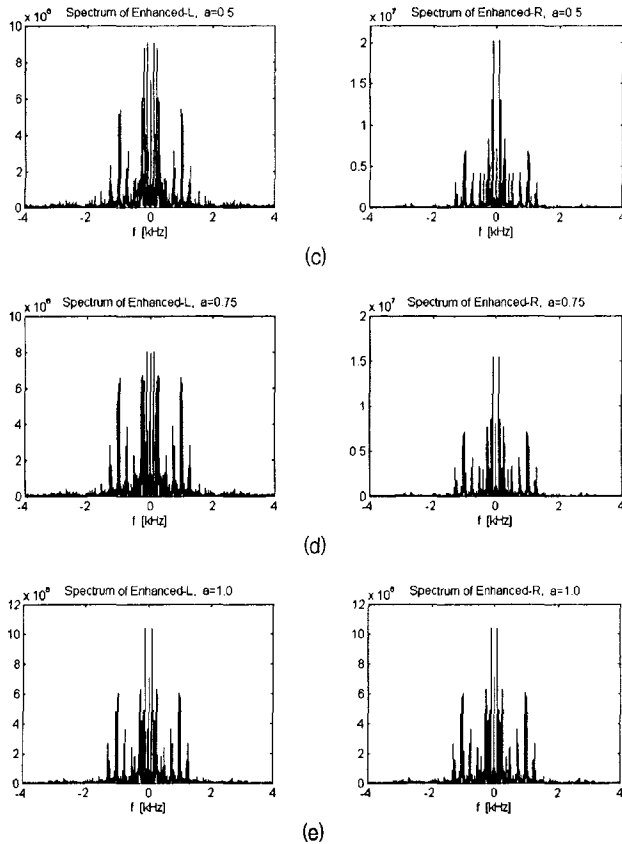


그림 5. 복원된 음향신호의 좌우채널 에너지 스펙트럼. (a)  $\alpha=0.0$ . (b)  $\alpha=0.25$ . (c)  $\alpha=0.5$ . (d)  $\alpha=0.75$ . (e)  $\alpha=1.0$ . (계속)

하는 방법을 제안하였다. 또한, 사람의 청각이 음향신호의 시간적인 위상변화에는 둔감하고 주파수상의 진폭특성에 민감하게 반응하는 점을 이용하여 좌우 채널의 전체 에너지에 대해 이들 2개 채널의 에너지 스펙트럼이 갖는 차이의 상대적인 비율을 이용하여 채널간 분리도를 정의하였다. 그리고 일단 C&D모델로 변환된 음향정보는 역변환과정을 통하여 원래의 음향정보로 복원될 수 있을 뿐 만 아니라 동상성분과 차동성분의 혼합비를 제어함으로써 채널간 분리도를 가변할 수 있다는 것을 보였으며, 끝으로 실험결과를 통하여 본 논문에서 제안한 방법의 유효성을 검증하였다.

본 연구와 관련하여 추후에 연구되어야 할 과제로서는 본 논문에서 정량화하여 비교된 채널분리도가 갖는 주관적인 분리도, 즉 청취시에 체감되는 채널분리도와와의 관계를 규명하는 연구와, 아날로그 회로를 사용하여 채널분리도를 개선하는 장치를 구현하는 연구와 함께 음향신호에 따라 자동적으로 최대의 채널 분리도가 얻어지도록 유지하는 알고리즘의 연구, 그리고 본 연구의 결과를 3차원 음향효과가 얻어지도록 확장하는 연구 등이다.