

지능형 입체음향 TV

Smart Virtual Sound Rendering System for Digital TV

김선민† · 공동건*
Sunmin Kim, Donggeon Kong

Key Words : 3D Sound, HRTF, Asymmetric Crosstalk Canceller, Filter Update, Listener Tracking, Moving Sweet Spot, Adaptive Virtualizer

ABSTRACT

본 논문은 시청자의 위치에 최적화된 입체음향을 제공하는 TV 개발에 관한 것으로 2 개의 TV 스피커만으로 5.1 채널 스피커가 주는 입체음향 효과를 제공해준다. 기존의 Speaker Virtualizer 기술은 시청자가 특정 위치 (Sweet Spot)를 벗어나면 입체음향 성능이 현저히 저하된다. 반면, 본 논문에서 제안하는 Adaptive Virtualizer 기술은 초음파가 장착된 리모콘을 사용하여 시청자의 위치를 인식하고 인식된 시청자의 위치 정보를 활용하여 청취위치에 해당하는 HRTF로부터 설계된 Filter 를 Update 하고 두 스피커의 출력레벨 및 시간지연 값을 보정함으로써 최적의 입체음향을 재현한다. 본 논문에서는 실시간 구현을 위해 Speaker Virtualizer 의 계산량을 최소화 하는 기술을 제안하고 다양한 청취 위치에 해당하는 Filter 를 설계하고 설계된 Filter 를 효율적으로 Update 하는 Adaptive Virtualizer 기술을 제안한다. 또한, 초음파를 이용한 시청자 위치 인식 기술 및 전체 시스템 통합 기술을 제시한다.

1. Introduction

1.1 3D Sound

3 차원 입체음향은 재현하고자 하는 특정한 음원이나 공간의 정보를 이용하여 다른 청취공간에서도 실제로 가상의 공간에서 소리를 듣는 것처럼 느끼게 해주는 기술이다. 중요한 입체음향 기술로는 음상 정위(sound image localization)와 음장 재현(sound field reconstruction)을 들 수 있다 [1]. 음상 정위 기술은 특정한 위치에 설치된 스피커나 헤드폰을 이용하여 3 차원 공간상의 임의의 위치에 가상의 음원을 위치시키는 기술이고 음장재현 기술은 실제로는 그 공간에 있지 않아도 콘서트 홀이나 동굴 등 특정한 공간에서 소리를 듣고 있는 것처럼 느끼게 해주는 기술이다.

1.2 Problem Definition

입체음향 기술을 사용하면 가상의 음원을 임의의 위치에 생성할 수 있기 때문에 두 개의 스피커만을 사용해서 5.1 채널 스피커 시스템이 주는 서라운드 입체음향을 재현할 수 있다. 이러한 기술을 Speaker Virtualizer 라고 명명한다. 그림 1 에 Speaker Virtualizer 기술의 효과를 제시한다.

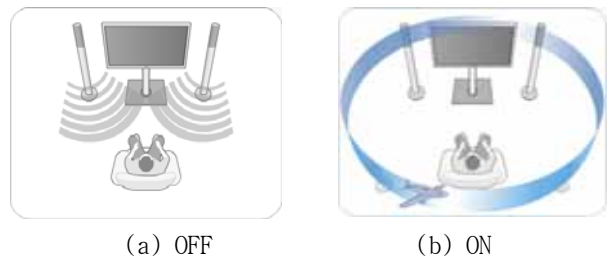


그림 1. Speaker Virtualizer 기술의 효과

Speaker Virtualizer 기술은 시청자가 Sweet Spot 이라고 불리는 특정 위치를 벗어나면 입체감이 현저히 저감되는 특징을 갖고 있다. Sweet Spot 의 크기는 보통 수 cm 정도로 이는 시청자가 수 cm 정도만 움직여도 입체감을 느끼기 어렵다는 의미가 된다. 일반적으로 TV 시청자들은 TV 의 정중앙에서만 TV 를 시청하지 않고 수십 cm 이상 옆으로 치우친 위치에서 TV 를 시청하기도 한다. 따라서, 본 논문에서는 시청자의 위치에 따라 최적의 입체음향을 생성해주는 기술을 제안한다.

1.3 Objectives

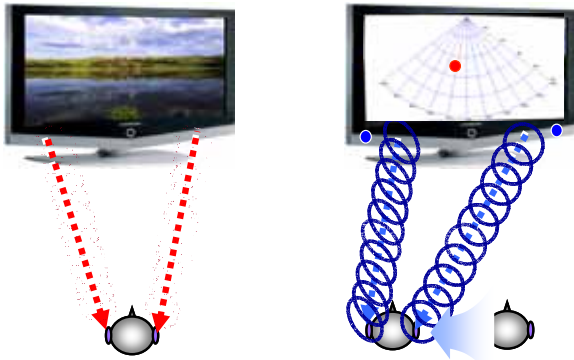
본 논문의 목적은 시청자의 위치를 인식하여 그림 2 와 같이 Sweet Spot 을 해당위치로 이동시켜 그 위치에서 최적화된 입체음향을 재현하는 Adaptive Virtualizer 시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다.

† 교신저자; 삼성전자

E-mail : sunmin21.kim@samsung.com

Tel : (031) 277-6856, Fax : (031) 277-4008

* 삼성종합기술원



(a) OFF (b) ON

그림 2. Adaptive Virtualizer 시스템의 효과

Adaptive Virtualizer 기술은 기본적으로 Speaker Virtualizer 기술을 활용하므로 실시간 구현을 위해서 Speaker Virtualizer 의 계산량을 최소화하는 기술을 2 절에 제안하고 무수히 많은 청취 위치에 해당하는 Filter 를 설계하는 방법을 3 절에 제안하고 설계된 Filter 를 효율적으로 Update 하는 Adaptive Virtualizer 기술을 4 절에 제안한다. 또한, 5 절에서는 초음파를 이용한 시청자 위치 인식 기술 및 전체 시스템 통합 기술을 제시한다.

2. Speaker Virtualizer

2.1 Basic Structure

Speaker Virtualizer 기술은 DVD 플레이어 혹은 디지털 방송의 5.1 채널 오디오 입력을 받아 2 채널의 TV 스피커만을 이용하여 재생하더라도 5.1 채널 스피커 시스템을 이용하여 청취하는 듯한 서라운드 입체음향을 재현해 주는 기술로 그림 3 에 블록도를 제시한다. Gain & Delay Correction Filter 는 그림 4 에서 알 수 있듯이 Front 채널 (L, R, C, LFE) 입력에 대해서는 입체감을 형성시켜 주지 않고 Virtual Surround Filter 에 대해 상대적인 Gain 과 Delay 만을 조절해 준다. 이러한 이유는 Front 채널 입력에 대해서는 실제 스피커 두 개가 시청자의 정면에 있기 때문에 굳이 입체음향 기술을 적용하지 않더라도 실제 5.1 채널 스피커 시스템이 주는 전방의 음상 (Sound Image)를 형성시킬 수가 있기 때문이다. 또한, 원음 대비 음질 유지와 계산량을 적게 하기 위함이다.

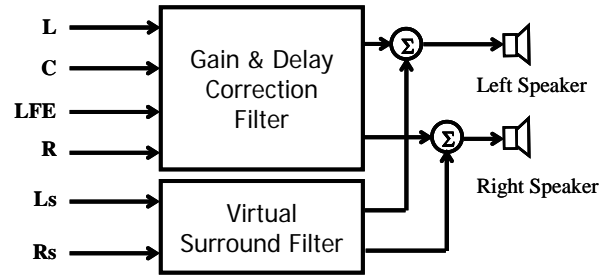


그림 3. Speaker Virtualizer 블록도

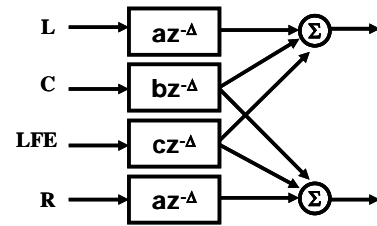


그림 4. Gain & Delay Correction Filter

입체감 성능에 가장 큰 영향을 미치는 Virtual Surround Filter 는 서라운드 채널 (Ls, Rs) 입력에 대해서 입체음향 기술을 적용하여 시청자를 중심으로 -105 도와 $+105$ 도 위치에 가상의 음원을 형성하여 시청자로 하여금 서라운드 입체감을 느낄 수 있도록 한다. 블록도는 그림 5 에 제시한다.

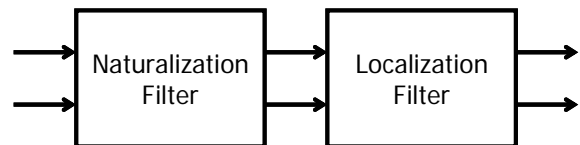


그림 5. Virtual Surround Filter 블록도

그림 5 에서 알 수 있듯이 Virtual Surround Filter 는 크게 두 가지 블록으로 구성된다. 그림 6 에 제시된 Naturalization Filter 는 서라운드 채널 입력에 대해서 음장감을 형성시켜주고 두 채널간의 Correlation 을 저하시킨다. 이는 서라운드 채널 사운드에 공간감을 주기 위함일 뿐만 아니라 두 채널 신호의 특성을 Decorrelation 함으로써 두 채널이 거의 같은 신호(Correlation 이 높은 경우)로 마스터링 된 경우 Front-back Confusion 현상 [1]에 의해 음상이 정면 중앙에 형성되는 것을 막기 위함이다. 즉 5.1 채널 오디오 입력 신호의 특성에 관계없이 입체감을 극대화 시켜주기 위함이다.

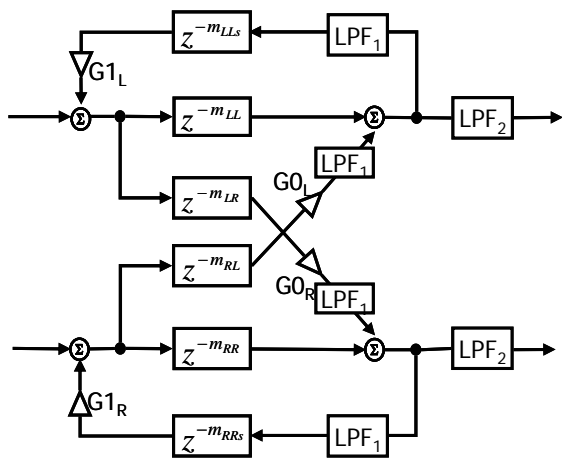


그림 6. Naturalization Filter 블록도

그림 7 은 Speaker Virtualizer 성능에 가장 큰 영향을 미치는 Localization Filter 의 블록도를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 4 개의 FIR Filter 로 구성된다. 4 개의 Filter 는 그림 8 에서 보는 것과 같이 Binaural Synthesis (B_{11} , B_{12} , B_{21} , B_{22})와 Crosstalk Canceller (C_{11} , C_{12} , C_{21} , C_{22})에 의해서 설계된다. Binaural Synthesis 는 2 차 Matrix 로 표현이 가능하고 Crosstalk Canceller 도 2 차 Matrix 로 표현이 가능하기 때문에 2 개의 Matrix 를 곱해서 그림 7 의 Localization Filter (K_{11} , K_{12} , K_{21} , K_{22})처럼 2 차 Matrix 로 표현이 가능하다. 즉, 그림 8 과 같이 설계하여 그림 7 과 같이 구현한다.

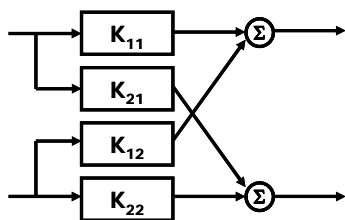


그림 7. Localization Filter 블록도

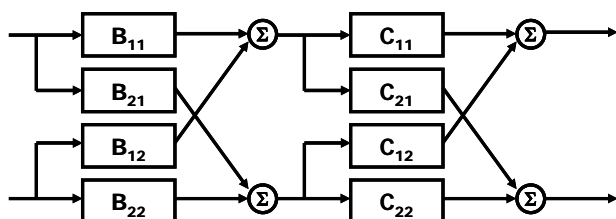


그림 8. Localization Filter 설계 블록도

Binaural Synthesis 는 Dummy Head 를 이용하여 측정된 삼성 HRTF (Head-related Transfer Function) -105 도와 $+105$ 도를 사용한다. HRTF 는 인간이 실제 음원의 방향을 인지하는 단서가 들어있는 심리음향 모델이다. 삼성 HRTF 데이터 베이스 구축 방법은 여기서는 언급하지 않고 참고문헌을 참조한다 [2].

Crosstalk Canceller 는 두 스피커와 시청자의 두 귀 사이의 Crosstalk 현상에 의해서 입체음향 성능이 저하되는 것을 막기 위해 Crosstalk 을 제거하는 기술로 Speaker 를 이용한 입체음향 기술의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 기술이다. 자세한 내용은 3 절에 제시한다. 지금까지 언급한 Speaker Virtualizer 는 향후 언급할 Adaptive Virtualizer 에 활용되기에는 너무 높은 복잡도를 가지고 있기 때문에 다음 절에서는 H/W Resource 를 최소화하는 방법을 제안한다.

2.2 Multi-rate Processing

입체음향 시스템의 정량적 성능 평가 시스템 [3]에 의하면 입체음향 성능은 저주파 영역에 대해서 잘 작동함을 알 수 있다. 또한, Crosstalk Canceller 는 고주파 대역에 대해서는 설계가 잘 되지 않는다.

그림 5 의 Virtual Surround Filter 를 전대역에 대해서 처리하지 않고 저주파 영역에 대해서만 처리를 한다. 그림 9 는 Multi-rate Processing 방법의 블록도를 나타낸다. 여기서, HPF 는 High Pass Filter, LPF 는 Low Pass Filter 를 나타내고, Deci.는 Decimation, Inp.는 Interpolation 을 나타낸다.

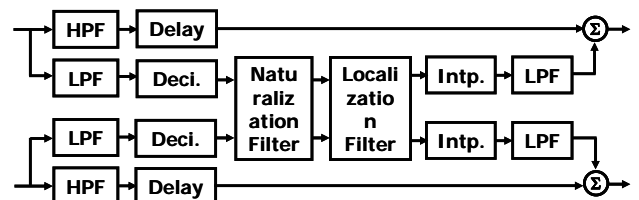


그림 9. Multi-rate Processing (6 배)

그림 9 에서 알 수 있듯이 Down Sampling 을 하기 때문에 Localization Filter 의 길이와 Naturalization Filter 의 Buffer Size 가 줄어든다.

따라서, 계산량과 메모리 모두 상당량 절감할 수 있다.

3. Asymmetric Crosstalk Canceller

3.1 Inverse Problem

시청자의 위치가 변할 경우에도 입체감이 저하되지 않고 최적의 입체음향 사운드를 생성해주는 Adaptive Virtualizer 기술의 성능에 가장 큰 영향을 미치는 것은 Crosstalk Canceller 의 성능이다. 그림 10 에서 보는 것과 같이 스피커를 이용하여 입체음향을 재현하기 위해서는 두 스피커와 시청자 사이의 Crosstalk 현상을 제거하기 위한 Crosstalk Canceller 가 필요하다. 이는 시청자의 특정 위치로부터 설계가 되기 때문에 시청자의 위치가 변하면 Crosstalk Canceller 의 Filter Coefficient 도 변해야 한다. 따라서, Adaptive Virtualizer 의 핵심 기술은 시청자의 위치에 따른 Crosstalk Canceller 필터의 설계 기술이 된다.

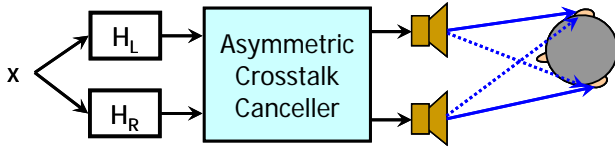


그림 10. 청취위치에 따른 Crosstalk Canceller

일반적으로 Crosstalk Canceller 는 두 스피커와 시청자의 두 귀 사이에 해당하는 HRTF 라고 불리는 Acoustic Path 4 개의 Inversion 을 통하여 설계된다. 2 차 Matrix 의 Inversion 을 수행하여 Crosstalk Canceller 가 설계된다. 시청자를 중심으로 두 스피커가 대칭적으로 배치되어 있는 경우에는 시청자와 두 스피커 사이의 거리가 같기 때문에 측정된 HRTF 를 그대로 사용하여 Crosstalk Canceller 를 설계할 수 있다 (모든 각도에 대한 HRTF 는 같은 거리에서 측정됨).

그러나, 그림 10 과 같이 두 스피커가 시청자를 중심으로 비 대칭적으로 배치되어 있는 경우에는 시청자와 두 스피커 사이의 거리가 같지 않기 때문에 측정된 HRTF 를 그대로 사용할 수 없고 거리에 대한 영향을 고려하기 위한 Acoustic Model 를 추가로 사용해야 한다. 잘 알려진 Free

Field Model 혹은 Direct and Reverberant Model 과 같은 이론적인 Acoustic Model 를 사용하면 거리에 대한 영향을 고려할 수 있다 [4].

그림 11 은 두 스피커와 시청자 사이의 기하학적 관계를 나타낸다. 두 스피커 사이의 거리의 반은 d 이고, 두 스피커의 중앙과 시청자의 위치와의 거리는 r , 각도는 θ , 왼쪽 스피커와 시청자와의 거리는 r_1 , 오른쪽 스피커와 시청자와의 거리는 r_2 , r 과 r_1 벡터에 의해 이루어진 각도는 θ_1 , r 과 r_2 에 의해 이루어진 각도는 θ_2 라고 한다. 각도는 시계방향이 양수이다.

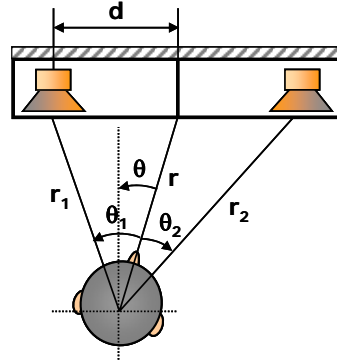


그림 11. TV 스피커와 시청자 사이의 Geometry

그림 11 에서 알 수 있듯이 시청자는 두 스피커의 중앙을 본다는 가정 하에 왼쪽 스피커와 두 귀에 해당하는 HRTF 는 각각 $H_L(\theta_1)$ 와 $H_R(\theta_1)$, 오른쪽 스피커와 두 귀에 해당하는 HRTF 는 각각 $H_L(\theta_2)$, $H_R(\theta_2)$ 라고 할 수 있다. 상기 4 개의 측정된 HRTF 와 Free Field Acoustic Model 를 사용하여 다음 식과 같이 두 스피커의 거리가 고려된 Asymmetric Crosstalk Canceller 가 설계된다.

$$\mathbf{C} = \mathbf{H}^{-1} = \begin{bmatrix} H_L(\theta_1) \frac{1}{r_1} z^{-\Delta_1} & H_L(\theta_2) \frac{1}{r_2} z^{-\Delta_2} \\ H_R(\theta_1) \frac{1}{r_1} z^{-\Delta_1} & H_R(\theta_2) \frac{1}{r_2} z^{-\Delta_2} \end{bmatrix}^{-1} \quad (1)$$

3.2 Listening Position Minimization

식 (1)과 같이 Crosstalk Canceller 를 설계할 경우, 시청자의 모든 위치에 따라 Crosstalk Canceller 를 설계해야 하므로 설계에 많은 시간과 노력이 필요할 뿐만 아니라 시스템 구현 시 방대한

양의 메모리가 필요하다 (16,000 개 필요, 조건: 1cm 와 1도 분해능으로 1~5m 와 -40~40 도 영역).

만약, 시청자의 위치에 대한 각도 정보와 거리 정보를 각각 분리하여 Crosstalk Canceller 를 설계할 수 있다면 HRTF 는 오직 각도에 대한 함수이므로 필요한 Filter 의 종류를 줄일 수 있다.

식 (1)은 간단한 선형 대수학을 이용하여 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$\mathbf{C} = r_1 r_2 z^{(\Delta_1 + \Delta_2)} \begin{bmatrix} \frac{z^{-\Delta_2}}{r_2} & 0 \\ 0 & \frac{z^{-\Delta_1}}{r_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_L(\theta_1) & H_L(\theta_2) \\ H_R(\theta_1) & H_R(\theta_2) \end{bmatrix}^{-1} \quad (2)$$

여기서, 시간 지연은 다음 식과 같이 두 스피커 사이의 거리와 Sampling Frequency F_s 및 음파의 속도 c (343m/s)에 의해서 다음 식과 같이 계산된다. 여기서, $\text{int}(\cdot)$ 는 float 를 integer 로 변환하는 연산자이다.

$$\Delta_1 = \text{int}\left(\frac{r_1 F_s}{c}\right), \quad \Delta_2 = \text{int}\left(\frac{r_2 F_s}{c}\right) \quad (3)$$

식 (2)에서 알 수 있듯이 Asymmetric Crosstalk Canceller 는 거리에 의해 표현되는 Matrix 와 각도의 함수인 HRTF 에 의해 표현되는 Matrix 의 Inverse Matrix 로 분리가 가능하다.

분리된 두 개의 Matrix 중 수식에서 앞에 위치한 거리에 의해 표현되는 Matrix 는 계산이 복잡하지 않기 때문에 실시간으로 계산이 가능하다. 수식에서 알 수 있듯이 거리에 의해 표현되는 Matrix 는 Gain 과 Delay 로 이루어짐을 알 수 있다. 식 (2)와 식 (3)으로부터 두 스피커의 최종 출력 레벨과 시간지연을 결정하는 Gain 과 Delay 를 계산하여 두 스피커의 최종 출력 값 바로 전에 해당 Gain 값을 곱해주고 해당 Delay 값을 이용해 시간 지연을 수행하여 출력하면 된다. 정확한 계산식은 4.2 절에서 언급한다.

HRTF 로 이루어진 Matrix 의 Inverse Matrix 는 실시간 계산이 어렵기 때문에 미리 설계하여 Lookup-Table 형태로 만들어 놓고 실시간으로 청취위치에 해당하는 Inverse Matrix 를 찾아서

사용한다. 대략 수 개 ~ 수십 개 정도의 Inverse Matrix (Filter Coefficient Set)로 시청자 대부분의 위치를 표현할 수 있다. 삼성 50'' PDP TV 의 경우, 두 스피커 사이의 거리가 131cm 이고 청취범위를 1m ~ 5m, -40 도 ~ 40 도로 했을 경우, Inverse Matrix 의 종류 즉, Filter Coefficient Set 의 종류는 23 개가 된다.

3.3 Direct Design Method of Matrix Inversion

일반적으로 HRTF 는 Non-minimum Phase System 이므로 이들로 구성된 2 차 Matrix 를 Inversion 했을 경우, Inverse Matrix 는 발산하게 된다. 따라서, Time-domain 에서 Multiple Error LMS [5]와 같은 Adaptive 알고리즘을 통해 Inverse Matrix 를 FIR Filter 의 형태로 근사화한다. 그러나, Elliott 방법은 Adaptive Filter 의 길이, Modeling Delay 와 같은 parameter 를 적절히 튜닝해 줘야 하고 수렴하기까지 많은 시간과 노력이 필요하므로 Adaptive Virtualizer 와 같이 많은 수의 Filter Coefficient Set 을 설계해야 하는 경우에는 사용이 거의 불가능하다.

따라서, 본 논문에서는 효과적으로 Inverse Matrix 를 구하는 방법을 사용한다 [6]. 이 방법은 z-domain 에서 원하고자 하는 정확도내에서 High-order IIR Filter 의 형태로 Adaptation 없이 근사화된다. 이 방법을 사용할 경우, Asymmetric Crosstalk Canceller 가 IIR Filter 의 형태로 구해지고 Binaural Synthesis 와 곱해지면 IIR Filter 형태의 Localization Filter 가 구해진다. 이는 Frequency Sampling 방법과 Windowing 방법을 통해 Low-order 의 FIR Filter 로 근사화된다. 또한, 2.2 절에서 제안한 Multi-rate Processing 방법을 사용하므로 Asymmetric Crosstalk Canceller 는 6 배 Decimate 된 8kHz Sampling Frequency 에서 설계되므로 48kHz 에서 설계를 하는 것에 비해 매우 쉽게 설계를 할 수가 있다.

4. Adaptive Virtualizer System

4.1 System Design

본 절에서는 2 절과 3 절의 기술을 이용하여 시청자의 위치에 최적화된 입체음향을 재현해주는

Adaptive Virtualizer System 을 제안한다. 전체적인 기능별 블록도는 그림 12 에 나타낸다. 위치인식 시스템에서는 시청자의 위치 정보 (거리와 각도)를 인식한다. 본 논문에서는 초음파를 부착한 리모콘을 이용한 위치 인식 시스템을 활용하였다. 자세한 내용은 5.1 절에서 언급한다. 인식된 위치 정보는 적절한 Parameter 로 변환되어 5.1 채널 오디오 입력이 시청자의 위치에 최적화된 입체음향으로 재현될 수 있도록 한다.

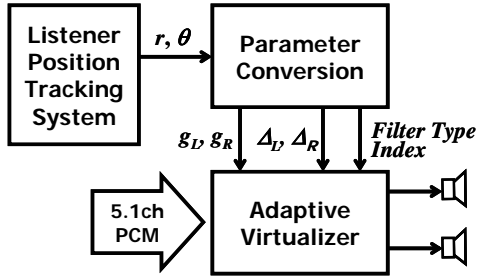


그림 12. Adaptive Virtualizer System 블록도

4.2 Parameter Conversion

Parameter Conversion 에서는 위치 인식 시스템에서 인식된 시청자의 위치 정보를 (거리와 각도) Adaptive Virtualizer 에서 필요로 하는 Parameter 형태로 그림 13 과 같이 변환한다. 그림 13 의 Geometry Conversion 에서는 두 스피커 사이의 거리 정보를 추가로 이용하여 두 스피커와 시청자 사이의 기하학적 관계를 계산하고 Acoustic Model 을 이용하여 3.2 절에서 언급했던 두 스피커의 최종 출력의 Gain 과 Delay 를 계산한다. 또한, Table Matching 에서는 미리 설계된 Crosstalk Canceller 의 Lookup-Table 에서 시청자의 위치에 해당하는 Filter Coefficient Set 를 선택하기 위한 Filter Type Index 값을 결정한다.

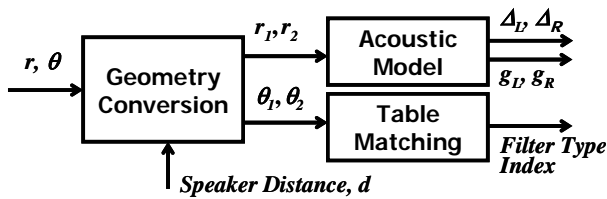


그림 13. Parameter Conversion 블록도

다음 식 (4 ~ 9)에 의해서 두 스피커의 출력의 Gain 값 (g_L, g_R)과 Delay 값 (Δ_L, Δ_R)을 계산하고

θ_1 과 θ_2 를 이용하여 Filter Coefficient Set 의 종류를 나타내는 Filter Type Index 를 결정한다.

$$y = r \cos \theta, \quad x = r \sin \theta \quad (4)$$

$$\phi_1 = \tan^{-1} \left(\frac{x+d}{y} \right), \quad \phi_2 = \tan^{-1} \left(\frac{x-d}{y} \right) \quad (5)$$

$$\theta_1 = \theta - \phi_1, \quad \theta_2 = \theta - \phi_2 \quad (6)$$

$$r_1 = \frac{y}{\cos \phi_1}, \quad r_2 = \frac{y}{\cos \phi_2} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{if } \theta > 0 \\ g_L &= 1, \quad \Delta_L = 0 \\ g_R &= \frac{r_2}{r_1}, \quad \Delta_R = \text{int} \left(\frac{(r_1 - r_2)Fs}{c} \right) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{if } \theta < 0 \\ g_L &= \frac{r_1}{r_2}, \quad \Delta_L = \text{int} \left(\frac{(r_2 - r_1)Fs}{c} \right) \\ g_R &= 1, \quad \Delta_R = 0 \end{aligned} \quad (9)$$

4.3 Adaptive Virtualizer

그림 14 는 Adaptive Virtualizer 의 블록도를 나타낸다. Parameter Conversion 을 통해 정해진 Filter Type Index 에 해당하는 Filter Coefficient Set 를 Filter Table 에서 선택하여 Speaker Virtualizer 의 Localization Filter 를 Update 하고, 또한, 실시간으로 계산된 Gain 과 Delay 를 이용하여 두 스피커의 최종 출력 레벨과 시간지연 값을 조정하여 시청자의 위치에 최적화된 입체음향을 재현한다.

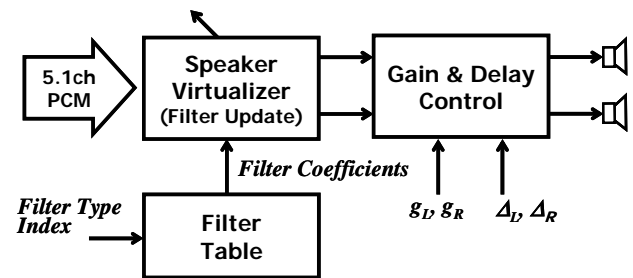


그림 14. Adaptive Virtualizer 블록도

5. System Implementation

5.1

그림 15 에서 보는 것과 같이 송신부인 리모콘에 적외선 발신부와 초음파 발신부를 부착하고 DTV 에 적외선 수신부와 초음파 수신부 2 개를 부착한다. 실제 리모콘에는 적외선 발신 센서가 부착되어 있고 DTV 에는 적외선 수신부가 부착되어 있으므로 추가로 초음파 센서만을 부착한다.

리모콘의 위치는 리모콘과 초음파 수신 센서 간의 거리를 측정하여 이를 이용하여 파악된다. 거리 측정의 원리는 적외선 (빛)의 전파 속도가 초음파의 전파 속도보다 아주 빨라서 적외선의 진행 시간을 무시할 수 있는 점을 이용하는 것이다. 적외선과 초음파를 동시에 발신하면 적외선 신호의 도착 시각을 기준으로 초음파 신호의 진행 시간을 측정할 수 있고 이 값에 음파의 진행 속도를 곱하면 거리를 구할 수 있다.

이 거리 값과 초음파 수신 센서간의 간격을 이용하여 DTV 중심에서 리모콘의 위치를 구한다. 유효 인식 범위는 거리 1m ~ 5m, 각도 -40 도 ~ 40 도로 이 범위안에서 거리 오차는 1.1cm, 각도 오차는 0.75 도임을 실험을 통해 검증하였다. 시청자의 실제 위치는 인식된 리모콘의 위치에 30cm 를 더하여 사용한다.

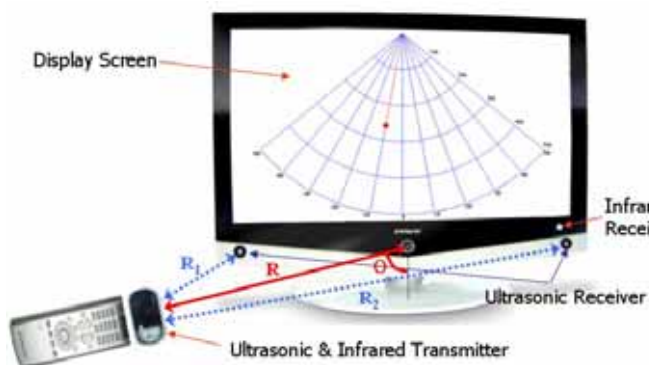


그림 15. 시청자 위치 인식 시스템

5.2 TV

지능형 입체음향 TV 는 4 절의 Adaptive Virtualizer System 과 5.1 절의 시청자 위치 인식 시스템을 활용하여 시청자의 위치에 따라 최적의 입체음향을 재현해주는 시스템이다.

그림 16 에 지능형 입체음향 TV 의 시스템 블록도를 제시한다.

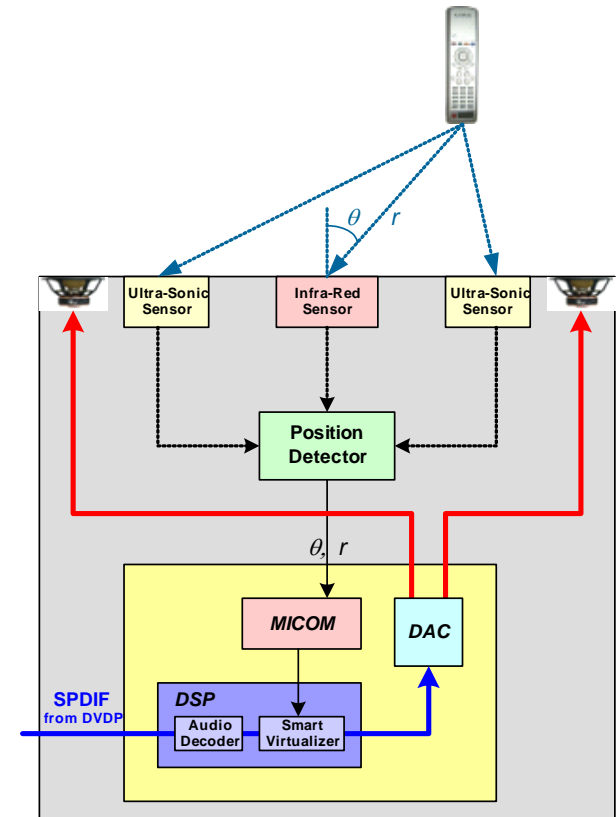


그림 16. 지능형 입체음향 TV 블록도

제작된 리모콘에 할당된 위치인식 버튼을 누르면 TV 로 IR 신호와 초음파 신호가 전달되며 계산된 r, θ 는 MICOM/DSP 시스템으로 I2C 를 통해 전송된다. MICOM 에서 받은 r, θ 에 따라 DSP 에 저장되어 있는 Filter Coefficient Set 을 선택한다. DSP 의 오디오 입력은 DVDP 에서 전달되는 SPDIF 를 사용하며, AC3 혹은 DTS Decoder 를 사용하여 변환된 5.1 채널 PCM 은 Adaptive Virtualizer Processing 을 통해 입체음향 정보를 가진 2 채널 오디오로 변환되고 MICOM/DSP 시스템에 장착된 DAC 를 통해 TV 의 External Audio 단자로 입력되고 TV 내장 AMP 에서 증폭된 신호는 TV 스피커를 통해 외부로 재생된다.

6. Conclusion

본 논문에서는 시청자의 위치에 따라 최적의 입체음향을 재현해주는 TV 시스템을 개발하였다. 초음파 센서를 부착한 리모콘을 이용하여 청취

위치를 인식하는 시스템을 개발하였고 인식된 위치 정보를 이용하여 시청자에게 최적의 입체음향을 재현해주는 Adaptive Virtualizer 기술을 개발하였다. 또한, H/W Resource 를 최소화하기 위해 Speaker Virtualizer 를 최적화하였다

- (1) Begault, D. R., "3-D sound for virtual reality and multimedia," AP Professional, Cambridge, MA, 1994.
- (2) Kim, Youngtae, et. al., "New HRTFs for 3D audio applications", AES 118th Convention, Barcelona, Spain, May, 2005.
- (3) Shin, Ki H., et. al., "Development of A Quantitative Evaluation Technique To Assess Virtual Audio Systems On Their Source Positioning Capability", inter-noise Congress, Rio de Janeiro, Brazil, Aug., 2005.
- (4) Kinsler, Lawrence E., et. al., "Fundamentals of Acoustics", John Wiley & Sons, 1982
- (5) Elliott, S. J., et. al., "A multiple error LMS algorithm and its application to active noise control of sound and vibration", IEEE transaction on Acoustics, Speech and Signal Processing ASSp-35, pp. 1423-1434, 1987.
- (6) Kim, Sunmin, et. al., "An Effective Design Method of Inverse Filters for Multi-channel 3D Sound Rendering", SICE Annual Conference, Osaka, Japan, Aug., 2002.