

사용자 Interactive 음원 재생을 위한 다채널 실감 Audio 재생기 구현

*정종진 **임태범 ***이석필

전자부품 연구원

*mozzalt@keti.re.kr

The Implementation of the multi-channel real sound player for User Interactive Music Service

*Jung, Jong-Jin **Lim, Tae-Beom ***Lee, Seok-Pil

Korea Electronics Technology Institute

요약

급속한 정보 통신 기술의 발달로 인해 멀티미디어 재생 개발 기술들은 단순히 수동적으로 보고 듣는 재생 기술에서 벗어나 청취자 감성, 취향 등에 따라 보다 실감 있고 사용자가 능동적으로 재생할 수 있는 기술로 진화 하고 있다. 지금까지의 오디오 서비스는 음원 개발자 중심의 오디오 서비스, 즉 보컬 및 모든 악기가 믹스된 단일음원이기 때문에 사용자는 단순히 오디오 음원 개발자나 음반 제작사가 발매한 단일 음원을 일방적으로 수동적 청취할 수밖에 없다. 하지만 사용자 능동형 오디오 서비스에서는 사용자가 능동적으로 자신이 원하는 음악적 취향에 따라 능동적으로 각각의 객체 기반의 독립 음원을 선택, 감성에 따른 음원 효과 추가, 최적의 음원 청취 위치(Sweet Spot) 변경, 음원 및 스피커 재생 공간 및 위치 변경 재생 등을 할 수가 있다. 본 논문에서는 디지털 음원들을 입력받아 임의의 필터링을 실행하고, 사용자 음원 보정 정보, 출력 유닛의 공간적, 음향적 특성을 상위제어기로부터 입력받아 전신호경로 상에 디지털 신호처리 하여 출력신호를 생성하는 DSP 시스템 플랫폼 및 알고리즘에 관하여 소개한다.

1. 서론

고품질, 고기능 오디오에 대한 대중적인 수요가 증대되고 있는데, 이는 첫째로 레코딩 기술의 발달, 둘째로 저장매체와 발달과 코딩기술의 발달에 의한 오디오 저장 데이터 량의 증가, 또한 디지털 출력회로에 의해 가능해진 저렴한 고품질 오디오 출력장치에 그 원인이 있다고 할 수 있다. 발달된 디지털 신호처리 기술로 각종 필터의 구현, 음장제어, 3차원 사운드 효과 등이 가능해져서 시장에서의 수요를 견인하는 새로운 오디오 장치의 개발이 필요한 상황이다.

기존의 음악은 모든 음원들(보컬+모든 악기 또는 모든 악기 등)이 믹스된 단일음원으로 이루어져 단순히 청취만 가능했던 기존의 수동적이고 일방적인 오디오 서비스이었다면, 청취자가 자신의 감성, 취향에 따라 음악을 들을 수 있는 능동적인 사용자 음원 보정 서비스가 필요하다. 이러한 요구에 부응하여 디지털 음원들을 입력받아 임의의 필터링을 실행하고, 사용자 음원 보정 정보, 출력 유닛의 공간적, 음향적 특성을 상위제어기로부터 입력받아 전신호경로 상에 디지털 신호처리 하여 출력신호를 생성하는 DSP 음원 재생 시스템 및 알고리즘을 구현하였다. 이러한 시스템을 통하여 사용자는 각기 달리 입력된 독립 음원을 취사선택하며 제어할 수 있고, 자신이 부르거나 연주한 목소리나 악기연주음을 기존음과 Mixing 하여 자신만의 새로운 음악을 생성할 수도 있으며, 재생단계에서는 독립트랙별로(예를들어 악기음원들) 사용

자에게 들려지는 방향감(음원의 실제 재생위치)을 조절이 가능하여 현장에서 실제 녹음된 환경을 만들어 낼 수 있어, 이런 의미에서 지능형 실감 음원 재생 플랫폼이라 할 수 있다.

2. 본론

1) 독립 음원 음장 구현

독립된 N 개의 입력소스(트랙)가 공간상에 존재한다면, 가장 이상적인 음향장치는 현장에서 들리는 것과 동일하게 N 개의 소리를 재생하는 장치이다. 그러나 기존의 출력장치는 단일한 스피커유닛에서 스테레오, 5.1채널, 7.1채널로 점차 출력유닛의 개수가 증가하고 있지만 원래의 음원을 독립적으로 저장하고 있지 않고, 출력채널에 대한 약간의 분리신호만을 저장하고 있는 실정이다. 따라서 스피커유닛의 개수가 우퍼를 제외하고도 5개에서 7개가 되더라도 음장(Sound Stage)감을 재생하는데 충분하게 활용되고 있지 못하고 있다. 본문문에서 구현된 플랫폼에서는 음원의 음향데이터(Wave) 외에도 각 음원의 공간 정보에 해당하는 위치메타데이터를 사용하여 원래의 음장을 현실감 있게 재생하고, 더 나아가 재생하는 시점에서 청취자의 공간적 위치를 변경하거나 각 음원의 위치를 개별적으로 변경가능케 설계 및 구현 하였다.

상기 구현의 기본적 개념을 이해하기 위해 아래와 같은 8개의 스

스피커유닛이 방사상으로 배치되어 있는 경우를 가정하고 있음. 각 스피커유닛의 위치벡터를 \vec{b}_k 그리고 포인트 음원소스의 위치벡터를 \vec{a}_j 라 하면 청취자가 \vec{a}_j 의 위치에 있는 음원에너지 $S_j(t)$ 로부터 전달 받는 에너지는 다음과 같이 유사한 방향성분을 갖는 스피커유닛들로부터 구현된다.

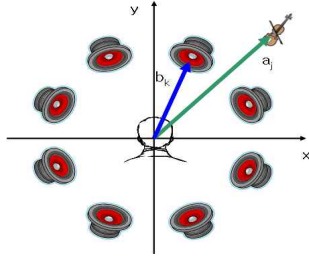


그림1. 독립음원과 스피커유닛의 위치 구성

먼저, \vec{a}_j 위치의 음원을 재생하는데 참여할 유닛들을 선별하고, 각 유닛들에서 출력할 해당음원의 강도를 결정하기 위해 해당 음원의 위치와 각 스피커유닛 위치의 유사성을 각도정보로 추출한다.

$$\cos(\theta_{kj}) = \frac{\vec{b}_k \cdot \vec{a}_j}{|\vec{b}_k| |\vec{a}_j|} \quad (\text{식 1})$$

그림1과 같은 구성에서는 스피커유닛들이 45도 간격으로 균일하게 배치되어 있으므로 상기 식에 의해 구해진 코사인 값이 0.707 이상인 스피커유닛만 구동하여도 반드시 1개 이상의 스피커유닛이 음원에 할당된다. 또한, 각 스피커유닛의 선택과 해제가 부드럽게 연속적으로 이루어져야 하므로 아래와 같은 선택변수를 도입하여 사용한다.

$$\alpha_{kj} = \begin{cases} \frac{\vec{b}_k \cdot \vec{a}_j}{|\vec{b}_k| |\vec{a}_j|} - 0.707, & \text{if } \geq 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (\text{식 2})$$

위에서 사용된 채널분리 상수 0.707은 분리도와 스피커유닛들의 연속성을 위해 변경될 수 있으며, 출력 스피커들의 위치가 변경되면 수정되거나 선택변수 α_{kj} 를 위한 새로운 알고리즘이 사용되어야 함. 위 변수를 사용하면 아래와 같이 각 스피커유닛이 출력해야 하는 값 $K_k(t)$ 를 구할 수 있다.

$$K_k(t) = g_k(t) \sum_{i=1}^N \alpha_{ki} \frac{|\vec{b}_k|^2}{|\vec{a}_j|^2} S_i(t) \quad (\text{식 3})$$

스피커유닛의 거리제곱이 곱해지고, 음원 거리의 제곱이 나누어지는 이유는 파동에너지는 거리제곱에 반비례하여 전달되기 때문이다. 여기서 $g_k(t)$ 는 실시간 이득조정 값이다.

위에서 기술한 기본적인 음장 구현 방법에 더해서 독립된 입력소스에 대한 필터링, 출력채널에 대한 필터링, 공간벡터 전체를 수축시키거나 회전시키는 등의 변화 효과, 음원의 속도와 이동방향성분을 고려

한 도플러 효과 등을 구현한 시스템에서 추가적으로 구현될 수 있다.

2) H/W 및 S/W 구성도

전체 시스템은 전처리+후처리 DSP 보드 각 2장, 12채널 출력을 위한 DAC 보드 3장(각 보드당 4채널 출력), USB 통신보드 1장, 파워회로 포함 베이스보드 1장으로 구성된다. 앞으로 공간절약을 위한 구조 단순화를 위해 USB 보드 회로를 베이스 보드에 통합할 수도 있다.

플랫폼 기능을 구현하는데 있어 다양한 음원 처리를 위해 2중 오디오 처리(전처리, 후처리)를 위해 DSP(TMS320C6727)를 2개 사용하였으며, 전처리 DSP에서는 입력된 멀티 트랙의 음원을 믹싱, 제어기로부터 해석된 음원 처리 시그널을 이용해 사용자 음원 보정을 해주는 DSP Filter Stage를 구성하였고, 후처리 DSP에서는 다양한 음원 Effect를 추가할 수 있도록 확장하였다.

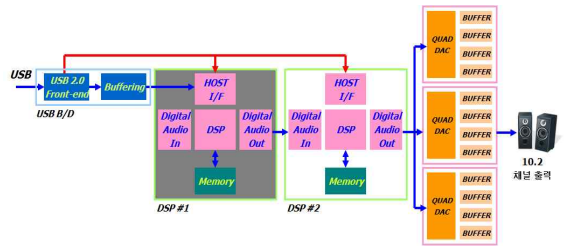


그림2. 사용자 Interactive 음원 재생을 위한 다채널 실감 Audio 재생기 Hardware 구조도

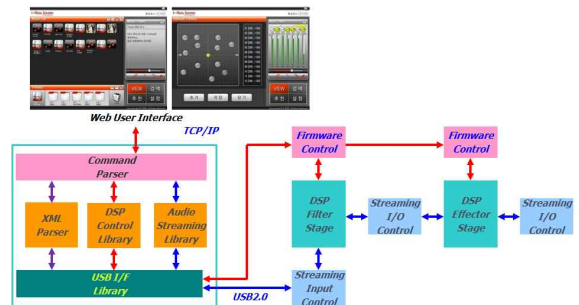


그림3. 사용자 Interactive 음원 재생을 위한 다채널 실감 Audio 재생기 Software 구조도

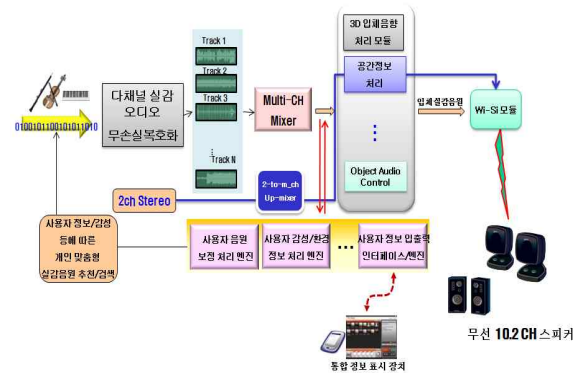


그림4. 사용자 Interactive제공 독립음원 제어 및 재생을 위한 통합 S/W 모듈도

(1) 소프트웨어 모듈

가) Command Parser(U/I Server-side)

UDP 통신채널을 통해 오디오 출력에 대한 명령을 수령하여 DSP 제어와 출력스트리밍에 대한 제어명령을 인가하는 통신 및 명령해석 모듈.

나) DSP Control Library(U/I Server-side)

두 개의 스테이지로 구성된 각 DSP 시스템의 초기화와 특정 알고리즘 다운로드 및 실행에 대한 명령을 USB 입출력 모듈로 가하는 모듈. 주로 시스템 초기화 및 펌웨어 구성에 사용되며 스트리밍이 시작된 후에는 사용하지 않는다.

다) Audio Streaming Library(U/I Server-side)

사용자가 지정한 각 트랙의 오디오 파일을 로드하여 스트리밍 출력하는 일련의 기능을 수행한다. 오디오 데이터 외에도 재생환경을 구성하는 입력트랙의 공간상 위치, 출력스피커의 공간상 위치를 입력받아 DSP 시스템으로 전달하고 스트리밍의 중단, 재개, 임의위치 이동, 임의트랙 목음, 임의트랙 단독 재생, 최종 믹싱출력 녹음 등의 기능을 담당하는 모듈. 스트리밍 모듈은 DSP 시스템과 일련의 프로토콜을 기반으로 통신하게 되는데 상기 DSP Control Library에서 로드하는 펌웨어와 프로토콜 호환이 이루어져야 정상적인 동작이 가능하므로 양측 개발 시 상호 일치가 요구된다.

라) USB Interface Library(U/I Server-side)

DSP Control Library 와 Audio Streaming Library에서 전달된 제어 및 오디오 데이터를 USB 디바이스를 통하여 각 DSP로 전달하는 역할을 한다. 또한, 서버 측에서 설정된 값을 통해 DSP 시스템 측 USB 마이크로프로세서의 부팅을 진행하는 기능도 담당한다.

마) Streaming Input Control(DSP System-side)

USB2.0 기능을 포함한 고성능 마이크로프로세서 상에 구현된다. 자체 부트-롬 또는 USB를 통한 부팅이 가능한데, 현재 구성에서는 USB를 통해 DSP 시스템 측 USB 마이컴을 부팅하여 소프트웨어 상에서 기능을 변경할 수 있게 하였다. 초기화시에 USB Interface Library 가 마이크로프로세서의 부팅을 위한 펌웨어를 다운로드하면 이후 Audio Streaming Library 의 입력을 받아 각 DSP의 UHPI(Universal Host-Port Interface)를 통해 DSP의 메모리 접근에 의한 오디오 데이터 스트리밍을 수행한다. UHPI 는 16bit Address/Data Multiplex-ed Synchronous 버스로 구성되는데, 이의 입출력을 위해 마이크로프로세서는 임의과형 발생기능을 내장하며 마이크로프로세서 펌웨어 구성 시에 파형정보를 미리 입력하여 구현한다. 또한, 양 측 DSP의 펌웨어 부팅 및 직접적인 오디오 데이터 스트리밍이 가능하다.

바) Firmware Control(DSP System-side)

DSP Control Library 의 입력을 받아 각 DSP의 부팅을 수행한다. DSP의 부팅 역시 오디오 데이터 스트리밍과 같이 DSP의 UHPI 버스를 이용한다. 이는 DSP의 부팅 옵션 중 UHPI 부팅모드를 이용한 것으로, DSP내부 메모리상의 임의의 위치에 실행될 프로그램 이미지를 로드한 후 프로그램 카운터를 조정하여 실행시킬 수 있다.

사) DSP Filter/Effector Stage(DSP System-side)

전체 DSP 시스템은 두 개의 부동소수점 연산이 가능한 DSP 보드를 포함하고 있는데, 전처리&후처리의 이중 구조 또는 한 개의 DSP로 소프트웨어 구성이 가능하다. 입력트랙에 대한 신호처리가 필요한 경

우에는 전처리용 DSP에 입력트랙 필터를 구성하고 후처리용 DSP에 공간 믹싱 및 출력채널 이펙터를 구성한다. 입력트랙에 대한 별도의 신호처리가 불필요한 경우에는 전처리용 DSP에서 공간 믹싱하고 DSP 간에 오디오용 직렬버스를 통해 전달되는 출력채널 오디오 데이터를 후처리용 DSP에서 신호처리 할 수 있다.

3. 실험 및 구현 결과

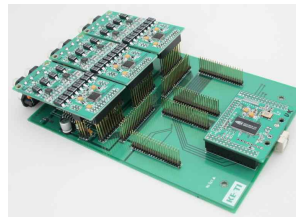


그림5. 사용자 Interactive 음원 재생을 위한 다채널 실감 Audi 재생기 전면도

그림6. 10.2채널 Audio 출력(사용자 Interactive 음원 재생을 위한 다채널 실감 Audio 재생기 후면)



그림7. 스마트폰을 활용한 사용자 Interactive 독립 음원 제어 UI

4. 결론

본 논문에서 구현한 사용자 Interactive 음원 재생을 위한 다채널 실감 Audio 재생기 구현을 통해 사용자는 다양한 환경에서 취득된 고음질 오디오 콘텐츠를 사용자 특성, 감성 / 취향 / 재생환경 등을 기반으로 한 실감 오디오 처리를 통해 실제 환경에서 느끼는 현장 오디오를 감상 할 수 있다. 객체 기반의 독립 음원과 이와 관련한 사용자 감성/취향 정보, 공간 및 입체 음향 정보 등이 믹스된 음원을 사용자는 통합 정보 표시 장치를 통해 실감 오디오에 대한 많은 정보를 확인 / 제어 할 수 있고 이를 바탕으로 실감 오디오에 대해 다양한 응용이 가능하다.

이러한 실감 오디오 서비스는 지금의 정형화된 음악서비스에서의 단순히 음악의 볼륨만을 조절할 수 있는 음악 서비스에서 벗어나 청취자 또는 사용자가 직접 음악 콘텐츠에 실려진 다양한 오디오 음원 소스의 특징을 선택적으로 조절하여 자신만의 새로운 오디오 콘텐츠를 생성 할 수 있는 새로운 개념의 음악 서비스의 한 예가 될 수 있다. 이에 대한 연구가 계속 발전되면 오디오 음원 생산자, 재생기 생산자, 사

용자에게 모두 수익과 흥미를 가져다 줄 뿐만 아니라 더 나아가 음반 시장 및 오디오 관련 시장의 큰 변화를 줄 것 이라 예상된다.

5. 참고문헌

- [1] 홍진우, 강경욱, ETRI, 음향 선별 UCC 오디오 기술 개발, 보도자료, 2007.10
- [2] Inseon Jang, Jeongil Seo, Kyeongok Kang, Hui Yong Kim (ETRI), Kevin Seung Chul Ham (Audizen Inc), MPEG2008 / M15626, A proposal for technical specification of Interactive Music AF
- [3] www.iklax.com
- [4] ISO/IEC 14496-14:2003, Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 14: MP4 file format, Nov. 2003.
- [5] ISO/IEC 21000-9, Information technology -Multimedia framework (MPEG-21), Part 9: File Format, July 2005.
- [6] Adobe Flash, <http://www.adobe.com/products/flash>.
- [7] Adobe Systems, Flash Player for Mobile Devices Delivers High-Impact Video and Dynamic Web Content white paper, Oct. 2007.
- [8] W3C, Synchronised Multimedia Integration Language(SMIL 2.0) - [Second Edition], <http://www.w3c.org/TR/2005/REC-SMIL2-20050107>, Jan. 2005.
- [9] W3C, Scalable Vector Graphics(SVG) 1.1 Specification [Recommendation], <http://www.w3c.org/TR/2003/REC-SVG11-20030114>, Jan. 2003.
- [10] S. G. Chen, R. Jiang, "A new fast filtering algorithm based on algebraic composition," in proc. of SiPS 99 1999 IEEE Workshop, pp. 742-750, 1999.
- [11] 조충상, 김제우, 신화선, 최병호, "MPEG-4 ALS 복호화기를 위한 고성능 필터링 방법," 2008 전자공학회 추계학술대회논문집, 2008 11월.
- [12] C.S. Cho, J.W. Kim and B.H. Choi, " A Low Complexity MPEG-4 ALS Coding for High Quality Object Audio System," IEEE Trans. CE, Dec. 2008 Submitted.
- [13] K. Park, J. Seo, J. Wee, W. Jeon, J. Paik, "Wireless audio transmitting apparatus, speaker and system and controlling method", EP08173036.8(유럽 출원 특허)
- [14] D.H. Kim, K.H. Kim, S. Liu, and J. H. Kim, "A TMO-Based Approach to Tolerance of Transmission Jitters in Tele-Audio Services", Computer System Science & Engineering, 17(6), Nov. 2002, pp.325-333.