

# 사용자 친화적인 오디오 서비스를 위한 다객체 오디오 부호화

김광기\*, 장병옥\*

요약

새로운 개념의 사용자 친화적인 오디오 서비스는 보컬, 베이스, 기타, 피아노, 드럼 등의 다양한 오디오 객체를 사용자에게 전달해줌으로써 사용자가 자신만의 오디오 신호를 생성하여 즐길 수 있는 능동적인 오디오 서비스이다. 이런 사용자 친화적인 오디오 서비스는 다양한 오디오 객체 신호의 개별적인 부호화로 인해 매우 큰 비트율을 갖기 때문에 유무선 통신이나 네트워크 환경에서는 서비스되기 어렵다는 한계가 있다. 이를 해결하기 위하여 다양한 오디오 객체 신호를 하나의 다운믹스 신호와 부가적인 공간 큐로 압축/복원하는 공간 큐 기반의 다객체 오디오 부호화기를 적용할 수 있다. 그러나 다객체 오디오 부호화기 역시 특정 객체 신호를 완벽히 제어할 수 없기 때문에 보컬 신호를 완벽히 제거하는 가라오케와 같은 특정 응용 시나리오에서는 성능저하가 심하게 나타난다. 따라서 본 논문에서는 복원된 객체와 원래의 객체 신호 사이의 차이를 나타내는 잔차 신호를 이용하여 특정 객체 신호를 완벽히 제어하기 위하여 개선된 다객체 오디오 부호화기를 제안하였다. 청취평가 결과는 기존의 다객체 오디오 부호화기에 비해서 제안된 개선된 다객체 오디오 부호화기가 더 나은 오디오 객체 제어 성능을 가지고 있음을 보여준다.

## Multiple Audio Object Coding for Interactive Audio Service

Kwang-ki Kim\*, Byeong-ok Jang\*

ABSTRACT

Interactive audio service allows users to create and enjoy their audio sound according to their preferences using delivered audio objects such as vocal, bass, piano, guitar, drum, and so on. The interactive audio service has very high bit-rate because various audio objects are separately coded. Therefore, it is difficult to provide the interactive audio service through the wired/wireless communication and network environment. To solve the bit-rate problem of the interactive audio service, multiple audio object coding (MAOC) scheme can be applied. The basic idea of the MAOC is that the audio objects are represented as a down-mix signal with spatial parameters. However, because the MAOC still has a problem that the precise control of a particular audio object is impossible, the sound quality degradation is very severe in a Karaoke service. In this paper, we proposed the enhanced MAOC that focus on the precise control of the target object such as vocal. The enhanced MAOC uses a residual signal that indicates the gap between the parametric description of the audio signals and the transparent sound quality. From the experimental result, the proposed enhanced MAOC shows better performance than the MAOC in the aspect of the precise control of the target audio object.

Key Words : Multiple Audio Object Coding, Interactive Audio Service, Target Object, Karaoke, Residual Signal

---

\* 나사렛대학교 디지털콘텐츠학과 (✉ k2kim@kornu.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 김광기 · 교신저자(Correspondent Author) : 장병옥

· 접수일(2013년 11월 18일), 수정일(1차 : 2013년 12월 9일), 게재확정일(2013년 12월 12일)

## 1. 서 론

사용자 친화적인 오디오 서비스는 객체기반 오디오 콘텐츠로써 노래를 구성하는 가수/악기별 트랙을 객체단위로 부호화하여 가라오케를 비롯한 다양한 형태로 제공하는 서비스를 말한다[1], [2]. 이는 각 트랙별로 제어가 가능하므로 사용자가 원하는 콘텐츠로 재가공하여 청취할 수 있는 새로운 개념의 오디오 서비스이다. 그러나 사용자 친화적인 오디오 서비스는 오디오 객체별 부호화를 해서 사용자에게 전달하기 때문에 객체 수에 비례하여 비트율이 크게 증가한다는 문제점을 지녀 기존의 유무선 통신이나 네트워크 환경에서는 서비스되기 어렵다는 한계가 있다. 즉 사용자 친화적인 오디오 서비스는 광대역 유무선 통신이나 네트워크 환경 또는 대용량 저장매체를 통해서만 가능하다. 이러한 사용자 친화적인 오디오 서비스가 지니는 한계점을 극복하기 위해서 기존의 공간 큐 기반의 다채널 오디오 부호화 기술을 변형한 공간 큐 기반의 다채널 오디오 부호화 기술을 적용할 수 있다[3-6].

공간 큐 기반의 다객체 오디오 부호화는 다채널 오디오 신호를 하나의 다운믹스 신호와 오디오 이미지를 나타내는 공간 큐로 표현하는 공간 큐 기반의 다채널 오디오 부호화 기술과 유사하게 보컬, 기타, 드럼, 베이스, 피아노 등의 다양한 오디오 객체 신호를 하나의 다운믹스 신호와 공간 큐로 구성되는 부가정보로 표현하는 기술이다. 이는 다양한 오디오 객체 신호를 하나의 다운믹스 신호와 부가정보만으로 압축/복원할 수 있기 때문에 사용자 친화적인 오디오 서비스가 가지고 있는 비트율 문제로 인한 서비스의 한계를 극복함으로써 사용자 친화적인 오디오 서비스를 인터넷 AOD(Audio On Demand)나 스트리밍 서비스 등의 형태로 유무선 통신이나 네트워크 환경에서 가능하도록 한다.

사용자 친화적인 오디오 서비스의 비트율 문제를

해결하는 공간 큐 기반의 다객체 오디오 부호화 기술은 오디오 객체 신호를 완벽하게 복원하지 못한다는 또 다른 근본적인 문제를 지닌다. 즉, 공간 큐 기반의 다객체 오디오 부호화 기술을 통해 하나의 다운믹스 신호와 공간 큐만을 이용하여 압축/복원된 다양한 객체 신호 각각은 원래의 객체 신호와 같지 않다. 이러한 문제는 사용자 친화적인 오디오 서비스에서 사용자가 다양한 객체 신호를 믹싱해서 생성하는 오디오 신호에서는 그 영향이 나타나지 않지만, 각각의 객체 신호만을 듣거나 보컬과 같은 특정 객체 신호를 완벽하게 제거하는 가라오케 신호에서는 심한 음질의 열화를 초래한다. 따라서 특정 객체 신호를 완벽하게 제어하기 위한 또 다른 기술이 필요하고 본 논문에서는 원래의 객체 신호와 공간 큐를 이용하여 복원된 객체 신호간의 차이를 나타내는 잔차 신호를 이용하는 개선된 다객체 오디오 부호화기를 제안한다[7].

## II. 공간 큐 기반의 다객체 오디오 부호화기

### 2.1 다객체 오디오 인코더

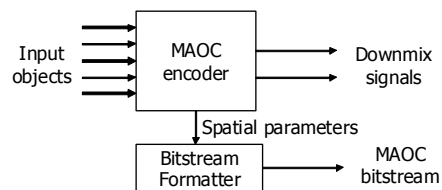


그림 1. 다객체 오디오 인코더

Fig. 1. MAOC encoder

다객체 오디오 인코더는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 입력 객체 신호를 다운믹스 신호와 각 객체 정보를 나타내는 공간 파라미터로써 표현을 하며 <그림 2>와 같이 상세화 할 수 있다. 입력 신호는 T/F (time to frequency) 변환을 거친 후 파라미터 추출과 다운믹싱

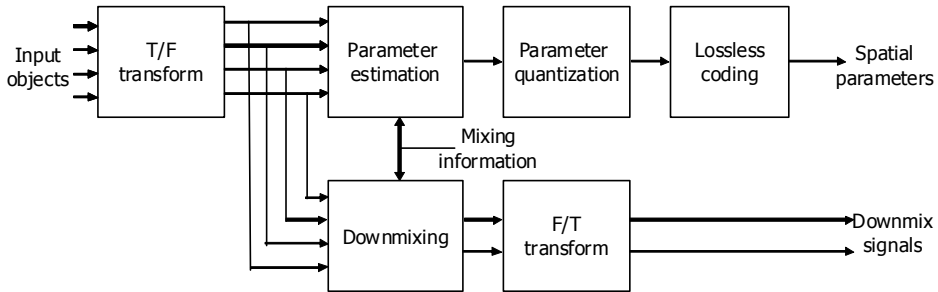


그림 2. 다객체 오디오 인코더 상세 구조

Fig. 2. Detailed structure of MAOC encoder

과정을 거친다. 객체 정보를 나타내는 파라미터로써 객체 크기 비율 (OPR: object power ratio)을 사용하며, 특정 서브 밴드에서의 OPR은 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$OPR(i, j) = \frac{P(i, j)}{\max_k \{P(k, j)\}} \quad (1)$$

여기에서  $i$ 는 객체 인덱스,  $j$ 는 주파수영역의 서브밴드 인덱스를 나타내며, OPR은 식에서 보는 것처럼 객체 신호의 파워 중 가장 큰 값으로 나머지 객체의 파워를 나눠줌으로써 0에서 1사이의 값을 갖는다. 추출된 OPR 파라미터는 전송을 위하여 양자화 과정을 거치며, 4 비트를 이용하여 양자화를 수행한다. 한편 추출된 파라미터는 비트율을 줄이기 위해서 허프만 부호화와 같은 무손실 부호화를 거쳐서 다객체 오디오 비트스트림 (MAOC bitstream)을 생성하게 된다.

다운믹싱은 다운믹스 신호의 클리핑 문제를 막기 위하여 식 2와 같이 입력되는 각각의 객체에 대한 믹싱 정보를 이용하여 수행하며, 생성되는 다운믹스 신호는 식 3과 같다.

$$M_{mix} = \begin{bmatrix} G_{11} & G_{12} & G_{13} & \cdots & G_{1N} \\ G_{21} & G_{22} & G_{23} & \cdots & G_{2N} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} D_L &= G_{11} \cdot Obj_{1,L} + G_{12} \cdot Obj_{2,L} + \cdots + G_{1N} \cdot Obj_{N,L} \\ D_R &= G_{21} \cdot Obj_{1,R} + G_{22} \cdot Obj_{2,R} + \cdots + G_{2N} \cdot Obj_{N,R} \end{aligned} \quad (3)$$

위식에서  $N$ 은 전체 객체 수를 나타내며,  $Obj_{L}$ 과  $Obj_R$ 은 스테레오 객체의 좌, 우 신호를 나타낸다. 또한,  $D_L$ 와  $D_R$ 는 좌, 우 다운믹스 신호를 각각 나타낸다.

## 2.2 다객체 오디오 디코더

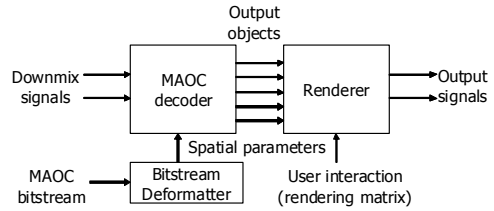


그림 3. 다객체 오디오 디코더

Fig. 3. MAOC decoder

<그림 3>에서 보는 바와 같이 기본적인 다객체 오디오 디코더는 입력되는 다운믹스 신호와 공간 파라미터를 이용하여 출력 객체 신호를 생성한 후 렌더러를 통해 사용자 입력에 따라서 원하는 출력 신호를 생성하게 된다. 이는 <그림 4>와 같이 상세화 할 수 있다. 입력되는 다운믹스 신호는 T/F 변환을 통해 객체 합성단으로 입력되며, 공간 파라미터는 무손실 복호화와 파라미터 역양자화를 거친 후 객체 합성단으로 입력된다. 객체 합성단에서는 다운믹스 신호와 공간 파라미터 OPR을 이용하여 객체신호를 생성하게 되며, 각각의 객체 신호의 파워는 식 4와 같이 계산한다.

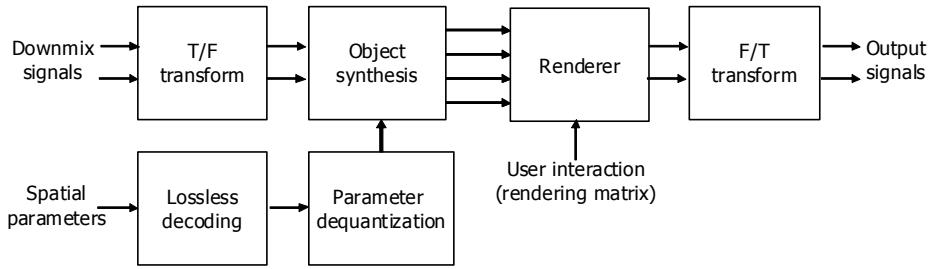


그림 4. 다객체 오디오 디코더 상세 구조  
Fig. 4. Detailed structure of MAOC decoder

$$P_1 = \frac{OPR_1}{\sum_{i=1}^N OPR_i}, P_2 = \frac{OPR_2}{\sum_{i=1}^N OPR_i}, \dots, P_N = \frac{OPR_N}{\sum_{i=1}^N OPR_i} \quad (4)$$

여기에서  $i$ 는 객체 인덱스,  $N$ 은 전체 객체의 수를 나타낸다. 이렇게 계산된 각 객체의 파워는 루트를 취하여 각 객체별 이득을 구하게 되고, 객체별 이득을 주파수 영역으로 변환된 다운믹스 신호에 곱해줌으로써 각 객체의 주파수 영역에서의 실제 신호를 구할 수 있다. 이렇게 계산된 각 객체 신호는 렌더러에 입력되어 사용자의 조절(믹싱) 정보에 따라서 출력신호를 생성하게 된다.

### III. 개선된 다객체 오디오 부호화기

#### 3.1 개선된 다객체 오디오 인코더

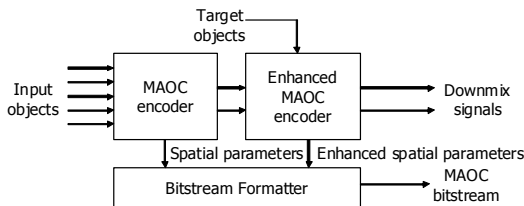


그림 5. 개선된 다객체 오디오 인코더  
Fig. 5. Enhanced MAOC encoder

개선된 다객체 인코더는 <그림 5>에서 보는 바와 같이 일반적인 인코더 다음에 동작하며, 가라오케 모드나 보컬 재생 모드 등과 같이 중요한 특정 객체 신호를 효과적으로 제어하기 위해서 적용된다. 개선된 다객체 인코더의 상세도는 <그림 6>과 같다. 개선된 다객체 부호화기는 일반적인 다객체 부호화기를 거치면서 생성된 다운믹스 신호와 특정 객체 신호를 입력으로 하여 두 신호를 효과적으로 제어하기 위한 공간 파라미터의 추출과 두 신호의 다운믹싱을 수행한다. 개선된 다객체 인코더에서 사용하는 파라미터는 일반적인 인코더에서 사용하는 OPR 파라미터를 그대로 사용하며, OPR 파라미터의 정의에 따라서 두 신호 중에 큰 신호의 OPR은 1이므로 1이 아닌 OPR만 양자화하여 전송하고 나머지는 플래그 비트를 사용한다. 즉 특정 객체 신호의 파워가 다운믹스 신호의 파워보다 클 경우 1을 전송하고 OPR 파라미터는 특정 객체 신호의 파워로 다운믹스 신호의 파워를 나눔으로써 구하며, 그렇지 않을 경우 0을 전송하고 OPR 파라미터는 다운믹스 신호의 파워로 특정 객체 신호의 파워를 나눔으로써 구한다.

개선된 다객체 오디오 인코더는 음질 향상을 위하여 OPR 파라미터 이외에 개선된 다객체 오디오 인코더에서 생성되는 다운믹스 신호와 OPR 파라미터를 이용하여 특정 객체와 일반적인 다운믹스 신호를 복원하였을 때, 원래의 입력된 신호들과 복원된 신호의 차이를 최소화 하는 잔차 신호를 추출하며, 추출된 잔

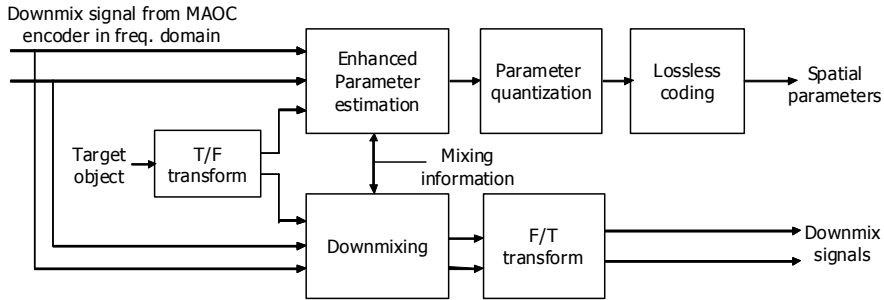


그림 6. 개선된 다객체 오디오 인코더 상세 구조

Fig. 6. Detailed structure of enhanced MAOC encoder

차 신호는 linear prediction (LP) 분석을 통해 linear predictive coding (LPC) 계수와 LP 잔차 신호를 생성한다. 생성된 LPC 계수는 양자화 과정을 거쳐 복호화 단으로 전송되며, LP 잔차 신호는 사전에 훈련을 통해서 생성된 코드북을 이용하여 주파수 영역에서의 벡터 양자화를 이용하여 부호화된다[8]. 잔차 신호의 부호화를 위해서는 프레임당 약 150 비트가 소모되어, 대략적으로 6.5 kbps의 비트율을 갖는다. 잔차 신호의 추출은 <표 1>과 식 5를 이용하여 수행한다.

의 이득을 나타낸다.

### 3.2 개선된 다객체 오디오 디코더

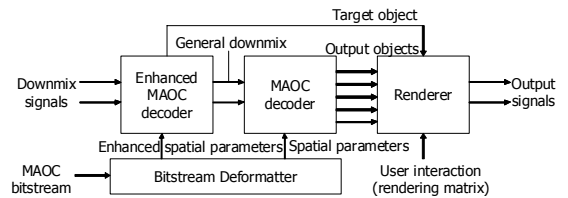


그림 7. 개선된 다객체 오디오 디코더

Fig. 7. Enhanced MAOC decoder

표 1. OPR 파라미터를 이용한 다운믹스와 특정 객체신호의 이득 계산

Table 1. Estimated gain of down-mix and target object using OPR parameter

플래그 비트	일반적인 다운믹스 신호의 이득	Target 객체의 이득
1	$G_D = \sqrt{\frac{OPR_r}{1+OPR_r}}$	$G_T = \sqrt{\frac{1}{1+OPR_r}}$
0	$G_D = \sqrt{\frac{1}{1+OPR_r}}$	$G_T = \sqrt{\frac{OPR_r}{1+OPR_r}}$

$$Res = D_T \cdot \frac{G_T}{G_D + G_T} - D_T \cdot \frac{G_D}{G_D + G_T} \quad (5)$$

여기에서  $D_T$ ,  $G_T$ ,  $G_D$ 는 각각 주파수 영역에서의 최종 다운믹스 신호, 특정 객체의 이득, 일반 다운믹스 신호

<그림 7>과 같이 개선된 다객체 디코더는 일반적인 디코더 전에 동작하며, 가라오케 모드나 보컬 재생 모드 등에서 중요한 특정 객체 신호와 일반적인 복호화에 입력되는 다운믹스 신호를 효과적으로 분리하기 위해서 적용된다. 개선된 다객체 오디오 디코더의 상세도는 <그림 8>과 같다. 개선된 다객체 오디오 디코더는 특별한 제어가 필요한 특정 객체신호와 일반적인 다운믹스 신호를 효과적으로 분리하기 위하여 인코더에서 전송된 OPR과 잔차 신호를 포함하는 개선된 공간 파라미터를 이용하여 개선된 객체 합성을 수행한다. OPR 파라미터를 이용한 특정 객체와 일반적인 다운믹스 신호의 이득은 표 1을 이용하여 계산한다. 다음으로 LP 분석을 통해 LPC와 LP 잔차신호로 변환

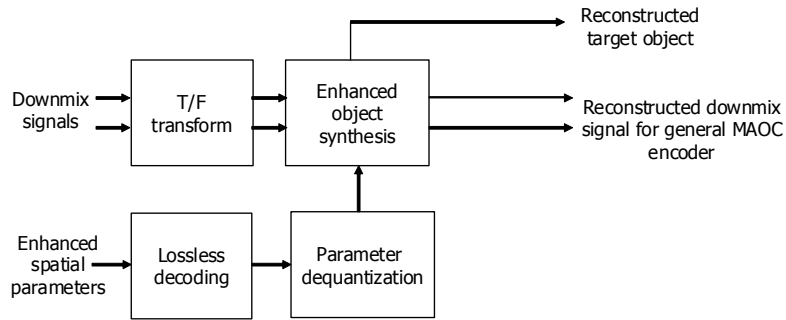


그림 8. 개선된 다객체 오디오 디코더 상세 구조

Fig. 8. Detailed structure of enhanced MAOC decoder

되어 전송된 잔차 신호는 역양자화를 거친 LPC 계수와 LP 잔차 신호의 합성을 통하여 생성한다. 계산된 특정 객체와 다운믹스 신호의 이득과 복원된 잔차 신호를 이용하여 특정 객체와 일반적인 다운믹스 신호는 식 6과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} Obj_T &= D_T \cdot G_T + r\hat{e}s \\ Obj_D &= D_T \cdot G_D - r\hat{e}s \end{aligned} \quad (6)$$

여기에서  $Obj_T$ 는 특정 객체 신호,  $Obj_D$ 는 일반적인 다운믹스 신호를 나타내며,  $D_T$ 는 개선된 디코더에 입력되는 인코더로부터 전송된 다운믹스 신호를 나타낸다.

#### IV. 실험결과

##### 4.1 실험환경

구현된 다객체 오디오 부호화기의 성능을 확인하기 위하여 주관적인 청취평가를 수행하였으며, 사용된 오디오 아이템은 <표 2>와 같다. 실험에 사용된 오디오 아이템은 <표 2>에서 보는 바와 같이 믹싱과 마스터링 과정을 거치지 않은 원래의 객체 신호로 구성되어 있다. 각각의 오디오 데이터는 16비트 양자화, 44.1

kHz 샘플링 되어 있으며, 20초의 지속시간을 갖는다. 청취평가는 구현된 다객체 오디오 부호화기를 이용하여 일반적인 다객체 부호화와 개선된 다객체 부호화를 수행하여 복원된 객체를 가지고 보컬 신호가 제거된 가라오케 음악을 생성하여 수행하였으며, 참가 인원은 6명이었다. 또한 청취평가는 MUSHRA 테스트를 수행하였으며, 이를 위해 사용된 시스템은 표 3에서 보는 바와 같다[9].

표 2. 오디오 아이템  
Table 2. Test audio items

번호	곡명	객체수	사용된 객체
1	Hajiman	6	Guitar, bass, keyboard, rhythm, chorus, vocal
2	Braves	6	Guitar, bass, keyboard, rhythm, chorus, vocal
3	Snow	6	Guitar, bass, piano & strings, rhythm, chorus, vocal
4	LaLaLa	4	Strings, bass, rhythm, vocal
5	SulpunDajim	6	Guitar, bass, electric piano & strings & brass, rhythm chorus, vocal

표 3. 청취평가에 사용된 시스템  
Table 3. System under listening test

시스템	시스템 상세
Hidden reference	원 객체 신호를 가지고 생성한 신호
Anchor	원신호를 3.5 kHz low-pass 필터링한 신호
MAOC	일반 다객체 부호화기를 가지고 생성한 신호
Enhanced MAOC	개선된 다객체 부호화기를 가지고 생성한 신호

## 4.2 결과

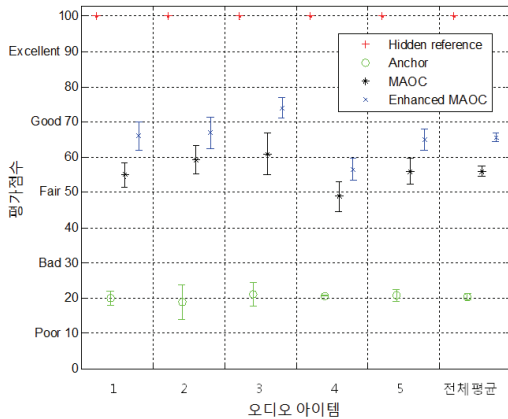


그림 9. 주관적 청취평가 결과  
Fig. 9. Subjective listening test result

청취평가 결과는 <그림 9>에서 보는 바와 같이 전체 오디오 아이템에서 MUSHRA 점수 차가 약 10점 정도로 일반적인 다객체 오디오 부호화기 보다 개선된 다객체 오디오 부호화기가 좋은 음질을 가지고 있음을 보여준다. 특히, 전체 아이템 모두 신뢰구간이 겹치지 않기 때문에 통계적으로도 개선된 다객체 오디오 부호화기가 월등한 성능을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 청취평가 결과는 일반적인 다객체 오디오 부호화기를 이용하여 카라오케 신호를 생성했을 때, 보컬 신호가 완벽히 제어 되지 않고 가라오케 신호에 많이 남아있기 때문이다. 반면에 개선된 다객체 오디오 부호화기를 통해서만 잔차 신호를 이용하여 보컬신호의 제어를 더 잘 할 수 있기 때문에 생성된 가라오케 신호에 보컬 신호가 많이 남아있지 않게 되어 더 나은 음질 평가 결과를 보인다.

## V. 결론

본 논문에서는 사용자의 능동적인 참여가 가능한 사용자 친화적인 오디오 서비스를 위한 다객체 오디오 부호화기를 다뤘다. 다객체 오디오 부호화기는 다양한 오디오 객체 신호를 하나의 다운믹스 신호와 부가적인 공간 큐로 압축/복원하기 때문에 각각의 객체 신호를 개별적으로 부호화하여 구현되는 사용자 친화적인 오디오 서비스의 높은 비트율 문제를 해결하여 사용자 친화적인 오디오 서비스가 유무선 통신이나 네트워크 환경에서 AOD나 스트리밍 형태의 서비스가 가능하게 한다.

그러나 일반적인 다객체 오디오 부호화기는 보컬과 같은 특정 객체 신호를 완벽하게 제어할 수 없기 때문에 가라오케와 같은 특정 시나리오에서는 그 성능이 크게 저하되는 문제를 지니고 있다. 이를 위해 특정 객체 신호의 제어 성능을 높이기 위한 개선된 다객체 오디오 부호화기를 제안하였으며, 제안된 부호화기에서는 공간 큐를 이용하여 복원된 객체 신호와 원래의 객체 신호 간의 차이를 나타내는 잔차 신호를 이용하여 특정 객체 신호의 제어 성능을 높이고자 하였다. 보컬 객체를 완벽히 제어하는 가라오케 신호를 생성하여 수행한 청취평가 결과는 제안된 개선된 다객체 오디오 부호화기가 일반적인 다객체 오디오 부호화기에 비해서 특정 객체 신호의 제어에 있어서 더 나은 성능을 가지고 있음을 보여준다. 그럼에도 불구하고 현재의 개선된 다객체 오디오 부호화기의 음질은 MUSHRA 점수 70점 미만으로 서비스화 되기에는 부족하다고 할 수 있다. 이는 현재의 개선된 다객체 오디오 부호화기에서 수행하는 잔차 신호의 부호화 과정에서 수행하는 벡터양자화에 의해 잔차 신호 자체에 오차가 발생하여 특정 객체 신호의 제어가 완벽하지 않기 때문이다. 따라서 잔차 신호의 부호화 오차를 최소화하여 개선된 다객체 오디오 부호화기의 성능을 향상 시킬 수 있는 방법에 대한 연구가 향후 과제로 남아있다.

## REFERENCES

- [1] D. Jang, T. Lee, Y. Lee, J. Yoo, "A Personalized Preset-based Audio System for Interactive Service," *121st AES Convention*, San Fransisco, Preprint6904, 2006.
- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 (MPEG), Consideration of Interactive Music Service, Document M15390, Archamps, April 2008.
- [3] J. Herre, S. Disch, "New Concepts in Parametric Coding of Spatial Audio: From SAC to SAOC," *2007 International Conference on Multimedia and Expo*, pp. 1894-1897, July 2007
- [4] ISO/IEC 2003-2 Information Technology-MPEG Audio Technologies - Part 2: Spatial Audio Object Coding (SAOC), 2010.
- [5] Herre, Jürgen, et al. "Interactive teleconferencing combining spatial audio object coding and DirAC technology." *Journal of the Audio Engineering Society* 59.12 (2011): 924-935.
- [6] Park, Jihoon, et al. "Harmonic elimination structures for Karaoke mode in spatial audio object coding scheme." *2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, 2011.
- [7] J. Herre, H. Purnhagen, J. Breebard, C. Faller, S. Disch, K. Kjørling, E. Schuijers, J. Hilpert, F. Myburg, "The Reference Model Architecture for MPEG Spatial Audio Coding," *118th AES Convention*, Barcelona, Preprint6447, 2005.
- [8] Equitz, William H. "A new vector quantization clustering algorithm." *Acoustics, Speech and Signal Processing, IEEE Transactions on* 37.10, pp. 1568-1575, 1989.
- [9] ITU-R Recommendation, Method for the Subjective Assessment of Intermediate Sound Quality (MUSHRA), ITU, BS. 1543-1, Geneva,2001.

## 감사의 글

본 논문은 2013년도 나사렛대학교 교비학술연구조성비 지원에 의해 연구되었음.

## 저자소개



김광기(Kwangki Kim)

2004년 한국과학기술원 정보통신공학과(공학석사)  
2011년 한국과학기술원 정보통신공학과(공학박사)

2013년~현재 나사렛대학교 디지털콘텐츠학과 교수  
※ 관심분야: 다채널/다객체 오디오 부호화



장병옥(Byeong-ok Jang)

1995년 동국대학교 정보관리전공(경영학석사)  
1999년 경기대학교 전자계산학과(이학박사)

2001년~현재 나사렛대학교 디지털콘텐츠학과 교수  
※ 관심분야: 소프트웨어공학