

다중 사용자 환경에서 Bluetooth 기반의 다중 채널 스트리밍 지원을 위한 프로토콜 모델

이 재 호*

Bluetooth-Based Multichannel Streaming Protocol Model for Multi-User Environment

Jaeho Lee*

요 약

스마트 TV와 태블릿, 차량 내 멀티미디어 기기 등의 보편화된 스마트 기기의 활성화와 함께, 오디오 기기 등 블루투스 기반의 장치 활용도가 높아지고 있다. 하지만 현재까지 대부분의 기기는 단일 채널만을 제공하는 기능을 수행하며, TV 등 단일 기기를 다수의 사용자가 이용하는 환경에서는 주어진 단일 채널만을 블루투스 기기로 스트리밍 서비스를 제한적으로 제공하고 있다. 다중 채널 스트리밍은 현재까지 발표된 블루투스 표준 규격을 준수할 경우 다수의 블루투스 컨트롤러를 기기 내에 포함시켜야 하며, 이는 제조 원가를 높이는 요인이 될 수 있다. 본고는 단일 블루투스 컨트롤러 환경에서 다중 채널 스트리밍을 지원하기 위한 방안을 제시하고 이를 위한 서비스 계층의 프로토콜 모델에 대하여 기술한다.

Key Words : Bluetooth, BR/EDR, Multichannel, Streaming, Multimedia.

ABSTRACT

Under the deployment of smart devices such as smart TV, tablet PC, and vehicle multimedia equipment, Bluetooth-based audio devices have been widely utilized for the state of the art multimedia scenarios. However, most of all devices deployed until today have provided only single channel streaming, thus this can be a limited Bluetooth service which just provide single streaming where multiple users utilize a single smart device representatively the scenario of watching TV. To provide multichannel streaming requires multiple Bluetooth controllers when complying the current Bluetooth standard, thus it can cause the high cost of manufacturing. This paper presents a method of providing multichannel streaming under the environment of single Bluetooth controller, and a protocol mode for the purpose of multichannel streaming is also described.

I. 서 론

WPAN 기술은 홈네트워크나 수규모 오피스 및 차량 내 네트워크 등의 환경에서 기기 간 소량의 데이터 전송을 위하여 에너지 효율을 극대화하는데 그 목적을 두고 있다. 또한 제한된 Bandwidth 내에서 헤드셋

등의 모바일기기를 통한 실시간 Audio Streaming 서비스를 제공하고 이에 종속된 Remote Control 기능을 수행할 때에도 에너지 효율 측면에서 널리 사용되어 왔다. 하지만, 가정 내의 TV와 같은 Audio Source 장치는 대부분 단일 Audio Channel만을 제공하기 때문에, PIP (Picture In Picture) 또는 Multi-View 등의 다

* First Author : Duksung Women's University, Department of Software, izeho@duksung.ac.kr, 조교수, 정회원
논문번호 : 201910-231-B-RN, Received October 11, 2019; Revised January 7, 2020; Accepted January 20, 2020

중 AudioSource를 제공하는 경우에는 그 적용 범위가 매우 제한적이다.

몇 해 전부터 UHD (Ultra High Definition) TV 보급과 함께 TV 내에 스마트 기능이 상용화 되고 있으며, PIP 등의 다양한 기능들이 포함되고 있다. PIP 기능은 단일 스크린을 분할하여 두 채널 이상의 영상이 재생되는 기능으로써, 영상 채널 수 이상의 오디오 채널 재생이 필수적으로 요구된다. 또한, 기존부터 제공되어왔던 음성 다중화 기능은 서로 다른 언어 설정이나 시각 장애인을 위한 음성 채널 등 두 채널 이상의 오디오 스트리밍을 요구한다.

이러한 기능은 최근 폭발적인 블루투스^[1] 오디오 기기 활용 예시에서도 적용되어야 한다. 즉, 다수의 사용자가 PIP 기능이나 음성 다중화 기능을 이용하여 TV를 시청할 경우, 서로 다른 사용자의 블루투스 오디오 기기에는 서로 다른 오디오 채널이 전송되어야 한다. 가정용 TV 시청에서는 이러한 요구가 적을 수 있지만, 공공 장소의 TV에서는 이에 대한 요구가 높을 수 있다. 하지만 현재의 블루투스 표준 규격에서는 단일 전송 세션이 동일 오디오 프로파일을 다중적으로 지원할 수 없으며, 따라서 TV 등의 오디오 Source 장치에서는 다수의 블루투스 컨트롤러를 기기 내에 포함시켜야 본 기능을 제공할 수 있다.

현재 공급되어 있는 대부분의 Audio Source 장치들은 단일 Audio Streaming 만을 지원한다. PIP 또는 Multi-View 등 다수의 Video Channel을 제공하는 환경에서는 이에 따른 Audio Channel이 존재하며, 이는 내장 스피커로 재생할 수 없기 때문에 Channel별 헤드셋이 필요하다. 하지만 Audio Streaming을 지원하는 현재의 블루투스 기술은 이러한 환경을 고려하지 않으며, Audio Channel수 만큼의 WPAN Interface를 적재할 경우 불필요한 Cost를 유발할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 현재 블루투스 표준 규격의 부분 수정을 통해 가능할 수 있다. 블루투스 규격은 컨트롤러 내에 포함되는 블루투스의 핵심 규격인 Bluetooth Core Specification^[2]을 포함하여 S/W 중심의 호스트 영역에 존재하는 프로파일 및 상위 프로토콜 표준 규격으로 구분되며, 오디오 스트리밍과 관련된 규격은 오디오 재생을 위한 프로파일인 A2DP^[3], 오디오 스트림 전송을 위한 프로토콜인 AVDTP^[4], 오디오 제어를 위한 프로파일 AVRCP^[5] 및 이와 관련된 프로토콜 AVCTP^[6] 등으로 구성된다. 이러한 프로파일 및 상위 계층의 블루투스 스트리밍 관련 프로토콜들은 현재까지 많은 연구가 진행되어 왔다. 스트리밍 및 스트리밍 채널의 전송에 관한

AVDTP 표준은 스테레오 전송에 관한 멀티포인트인 Left 채널과 Right 채널의 동기화 문제에 관한 연구^[7] 및 블루투스 Piconet^[8] 환경의 데이터 Polling에 관한 연구^[9]가 진행되었으며, AVRCP를 활용하여 자동차에 관한 고려^[10] 및 홈네트워크를 위한 연구^[11] 등이 존재한다. 하지만 단일 블루투스 컨트롤러 환경에서 다중 Sink를 위한 다중 오디오 채널에 관한 기술은 활발히 진행되지 않았다.

본 고에서는 위 문제 해결을 위해 기존 블루투스 Core 표준을 수정하지 않고, 상위 표준에 대한 모델 제시와 이를 통한 상위 표준 수정 및 적용 방안을 제시한다. 본 고에서는 단일 블루투스 컨트롤러를 사용하는 블루투스 Source 기기에서 멀티채널 스트리밍을 지원하는데 목적을 두고, 각 오디오 채널에 종속적인 오디오 스트리밍 데이터와 Remote Control 데이터를 구분하여 관리될 수 있는 ID 체계를 제안하고, 멀티채널 오디오 지원을 위한 프로토콜 모델을 제시한다.

II. 사용 시나리오 분석

다중 채널 스트리밍 서비스는 TV 등 단일 기기에서 다수의 오디오 채널을 보유할 경우 필수적으로 요구될 수 있는 기능이지만, 대부분 스피커를 통한 다중 오디오 출력 등의 제한적 기능을 제공하고 있다. 이러한 기능이 블루투스를 통해 확장될 경우 단일 블루투스 Source 장치에서 다수의 블루투스 Sink 장치로 채널을 이원화하여 송출하는 기능이 필요하다. 본 장에서는 이러한 요구의 예시를 나타낸다.

그림 1과 같이, 스마트 TV에서 2개의 스크린을 제공하는 PIP 기능을 수행할 경우 사용자 1과 사용자 2의 블루투스 기기에서 재생되는 오디오 스트리밍 채널은 달리 구분되어야 한다. 또한 각 사용자별 오디오 채널의 제어 기능 또한 제공되어야 한다.

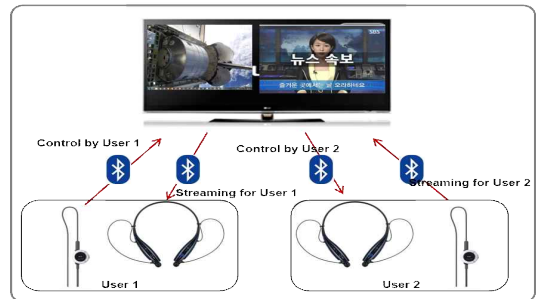


Fig. 1. Example of two user's scenario utilizing PIP in smart TV: two users receive individual streaming from different audio channel and have control.

위 그림에서 사용자 1은 TV 화면의 왼쪽 그림을 시청한다고 가정하며, 따라서 오디오 역시 왼쪽 그림에 종속된 오디오 채널이 송출되어야 한다. 또한 사용자 1이 희망하는 채널 변경과 볼륨조절 등의 기본적인 오디오 제어 기능이 제공되어야 한다. 이러한 제어 기능은 사용자 2에 관한 오디오 제어와는 독립적으로 제공되어야 하며, 따라서 구분된 오디오 채널 스트리밍과 함께 오디오 제어 기능 역시 구분되어야 한다.

그림 2는 박물관이나 미술관 등의 공공장소에서 다수의 사용자가 블루투스를 통해 안내 정보를 청취하는 예시이다. 대부분의 사용 환경에서 본 시나리오와 연관된 안내 음성정보 콘텐츠는 동일할 확률이 매우 높지만, 해당 음성 송출은 방문자 도착 시점부터 시작되어야 하한다. 따라서 동일 콘텐츠라도 재생시켜야 하는 음성정보 스트리밍은 다를 수 있다. 현재까지 대부분의 시스템은 사전에 녹취된 음성 데이터가 저장된 특정 단말기를 통해 NFC 등을 활용하여 해당 서비스를 제공하는 형태가 크다. 하지만 이러한 시스템은 사용자가 자신의 블루투스 기기를 사용할 수 없다는 단점이 있으며, 청취 중 전화 수신 등의 이벤트에서 부자연스러운 사용 예시가 발생 될 수 있다.

위 그림에서의 예시와 같이 동일 콘텐츠라도 사용자의 청취 시점에 따라 달리 재생되어야 할 경우 다중 스트리밍 서비스가 요구될 수 있으며, 그림 1에서 나타난 바와 같은 재생 제어 등의 기능이 요구될 수 있다. 이러한 기능은 단지 스트리밍 채널만 다를 뿐 블루투스 전송 기능 등에는 요구되는 수정 사항이 없기에, 기존 블루투스의 핵심 표준의 변경 없이 서비스 계층에서 구현될 수 있는 프로토콜 모델이 필요하다.

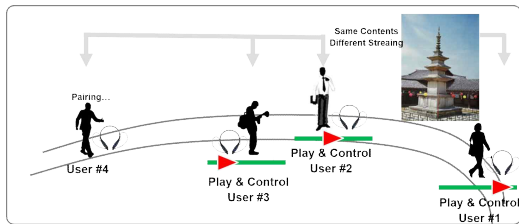


Fig. 2. Example of multiple user's scenario at public museum: multiple users receive different streaming even if the contents have same source.

III. 다중 채널 스트리밍을 위한 프로토콜 설계

본 고에서 제시된 모델은 단일 블루투스 Source 장치가 다수의 Sink 장치에 대한 오디오 스트리밍을 수

행하기 위해 설계되었다. 만일 Source 장치가 다수의 블루투스 칩셋을 포함하는 다중 블루투스 컨트롤러 환경일 경우 본 고에서 제시된 모델은 불필요할 수 있다. 하지만, 다중 블루투스 컨트롤러는 제조 원가를 높이는 요인이 되고 컨트롤러간 주파수 간섭 및 단일 안테나 공유를 위한 고려 등이 필요하기에 효율적일 수 없다. 따라서 단일 컨트롤러 환경에서의 다중 채널 스트리밍에 대한 고려가 필요하다.

그림 3은 Source 장치와 Sink 장치가 다중 채널 스트리밍 서비스를 위해 초기 설정을 수행하는 단계를 나타낸다. 다중 오디오 채널을 구분하기 위한 가장 중요한 요인은 스트리밍 채널의 구분이다. 즉, 장치 ID에 따른 스트리밍 채널 ID를 부여함으로써 어느 장치가 어떤 채널을 청취하는지 구분할 수 있다. 따라서 Dev_ID마다 스트리밍 채널 ID를 구분하는 ACID를 부여하고, 이에 종속된 코덱 정보와 스트리밍 상세 파라미터를 교환하는 절차가 필요하다. 먼저 각 장치에서 블루투스 Core 이하의 계층은 기존 표준 규격을 그대로 준수하며, 세션 계층 이상에서 Audio Session Mgmt 계층과 Audio Stream Mgmt 계층을 구분한다. 그리고 사용자 UI나 오디오 재생을 위한 플레이어 등에 해당되는 영역을 Upper Layer로 나타내었다.

초기 Sink 장치는 블루투스 paging 절차를 수행한 후 오디오 채널 정보를 파악하기 위해 Audio Source Discovery 절차를 수행하는데, 이 시점에서 Source 장치는 오디오 스트리밍이 가능한 모든 채널을 ACID_Set 형태로 제공한다. 그후 Sink 장치에서 특

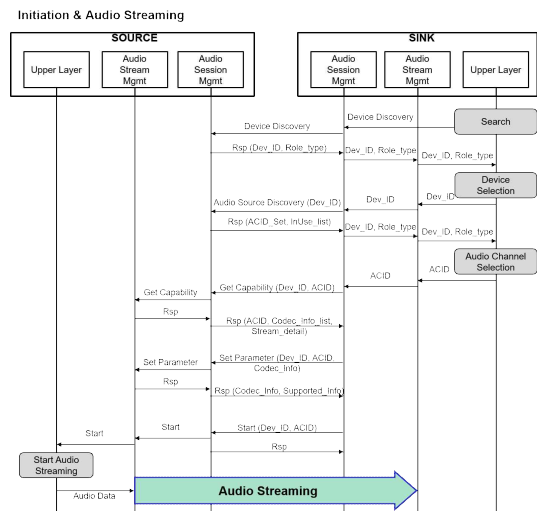


Fig. 3. Initiation and configuration process between bluetooth source and sink devices for supporting multichannel streaming.

정 채널을 선택하면 Source 장치와 Sink 장치는 해당 채널의 코덱 및 스트리밍 초기 설정을 위한 절차를 수행한 후 스트리밍 서비스를 진행한다. 이와 같은 절차는 단일 Source 장치가 다수의 Sink 장치에게 그림 4와 같이 독립적으로 수행할 수 있으며, 이때 단일 Source 장치가 스트리밍 할 수 있는 용량은 사용되는 컨트롤러의 블루투스 버전과 Data Rate 설정 및 각 오디오 스트리밍 용량의 총 합에 제한될 수 있다.

그림 5는 위에서 설정된 오디오 스트리밍에 대하여 각 장치가 볼륨조절 등의 제어를 수행할 경우를 나타내었다. 이 그림에서는 그림 3과 달리 Audio Stream Mgmt와 Upper Layer 사이에 Remote Control Mgmt 계층을 추가하였다. 즉, 모든 스트리밍 제어 관리는 각각의 오디오 채널을 관리하는 Audio Stream Mgmt 계층에 종속되어야 하며, 임의의 제어 신호는 해당 Audio Stream Mgmt에 의하여 ACID 구분을 수행해야 한다. 이 경우 오디오 스트리밍 자체는 A2DP와 AVDTP 등의 스트리밍 프로파일에 의해서 수행되지만, 다중 채널 스트리밍 환경에서는 각 제어 요청에 스트리밍 구분이 없다면 Source 장치는 어떠한 스트리밍을 제어할지 판단할 수 없다. 따라서 다중 Sink

Multi-Sink Example

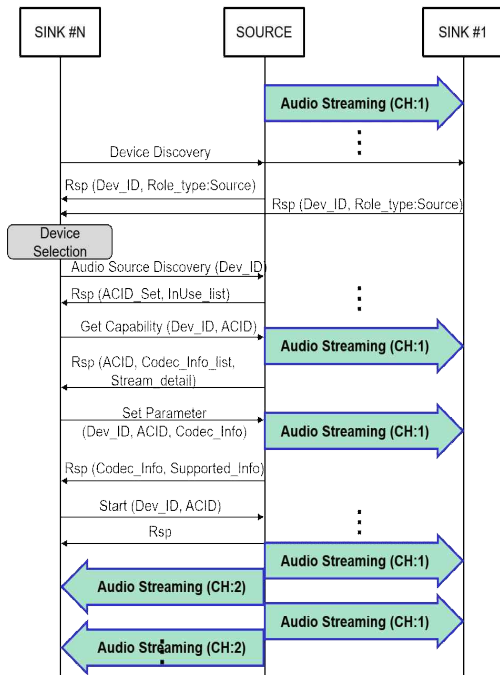


Fig. 4. Multi Sink Example: Sink N tries to initialize different audio channel streaming where Source already fulfills streaming service to Sink 1.

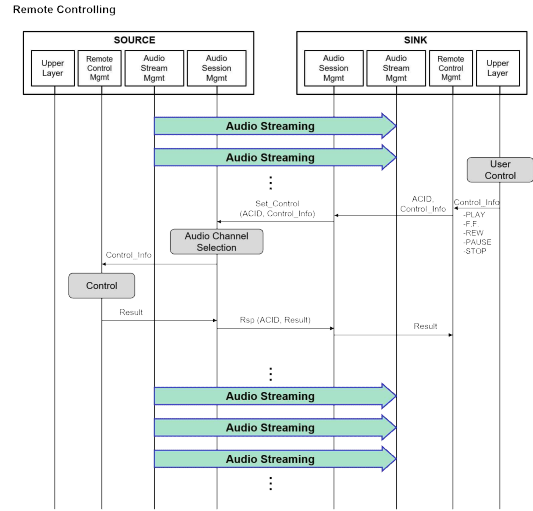


Fig. 5. Remote controlling process when Sink request control command depending on dedicated streaming channel under multi Sink.

장치 중 임의의 장치가 스트리밍 제어를 요청할 경우 Remote Control Mgmt 계층에서는 자신이 부여받은 ACID를 Source 장치에게 전달해야 하며, Source 장치에서는 수신된 ACID를 토대로 해당 오디오 채널을 선택한 후 이 채널에 종속된 Remote Control Mgmt에게 사용자 제어 신호를 전달해야 한다.

그림 6은 다중 오디오 스트리밍 서비스가 수행되는 환경에서 임의의 Sink 장치가 오디오 채널을 변경하는 시나리오에 대한 모델이다. 즉, Sink 1과 Sink 2로 구성된 환경에서, Sink 2 장치가 자신의 오디오 채널에 대한 청취를 중단하고 Sink 1의 오디오 채널을 청취하길 희망할 때 발생 되는 시나리오이다. 이 환경에서의 Audio Stream Mgmt에서는 현재의 ACID에 대한 스트리밍을 중단하고 기존의 ACID에 대한 스트리밍을 시작하거나, 또는 새로운 ACID를 생성할 수 있다. 따라서, 사용자가 오디오 채널 변경을 시도할 경우 Remote Control Mgmt에서는 대상 Source 장치에게 스트리밍을 중단해야 할 ACID를 전달해야 하며, 또한 변경된 채널에 대한 Next_ACID를 전달하여 새로운 스트리밍을 수신해야 한다.

Source 장치에서는 먼저 수신된 ACID를 바탕으로 해당 스트리밍 서비스를 종료해야 하며, 종속된 Remote Control Mgmt 또한 제거해야 한다. 또한 Next_ACID를 바탕으로 새로운 스트리밍 서비스를 시작함과 함께 새로운 Remote Control Mgmt를 생성해야 한다. 즉, Remote Control Mgmt는 해당 ACID에 종속되어야 하며, ACID가 종료될 경우 더 이상 수

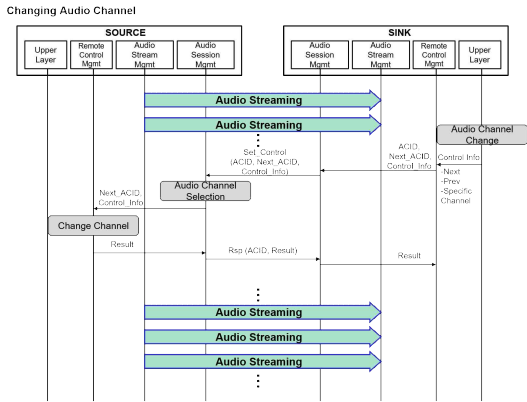


Fig. 6. Streaming channel change process when Sink request th change the audio channel.

행 가치가 소멸된다. 하지만 이러한 Remote Control Mgmt의 소멸 및 생성 대신에 기존 Remote Control Mgmt의 ACID 부여만 변경하는 형태로 대치될 수 있기에 본 그림과 같이 표현되었다.

IV. 기존 표준 규격의 변경 및 적용 방안

일반적으로 블루투스를 활용한 오디오 스트리밍 서비스는 스트리밍 데이터의 전송을 담당하는 AVDTP 표준과 스트리밍 제어를 담당하는 AVRCP로 구성되어 있다. AVDTP에는 Stream End Point (SEP)에 대한 고유 식별자인 SEID가 이미 존재하고 있기에 이를 활용할 수 있다. 하지만 AVRCP 표준에는 SEID에 대한 고려가 존재하지 않기에, 다중 오디오 스트리밍 서비스를 위해서는 이에 대한 수정이 불가피하다.

그림 7은 AVDTP에 존재하는 SEID를 AVRCP에

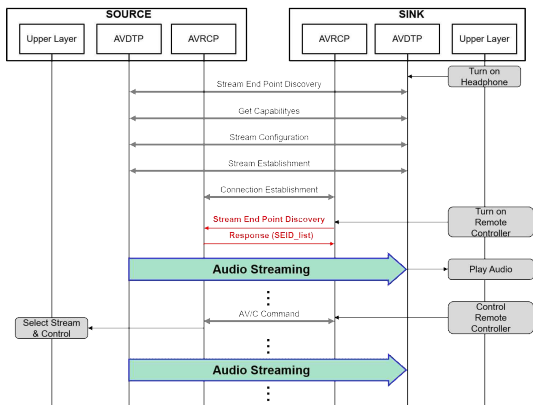


Fig. 7. Newly required SEID discovery for AVRCP to support multichannel streaming.

적용하여 다중 채널 스트리밍을 지원하기 위한 SEID 탐색 절차를 나타낸다. 이 그림에서 Stream End Point Discovery부터 Stream Establishment는 기존 AVDTP에서 수행되는 초기 설정을 위한 절차로써, 이에 대한 결과로 SEID가 부여된다. 따라서 이 절차들이 수행된 이후 AVRCP connection 절차를 수행하고, 이때 AVDTP로부터 획득된 SEID를 각 장치의 AVRCP에서 교환되는 절차가 필요하다. 즉, Source 장치는 필요한 모든 스트림에 대하여 각 채널별 AVDTP 초기화 절차를 모두 수한 후, 각 AVDTP로부터 수집된 SEID들의 리스트를 생성하고 이를 Sink 장치에게 공유한다면 본 고의 목적이 실현될 수 있다.

한편 Sink 장치는 AVDTP 수행 여부와 무관하게 해당 Source 장치와 ACRCP 관점에서의 접속절차 이후 Stream End Point Discovery 메시지를 요청한 후, 이에 대한 응답으로써 대상 Source 장치가 보유한 모든 SEID 리스트를 수신할 수 있다. 이 경우 사용자 관점의 스트림 제어와 현재 수신되고 있는 AVDTP 스트림의 매칭이 필요한데, 이는 Sink 장치에서 자체적으로 해결할 수 있다. 즉, AVDTP의 SEID와 AVRCP로부터 획득된 SEID 리스트를 매칭시킨 후 이를 활용하여 해당 AVRCP에 대상 SEID를 부여할 수 있다.

또한 사용자 제어 입력에는 반드시 SEID가 파라미터로 전달되어야 하며, 이에 대한 예시는 그림 8에 나타내었다. 그림에서 사용자 입력을 나타내는 Sink 장치 Upper Layer에서의 스트림 제어 신호는 AVDTP를 거치지 않고 직접적으로 AVRCP로 전달되며, AVRCP는 수신된 사용자 제어 명령이 어느 스트림에 종속되어 있는지 기존 SEID 매칭 정보에 의해 파악한 후, SEID를 Source 장치의 AVRCP로 전달한다. 이때 Source 장치의 AVRCP는 수신된 메시지를 분석한 후

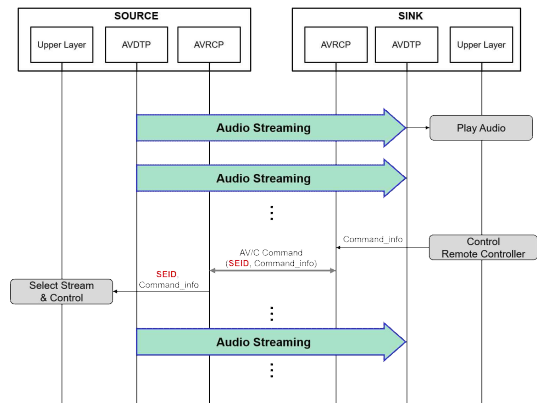


Fig. 8. Newly required SEID field in every AV/C Command in AVRCP layer.

AVDTP로 수신된 SEID를 전달하여 최종적으로 Sink 장치의 사용자 제어 신호를 수행한다.

이러한 결과를 위해서는 기존 AVRCP의 메시지 종류에 Stream End Point Discovery 메시지를 추가하고 모든 AV/C command 헤더에 SEID 필드를 추가하는 방안이 필요하며, 이에 대한 해결 방안으로써 기존 헤더 내의 Reserved로 명기된 6 bit의 필드를 적용할 수 있으며 이는 그림 9에 나타내었다.

한편, Source 장치에서도 Sink 장치의 AVRCP에 포함된 SEID를 처리하고 이를 AVDTP에 반영하는 방안이 필요하며 이는 그림 10에 나타내었다. Sink 장치의 AVRCP는 해당 SEID를 자신에게 부여하는 Select Stream End Point의 기능을 AV/C Command 로써 Source에게 전달하는 절차가 필요하며, Source 장치는 Sink로부터 요청된 SEID를 Source 장치의 SEID 리스트 내에서 매칭시키되, 이때 특정 SEID를 요청된 Sink 장치와 연관시켜 테이블 형태로 저장하는 절차가 필요하다. 즉, 특정 SEID에 종속된 스트림 제어 메시지가 향후 수신될 때 이에 대한 권한이 해당

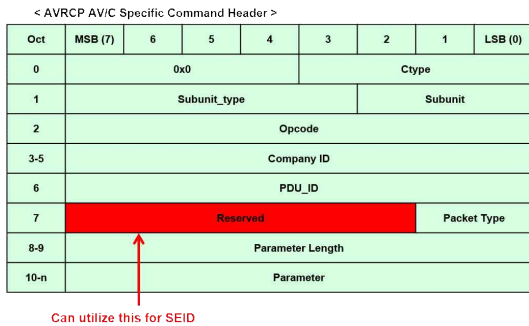


Fig. 9. Payload structure to be revised for SEID in common AV/C command header in AVRCP.

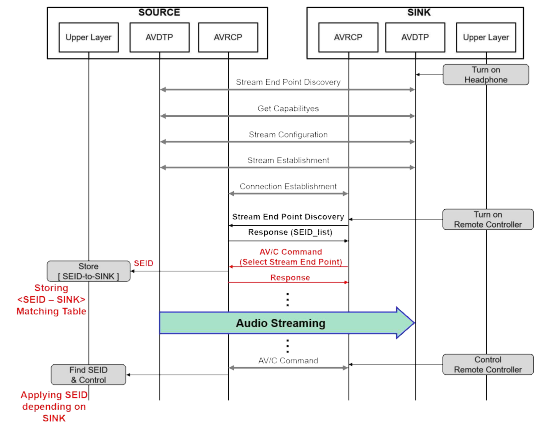


Fig. 10. Matching and applying SEID in Source device.

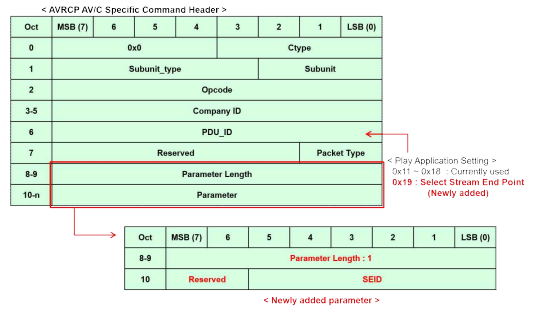


Fig. 11. Parameter structure to add “Select Stream End Point” message in AVRCP AV/C command.

Sink 장치인지 판단할 수 있는 근거가 필요하며, 이에 대한 기준으로 SEID-SINK 테이블 관리가 요구된다.

따라서 Source 장치를 위해서는 AVRCP 계층의 AV/C Command 메시지 종류에 Select Stream End Point의 추가가 요구되며, 이에 대한 필드 정의는 그림 11과 같이 제안한다. 이때 그림 11에 신규로 추가되는 본 메시지의 세부 정보는 공통 헤더가 아닌 파라미터로써 적용될 수 있으며, AVRCP 파라미터 규격을 반영하여 적용하였다.

V. 성능 평가

본 고에서 제안하는 다중 오디오 스트리밍은 논리적 오디오 채널을 구분하기 위한 ACID를 서비스 계층의 오디오 스트리밍을 위한 프로토콜 및 프로파일인 AVDTP 및 A2DP에 포함시키고 이에 대한 제어를 위하여 리모트 컨트롤을 위한 프로토콜 및 프로파일인 AVCTP 및 AVRCP에 적용하는 기술이다. 따라서, 블루투스 고유의 스트리밍 성능에 의존적이지 않고 멀티 오디오 동시 채널을 전송하기 위한 기능적 기술이다. 이 기능은 현재 블루투스 규격의 변경이 요구되기 때문에 직접 구현이 용이하지 않으며, 이에 따라 본 장에서는 불가피하게 시뮬레이션 환경으로 성능 결과를 도출한 후 이에 대한 분석을 진행한다.

그림 12 및 13은 블루투스 규격에서 Mandatory로 규정하고 있는 Sub-Band Coding (SBC) 코덱에 대하여 샘플 레이트를 각각 1.6, 3.2, 4.8 KHz 으로 설정하는 환경을 가정하고, 이 환경에서 멀티 오디오 채널을 스트리밍할 경우 발생하는 요구 throughput과 이에 대한 Packet Delivery Ratio (PDR)에 대한 성능 결과를 나타낸다. 또한 SBC 이외에 블루투스의 Optional 코덱으로 정의되지만 널리 사용되고 있는 쉐덱의 Advanced Process and Technology eXperiment

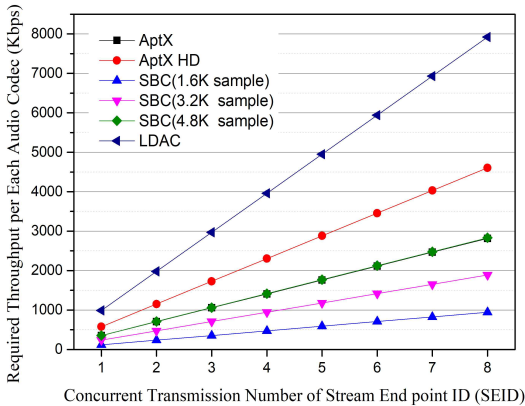


Fig. 12. Required throughput per each employed Codec according to increment of concurrent SEID number.

(AptX) 및 Aptx-High Definition (AptX-HD) 코덱 환경에 대한 결과를 도출하며, 소니에서 제공하는 LDAC의 결과도 함께 도출하였다.

그림 12와 같이 동시 전송되는 오디오 채널 수의 증가에 따라 요구되는 블루투스 throughput 역시 비례적으로 증가 되었으며, SBC의 샘플 레이트가 높을수록 요구량은 증가되었다. 또한 LDAC, AptX-HD, AptX, SBC 순서로 요구량이 낮아졌으며, 이는 각 코덱의 요구 비트레이트에 의존적일 수 있다. 참고로 본 그림에서 AptX의 경우 SBC 4.8 KHz와 차이가 매우 적기에 SBC 4.8 KHz 결과와 중첩되어 표기되었기 때문에 그림 12에서 잘 나타나지 않았다.

일반적으로 LDAC은 최대 990 Kbps의 비트레이트가 요구되고, AptX는 352 Kbps, AptX-HD는 576 Kbps, SBC의 경우 1.6, 3.2, 4.8 KHz 샘플주파수 설정에 따라 각각 118, 236, 354 Kbps의 요구 비트레이트가 발생할 수 있다. 하지만 이는 최대 요구량이며, 오디오 음질에 다른 파라미터에 의해 변경될 수 있다.

한편, 블루투스에서 달성될 수 있는 일반적인 실효 throughput은 물리계층에서의 2Mbps 전송속도를 제공하는 BR의 경우 SCO 채널에서 433.9 Kbps, ACL 채널에서 723.2 Kbps가 도출될 수 있고, 3Mbps 전송속도를 제공하는 EDR의 경우 약 2.1 Mbps가 도출될 수 있다. 즉, 일반적으로 사용되는 EDR 환경을 고려할 경우, 주위 주파수 간섭이 없는 최적의 무선 환경을 가정할 때 LDAC은 2개의 다중 오디오 채널을 사용할 수 있으며, AptX-HD는 3채널, AptX 및 SBC(4.8KHz)는 5채널, SBC(3.2KHz)는 8채널, 그리고 SBC(1.6KHz)의 경우 17채널을 동시에 스트리밍 형태로 전송하는 방법이 가능하다. 하지만 이는 이상

적인 환경을 가정할 경우이며, 주파수 간섭 등 무선 채널 환경에 따라 달라질 수 있다.

그림 13은 블루투스의 EDR을 사용하여 다중 오디오 채널을 스트리밍하는 환경에서, 실효 속도를 고려하지 않고 강제적으로 동시 전송 오디오 채널의 수를 증가시킬 경우, 각 오디오 채널에서의 패킷 수신 성공률을 나타내었다. 본 실험 결과 역시 주파수 간섭 등의 무선 통신 장애 요인이 없는 환경을 가정하였으며, 고음질 코덱을 사용할수록 채널 수 증가에 따른 패킷 수신 성공률이 낮아지는 결과를 도출하였다. 실시간 오디오 스트리밍이라는 환경적 특성에 따라, 수신 성공률이 반드시 100%일 필요는 없지만, 보편적인 환경에서의 청취가 가능한 오디오 채널 수는 앞서 설명된 결과와 동일하게 관찰되었다.

그림 14는 본 고에서 제안하는 오디오 다중 채널의

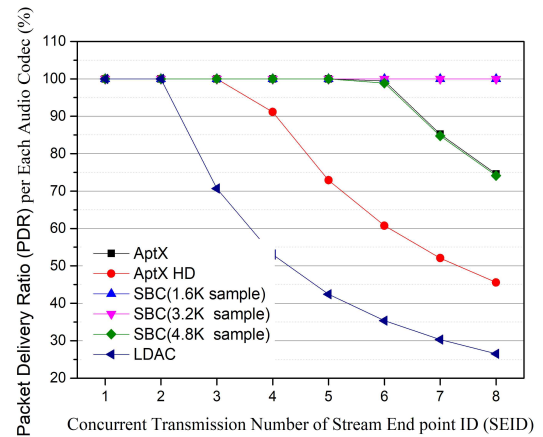


Fig. 13. Packet delivery ratio per each employed Codec according to increment of concurrent SEID number.

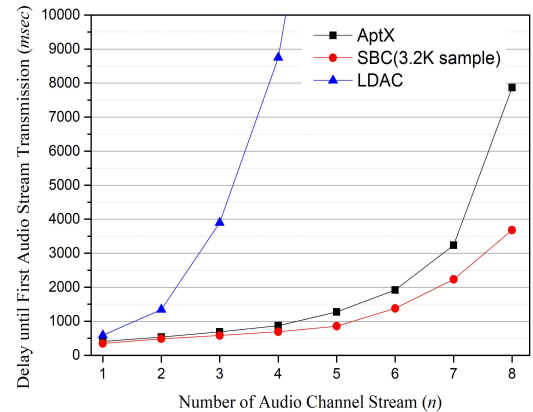


Fig. 14. Transmission delay until first success audio stream per each employed Codec according to the number of audio channel.

스트리밍에 관한 지연시간을 나타내며, AptX, SBC 3.2 KHz, 및 LDAC 코덱 적용에 따른 결과를 각각 도출하였다. AptX 사용 환경이 SBC 3.2K 환경 대비 요구 대역폭이 높기에 지연시간 역시 높게 측정되었지만, 대략 4~5개의 오디오 채널을 사용하는 환경에서는 약 1초 정도의 초기 지연이 발생하였으며, 2개의 오디오 채널을 사용하는 환경에서는 약 0.5초 정도의 초기 지연이 발생되었다. 반면 LDAC의 경우 요구 대역폭이 높기 때문에 2개 이상의 오디오 채널을 사용하는데 다소 무리가 있는 것으로 나타났다.

VI. 결 론

다중 오디오 채널의 요구는 향후 블루투스 장치가 보급되며 이에 따른 스마트 TV 등 다양한 블루투스 Source 장치들이 고급 기능을 제공할 경우 요구될 수 있는 기능이며, 이를 위한 모델 제시와 현행 표준의 변경 및 적용 방안이 필요하다. 본 고에서는 기존 블루투스 환경에서 다중 오디오 채널에 대한 스트리밍 서비스를 실현하기 위하여, 단일 블루투스 컨트롤러 사용 환경에서의 상위 계층의 프로토콜 모델을 설계하고 이를 기존 블루투스 표준 규격에 적용할 수 있는 방안을 제시하였다. 이와 같은 모델은 향후 LE기반 블루투스 오디오 기술이 적용될 경우 유사한 방향성을 제시할 수 있을 것으로 예측된다.

References

[1] *Bluetooth Special Interest Group (SIG)*, <https://Bluetooth.org>

[2] *Bluetooth Core Specification 5.0*, Bluetooth SIG, Dec. 2016.

[3] *Advanced Audio Distribution Profile (A2DP) 1.3.2*, Bluetooth Profile Specification, Bluetooth SIG, Jan. 2019.

[4] *Audio/Video Distribution Transport Protocol Specification (AVDTP) 1.3*, Bluetooth SIG, Jul. 2012.

[5] *Audio/Video Remote Control Profile (AVRCP) 1.6.2*, Bluetooth Profile Specification, Bluetooth SIG, Jan. 2019.

[6] *Audio/Video Control Transport Protocol Specification (AVCTP) 1.4*, Bluetooth SIG, Jul. 2012.

[7] J. He, Z. Huang, Y. Hou, and Y. Dong,

“Point-to-multipoint stereo audio transmitting system based on bluetooth,” *Int. Conf. Commun. and Mob. Comput.*, pp. 323-328, Shenzhen, 2010.

[8] F. Bennett, D. Clarke, J. B. Evans, A. Hopper, A. Jones, and D. Leask, “Piconet: embedded mobile networking,” in *IEEE Personal Commun.*, vol. 4, no. 5, pp. 8-15, Oct. 1997.

[9] D. Contreras and M. Castro, “Impact of polling on bluetooth piconet performance,” in *IEEE Commun. Mag.*, vol. 49, no. 9, pp. 84-89, Sep. 2011.

[10] J. J. LaRussa and M. Gabel, *Standardization Proposal for “Automotive- Grade AVRCP” with Respect to In-Car use of Bluetooth Devices*, No. 2010-01-0689. SAE Technical Paper, 2010.

[11] S. K. Tso, et al., “An intelligent networking and automation system for home and SOHO environments,” *4th Int. Conf. Control and Automation Proc.*, pp. 88-92, Montreal, Que., Canada, 2003.

이 재 호 (Jaeho Lee)



2005년 : 고려대학교 전자컴퓨터 공학과 석사
 2008년~2013년 : 고려대학교 전기전자전파공학과 박사
 2013년~2015년 : LG전자 차세대표준연구소 선임연구원
 2015년~2019 : 서원대학교 정보통신공학과 조교수
 2020년~현재 : 덕성여자대학교 소프트웨어전공 조교수
 <관심분야> WPAN, 센서네트워크, MANET, MAC, WBAN, Bluetooth, Wi-Fi, ITS, Localization
 [ORCID:0000-0003-0455-9939]