

第3部

特集3 Software Defined Media活動報告2015

SDM WGメンバー

第1章 はじめに

2020年の東京オリンピック・パラリンピックの開催に向けて、世界からの訪問者への高度なおもてなしを目指した社会インフラのスマート化が急がれている。中でも、オリンピックの理念である「スポーツを通して心身を向上させ、さらには文化・国籍など様々な差異を超え、友情、連帯感、フェアプレーの精神をもって理解し合うことで、平和でよりよい世界の実現に貢献する」という目標を支援するため、地球規模での一体感を生み出すような視聴メディアに関する研究開発の重要性が高まっている。そのためには、グローバルなインターネットを前提とした映像・音響の視聴空間と視聴メディアの設計が必要である。

近年は、多くのスマートフォンに標準的に内蔵される収録機器を常時持ち歩くことが増え、収録された映像音声の情報はインターネット上で瞬時に伝達・共有・加工される状況が出来上がった。さらには、収録対象から映像素子に入力されたビットマップ情報と、ステレオマイクに入力された2チャンネルの音声情報としてそのまま伝送し、受信側でそのまま再生するだけでなく、空間に存在する収録対象を3次元モデルとして解釈し複数の視聴オブジェクトに分解して伝送し、受信側ではこれらのオブジェクトを用いて空間を再合成するオブジェクト志向の方式が注目を集めている。これにより、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)、3Dテレビ、立体音響装置などの受信側のシステムの構成に合わせた柔軟な3次元表現が可能となるだけでなく、他のコンテンツの視聴オブジェクトを別途受信し組み合わせることで、今までにない表現が可能になる。

例えば、音響においては、Dolby AtmosやDTS:Xなどの映

画館やホームシアター、さらには個人向けモバイル機器を対象に、音のオブジェクトから3次元の音場を生成する立体音響システムが登場している。また、映像においては、複数の地点・角度から撮影された映像・動画から、撮影した空間に存在する3次元オブジェクトの抽出が可能であり、抽出した3次元オブジェクト情報を用いて、任意の視点(自由視点)からの映像の作成・再構築が可能となりつつある。

こうしたの流れに目を向けると、今後はインターネットで収録環境と再生環境を双方向で接続し、視聴オブジェクトを交換しながら、3次元表現を持つ情報空間をエッジ・ヘビーコンピューティングまたはクラウドで計算処理することによって、映像音声を作り出されていくことになるであろう。映像と音声のオブジェクト化が融合することで、従来の配布型コンテンツビジネスを超えた、新しい次元のインタラクティブなオリンピック・パラリンピックの視聴形態などこれまでにないビジネス領域や、これまでにないデジタルメディアを用いた表現方法などを開拓・開花させることが期待される。

第2章 Software Defined Media

オブジェクト志向のデジタルメディアと、ネイティブ・デジタルなインターネット環境が前提の映像・音響空間を用いたビジネス創造を目指し、2014年1月にSoftware Defined Media(SDM)ワーキンググループ(WG)を設立した[14]。

SDMとは、映像・音響システムのIPネットワーク化を背景に、これらの設備の機能に対して抽象化・仮想化を行い、サービスとしての映像・音響を提供するための基盤的な

アプローチである。SDMでは、下層の映像・音響機能を抽象化して管理することで、全体の意思決定を行うソフトウェアシステムと、実際の映像・音響の入出力を行うデバイスを引き離して(decoupling)扱うことが可能となる。これにより、演奏・上映される演目や、その演出上の目的のために、柔軟かつインテリジェントに、映像・音響のシステムを構成することができる。これにより次の機能を実現する。

1) 3次元の映像・音声の演出をソフトウェアで制御: 今日、会議室、劇場などの用途別に特化した映像音声の設備が存在し、機能ごとにハードウェアベースのシステムが構築されているが、SDMでは、視聴オブジェクトを3次元表現を持った情報空間上で管理しながら、ソフトウェアの演出によって再生環境に適した映像と音響を作り出す。これにより汎用の設備

を利用して、ソフトウェアの設定や処理によって、視聴空間の多目的な利用が可能となる。

2) 映像・音声の複数ソースのミキシング可能性: 出来合いのコンテンツだけでなく、インターネットと放送システムの伝送メディアと、リアルタイムとオンラインの複数のコンテンツから、視聴オブジェクトを受信して、受信側でのミキシングを可能とする。これによって、各拠点の視聴者の要求に合わせた柔軟な映像音声を作り出す。

3) ソフトウェアレンダリングによる拡張演出: SDMで交換される視聴オブジェクトは実空間由来のものである必要はなく、コンピュータを使って設計された映像音声による効果を組み合わせることによって、視聴者による満足度や臨場感を高める。

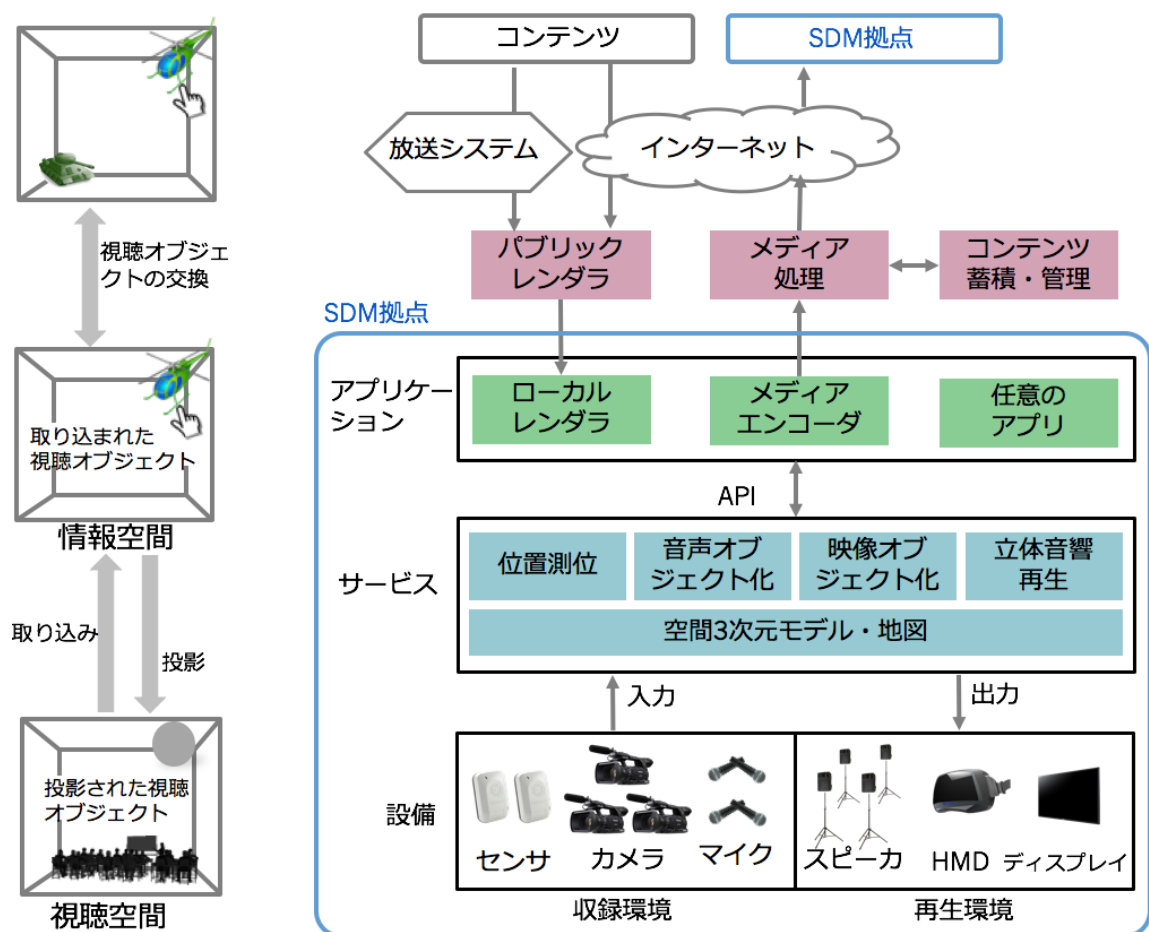


図3-1 SDMアーキテクチャ

- 4) 視聴者の関心事への集中可能性: SDMでは、視聴者の関心事を再生側のソフトウェアシステムにフィードバックし、演出の制御や、視聴者の望む映像音声のソースを選択可能にする。また、同一の関心事を持つ遠隔の視聴者間で、時間と空間の制約を超えた視聴者間の相互作用を実現する。

第3章 SDMアーキテクチャ

前章に述べたSDMの機能を実現するSDMアーキテクチャを図3-1に示す。

SDMは図3.1左に示すように、視聴空間(実空間)に存在する収録対象を3次元モデルとして解釈し、複数の視聴オブジェクトに分解して情報空間に取り込み、視聴オブジェクトの交換など様々な計算処理を行って、その結果を自在に視聴空間に投影することで視聴空間の再合成を行う仕組みである。上記の視聴空間と情報空間をつなぐ処理を行うSDMの基本単位をSDM拠点と呼ぶ。また、SDM拠点のシステムは、図3.1右に示す通り、設備層、サービス層、アプリケーション層に分けられる。

設備層には、収録する空間に存在する映像音声の収録対象を3次元的に解釈しオブジェクト化するためのセンサ、カメラ、マイクなどの設備と、再生空間において視聴オブジェクトから3次元の映像音声を作り出すためのスピーカ、HMD、ディスプレイなどの設備がある。設備例はこれに限らず、これから登場する革新的デバイスの機能も取り込めるように設計する。また、SDM拠点が双方向で接続される場合などの、収録環境と再生環境は同一の実空間上に配置される可能性も想定して設計する。

サービス層は、設備層の設備機能を抽象化しアプリケーションに対してApplication Programming Interface(API)を通じてサービスとして提供するための層である。視聴オブジェクトと管理するための基礎となる空間3次元モデルと地図を定義し、位置測位、音声オブジェクト化、映像オブジェクト化、立体映像再生などのサービスを提供する。APIは開発者が創造的なアプリケーションを実現できるよう柔軟かつ拡張性を持つ。

アプリケーション層は、APIを通じてSDMサービスを利用する任意のアプリケーションが動作する層である。この層にローカルレンダーと呼ぶアプリケーションがあり、インターネット上に存在する、リアルタイムとアーカイブのコンテンツをパブリックレンダーから取得してSDMサービスと組み合わせてSDM拠点の視聴空間に対して視聴者の要望に合わせた映像音声を作り出す。

レンダリングの機能は、ローカルだけではなく既存の放送システムやインターネット経由で取得したコンテンツを共同編集するなどの機能を持つパブリックレンダーにより前処理される。また、アプリケーション層に定義されるメディアエンコーダによりSDM拠点を、他のSDM拠点からは放送局として機能させる。SDM拠点からの放送はリアルタイムに他のSDM拠点に転送されるだけでなく、視聴オブジェクトの蓄積・管理などのコンテンツ管理を行う。

第4章 SDM試作システムの概要

SDM WGでは東京大学I-REF棟6階のヒロビーにて、SDMアーキテクチャに基づくSDM拠点の試作システムを構築している。SDM試作システムの概要を図4-1に示す。

図4-1のうち、ネットワーク構成と通信プロトコルについては、4.1節で解説し、アプリケーション環境とSDM APIについては4.2節で解説する。続けて、4.3節、4.4節、4.5節、4.6節では、それぞれ立体音響再生、室内位置測位、音声オブジェクト化、映像オブジェクト化のSDMサーバで提供されるサービスについて解説する。現在SDMアプリケーションからSDM APIを通じて利用可能な状態に試作システムへ統合されているサービスは、4.3節、4.4節に述べる立体音響再生サービスと、室内位置測位サービスであり、他のサービスは統合の作業中、または統合の検討中である。

4.1 ネットワーク構成と通信プロトコル

試作システムでは、I-REF棟のLANにSDMサーバ、SDMアプリケーションを動作するPC、位置測位センサ、XMV8280-D、Ri8-D、MQTTブローカを接続するネット

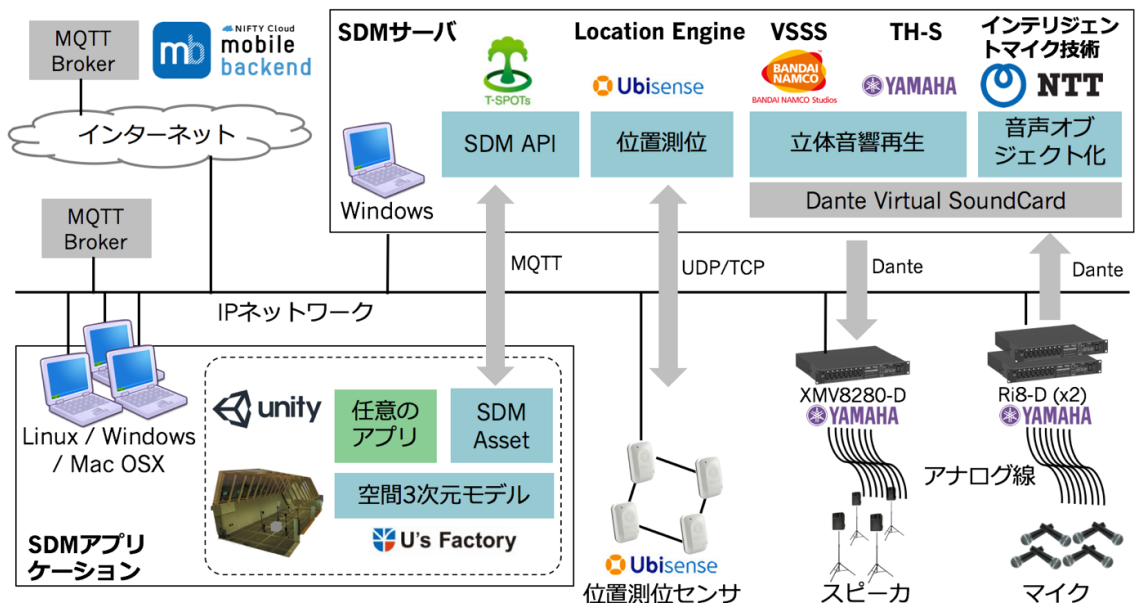


図4-1 SDM試作システムの概要

ワーク構成を取っている。MQTTブローカはLANに接続したものその他、ニフティクラウド^{*1}上に構築した構成をとる場合もある。

SDMサーバはWindows 8.1で動作しており、SDMアプリケーション動作するクライアントからのSDM APIを通じた要求により、位置測位サービス、立体音響再生サービス、音声オブジェクト化サービスを提供する。試作システムでは、各サービスのソフトウェアは、単一のサーバにインストールされる構成であるが、個別のサーバを運用することも可能である。

サーバとアプリケーションは各々の対象とするサービスに関するメッセージを双方向に1対多で送信できるよう、MQ Telemetry Transport (MQTT)を用いた。Ubisense社^{*2}の位置測位サービスと位置測位センサとの通信は、同社の提供するLocation EngineによるUDP/TCPで行われる。また、立体音響再生サービス(VSSSとTH-S)で計算された各スピーカが駆動すべき音の情報は、Dante規格でヤマハXMV8280-Dへ送信され、アナログに変換され

各スピーカへ入力される。一方、逆方向にマイクからのアナログ入力はヤマハRi8-DにてDante規格へと変換されSDMサーバに送られる。Dante規格の送受信のため、SDMサーバにはAudinate社のDante Virtual SoundCard^{*3}をインストールしている。

4.2 アプリケーション環境とSDM API

SDMアプリケーションは、Windows / MAC OSX / Linuxで動作するUnity^{*4}を用いて開発する。SDM WGでは、SDM APIを用いたUnityアプリケーションを開発しやすくするため、APIに接続する部分をサンプルコードとして、Unity Assetとして提供している。また、I-REF棟ヒロビーの空間3次元モデルは、U's Factory社のRobot Eye Walker 4D^{*5}により作成した。図4.2にヒロビーの3次元モデルを取り込んだUnity開発画面を示す。

現在、Ubisenseを利用した位置測位サービスと、バンダイナムコスタジオのVSSSまたはヤマハのTH-Sを利用した立体音響再生サービスがUnityから利用可能なSDM APIで利用可能である。

*1 <http://cloud.nifty.com/>

*2 <http://ubisense.net/en>

*3 <https://www.audinate.com/>

*4 <https://unity3d.com/>

*5 <http://us-factory.jp/robot/>

位置測位サービスでは、ヒロビーに存在する5つUbisenseの無線タグ位置を取得し、その3次元位置をSDMサーバからMQTTのタグごとのトピックに送信する。アプリケーションでは、MQTTトピックを購読することで、必要なタグの位置を取得する。さらに、タグに付属するボタンが押されたイベントは、SDMサーバによりボタンイベントのMQTTトピックへ公開され、購読者はこのイベントを取得することが可能である。

立体音響再生サービスでは、サーバにあらかじめ登録された複数の音源の3次元位置をアプリケーションから操作することが可能である。音源ごとにMQTTトピックが設定され、このトピックにメッセージを送信することにより、音源の音量、3次元座標指定、ピッチ指定、再生開始・終了をアプリケーションから操作することができる。音源ごとにMQTTトピックが分かれていることにより、どのアプリケーションからでも関心のある音源の状態を取得することができる。

4.3 立体音響再生サービス

立体音響再生サービスにはバンダイナムコスタジオの開発するVirtual SoundScape System(VSSS)とヤマハの開発するTheater Surround (TH-S)を利用する。これらのサービスは、登録された音源の操作(音源の音量、3次元座標指定、ピッチ指定、再生開始・終了)をMQTTメッセージで受け、その操作に基づいて各スピーカをどのように駆動させるか計算する。計算結果の音声情報は、Dante規格でXMV8280-Dへ送信されアナログ入力に変換されたものが各スピーカの入力となり音声再生される。

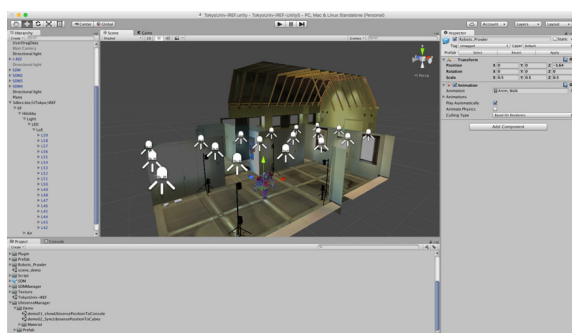


図4-2 Unity開発画面とヒロビーの空間3次元モデル

• Virtual SoundScape System(VSSS)

VSSSとは、バンダイナムコスタジオの開発する、最先端の音響演出を再現・体感できるイベント及び施設向けの音響制御システムである。本システムは、バンダイナムコグループのゲーム製品で実際に使用されている音響制御のライブラリを応用したWindows上で動作するアプリケーションである。ゲームに利用されるため、プレイヤーの操作に応じて即時に反応するためのインタラクティブな技術を提供する。

• Theater Surround(TH-S)

TH-Sとは、ヤマハの開発する任意音源のPanningアルゴリズムを組み込んだ、立体音響システムである。本システムは、ヤマハ株式会社に開発された劇場向け音像移動処理を核としたWindows上で動作するアプリケーションである。演劇やミュージカルの演出における使用を主な想定アプリケーションとして開発されているため、任意の入力音源をデザイナーの操作に応じて3D面内の任意の位置に定位させる技術を提供する。

4.4 室内位置測位サービス

位置測位サービスでは、Ubisense社のUWB(超広帯域)無線を利用したリアルタイム位置情報システムを利用する。このシステムは、8.5G～9.5GHzの周波数(1GHz幅)を用いた無線タグとヒロビーの高所4カ所に設置したセンサを使って、タグの正確な位置をリアルタイムで測定する。センサ間は高精度で時間同期がなされており、無線タグからの電波を最低2台のセンサーが受信するとそれぞれのセンサーでの電波の受信角度を計算し、受信時間の差を割り出すことで、タグの位置を15～30cmの精度で測定する。

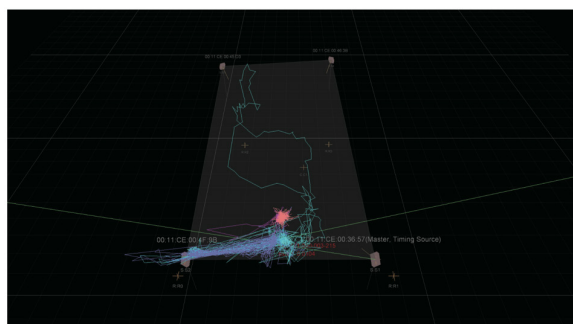


図4-3 Ubisense Manager画面

SDMサーバで動作しているUbisense Managerでは、複数の無線タグのリアルタイムの位置の他に、タグに付属するボタンが押されたイベントなどを取得可能である(図4.3)。SDMサーバはMQTTでタグの位置とボタンイベントを、決められたMQTTトピックに配信することで、そのトピックを購読するアプリケーションはタグの位置やイベントを利用できる。

4.5 音声オブジェクト化サービス

音源オブジェクト化サービスには、NTTメディアインテリジェンス研究所が開発したインテリジェントマイク技術を利用する。インテリジェントマイクとは、遠くにある狙った音だけをクリアに集音する技術である。音源を分離して收音するために、多マイクロホンを用いて集音すべき音の性質を明らかにし[15]、その性質を満たすような受音系を構築した[16]。多マイクロホンで観測した信号に対して、ビームフォーミングやウィナーフィルタリングといった信号処理をすることで[17]、ユーザが狙った位置にある音をクリアに集音することを実現している。

4.6 映像オブジェクト化サービス

映像オブジェクト化サービスにはKDDI研究所の開発する自由視点映像の生成技術を利用する。

近年、視聴者が任意に選択する視点に合わせて三次元の空間を表示することが可能な自由視点映像の合成技術が注目されている[18, 19]。特に、サッカーのような屋外大空間で撮影される映像を対象とした合成方式として、簡単化三次元モデルを用いる手法が提案されている[20, 21]。これらの手法では、三次元空間中の各オブジェクトをビルボードと呼ばれる一枚の長方形ポリゴンで近似し、ユーザが選択する視点位置に応じて、多視点画像から獲得したテクスチャ情報を適切にマッピングすることで、計算コストを抑えた合成を実現している。フィールド平面上に存在する各選手の三次元世界座標に関しては、フィールド平面上二次元世界座標として扱うことが可能であり、各カメラで取得されるテクスチャ領域の足下点を平面射影行列により投影することで算出可能であるため、カメラの強校正は不要である。

一方で、テレビ放送を始めとした実際のスポーツ映像への適用を考えた場合、中継現場で配置されるカメラが固定されていないということが大きな課題として挙げられる。固定カメラではなく非固定カメラを用いる場合に特有の課題は大きく二つ存在する。一つは、カメラパラメータ(射影行列)がフレーム毎に変化する点であり、もう一方は、人物等の前景オブジェクト(以下、単にオブジェクトと呼ぶ)抽出時に、背景領域が既知であることを前提とした背景差分法が適用できない点である。

また、ビルボード方式に基づく自由視点映像の合成では、オブジェクトごとのテクスチャ抽出について、ユーザが指定する仮想視点の最寄りの撮影カメラで取得されるテクスチャをマッピングする処理を基本とするため、各カメラ映像のフレーム毎に各オブジェクトのテクスチャ領域を正確に抽出する必要がある。しかしながら、サッカー等のスポーツ競技を対象とした場合、カメラ映像中で複数のオブジェクトが重なりあうオクルージョンという現象が頻繁に発生するため、オブジェクト毎のテクスチャを切り分けて正確に抽出することは極めて難しい。特に、手前のオブジェクトに遮られる奥のオブジェクトのテクスチャに欠損が生じることを避けられないため、当該オブジェクトのフィールド上二次元世界座標を適切に推定することができず、結果として合成精度が著しく低下する課題があった。

KDDI研究所では、これまでに、非固定カメラ映像への対応を目的に、カメラ映像のフレーム毎に射影行列を推定し、同行列を用いてオブジェクト領域を抽出する手法を提案してきた[22]。しかしながら、オクルージョン領域に含まれるオブジェクトのテクスチャ、およびフィールド平面上の二次元世界座標を正しく取得できないため、自由視点映像の合成画質が劣化するという課題があった。これに対し、上述の提案手法を拡張する形で、カメラパラメータ推定、およびオブジェクト抽出を行うとともに、これらの情報に基づき新たにオブジェクト追跡を行うことで自由視点映像の高画質化に成功している。

2020年に向けては、4Kや8Kといった高精細カメラの併用によるさらなる表現力の向上を図ると同時に、完全自動化アルゴリズムの確立により、準リアルタイムでの映像中継の実現を目指している。

第5章 SDM試作システムのデモンストレーション

SDM WGでは2015年度はInterop2015, IETF94, WIDE合宿2015年春で、試作システムの展示を行った。また、将来SDMによって複数のSDM拠点を結ぶことを想定し、グランフロント大阪9階に立体音響再生サービスを構築した。



図5-1 Interop 2015での展示

5.1 Interop 2015

2015年6月10日から12日にかけて幕張メッセで開催されたInterop 2015 Tokyoにて、Software Defined Media コンソーシアムとして出展した。出展ブースの様子を図5.1に示す。任意の領域で発生する音をソフトウェアで指定して收音できるインテリジェントマイク技術と、オブジェクトベースの立体音響をインタラクティブに制御するVSSS技術を展示した。Interop 2015で展示したデモシステムは4章で述べた試作システムのサブセットであり、MQTTによるSDM APIアクセスの代わりに、来場者が直接SDMサーバのGUIを操作する。

図5.2はInterop 2015におけるインテリジェントマイクのデモ概要(デモ説明ポスターからの抜粋)である。図5.1に示すブースには、およそ2.5メートル上空のブースフレームに計16チャンネルのマイクアレイを設置し、その16のマイク入力には2台のRi8-DによりDante規格へ変換されインテリジェントマイクのインストールされたWindows PCに送られる。訪問した見学者は、このWindows PCのGUIを操作し、希望する区画の音だけを抽出し、ヘッドホンによりその音だけを聞くことができる。

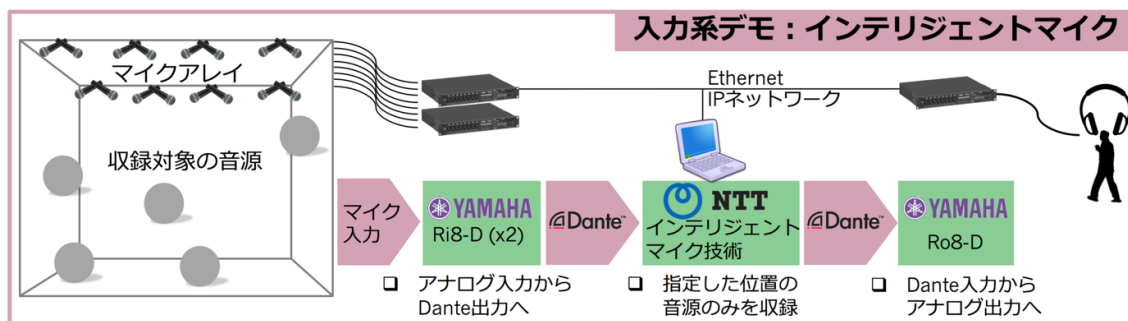


図5-2 Interop2015におけるインテリジェントマイクのデモ概要

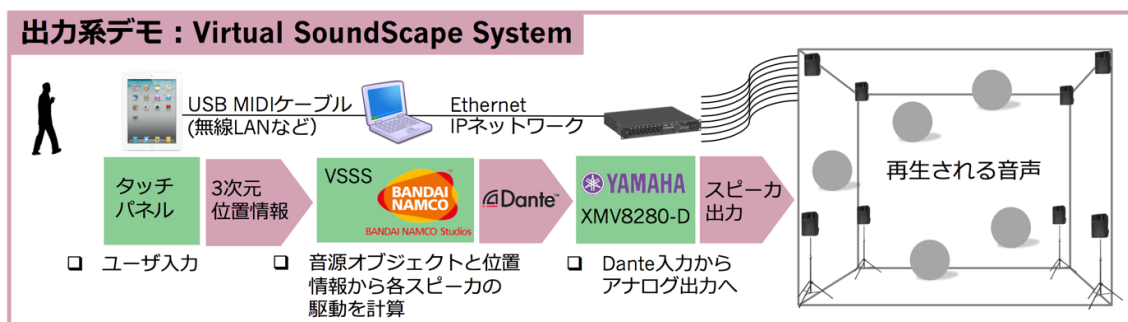


図5-3 Interop 2015におけるVSSSのデモ概要

図5.3はInterop 2015におけるVSSSのデモ概要(デモ説明ポスターからの抜粋)である。図5.1に示すブースの4隅には床からそれぞれ1.2メートル地点と2.7メートル地点に計8個のスピーカが設置されている。ブースへの訪問者はWindows PCにMIDIケーブルで繋がるiPadを操作して、音源の選択や、その音源の3次元座標を入力するとインタラクティブに立体音響が再生される。

5.2 IETF 94@横浜

2015年11月05日に横浜で開催されたIETF 94のBits-N-Bitesにて、VSSSによるインタラクティブなオブジェクトベース立体音響再生のデモンストレーションを行った。Bits-N-Bites出展の様子を図5.4に示す。5.1節で示したVSSSのデモに加え、4章示した試作システムのうちUnityからのMQTTによるSDM APIアクセスを展示し、インターネットの標準化会議の参加者達と、意見交換を行った。



図5-4 IETF94@横浜での展示



図5-5 WIDE合宿2015春の展示

5.3 WIDE合宿2015年春

2015年3月12日から15日にかけて、信州松代ロイヤルホテルで行われたWIDE合宿2015春にて、VSSSによるインタラクティブなオブジェクトベース立体音響のデモンストレーションを行った。デモンストレーションは、5.1節で示したVSSSのデモとほぼ同一のものである。図5.5にWIDE合宿でのデモンストレーションの様子を示す。

5.4 グランフロント 9F

将来SDMによって複数拠点を結ぶことを想定し、グランフロント大阪9階に立体音響再生サービスを構築した。デモシステムは図5.3に示したVSSSのシステムを基本として、システム構築を行った。12月11日にグランフロントで開催されたサイバー関西プロジェクト(CKP)/九州ガガポッププロジェクト(QGPOP)合同研究会においてデモンストレーションを行った。

第6章 SDM試作システムを利用したハッカソンの開催

2015年7月18日 - 19日の週末と2015年12月12日 - 13日の週末に、東京大学I-REF棟のヒロビーにおいて、それぞれ第2回、第3回のスマートライフハッカソンを開催し、4章で述べたSDM試作システムを公開し、参加者にSDM APIを利用したアプリケーションの開発をしてもらった。これにより、SDMプラットフォームへの要望を洗い出す一方、従来になかったような映像音声の表現や、画期的なSDMの利用方法を開拓することを目指す。

第2回スマートライフハッカソンの様子を図6.1に示す。



図6-1 第2回スマートライフハッカソンでの集合写真

第2回ハッカソンには28人の参加があり、13チームに分かれてアプリケーションの開発を行った。この時提供したサービスは4章で述べたSDM試作システムのうち、VSSSを利用した立体音響再生サービスのみであったが、ハッカソン当日にUnity上のSDM Assetを開発し、githubで公開し、他の参加者が利用できるようにする開発者が現れるなど、Unity上でのSDM利用が容易になった。また、ハッカソン後に行ったアンケート(回答者10名)では、全員が「大変満足」「まあまあ満足」と言う結果であった。また、ハッカソンで興味を持った技術の一つ挙げる質問では6割がSDMを挙げるなど、SDMに注目が集まった。

第3回ハッカソンには19人の参加があり、9チームに分かれてアプリケーションの開発を行った。第3回では、前回のVSSSを利用した立体音響再生サービスに加え、TH-Sを利用した立体音響再生サービス、Ubisenseを利用した位置測位サービスなどを提供した。特に、今回初めて用意したUbisenseを利用した位置測位サービスが人気を集め、ほぼ全てのチームが作品に取り入れていた。

第7章 SDM試作システムの性能評価

立体音響再生サービスや、位置測位サービスなどのSDMサービスは、リアルタイム性や、インタラクティブ性を重視するアプリケーションに利用されることが想定される。SDM試作システムはUnityによるアプリケーションからSDMサーバまでをMQTTを利用したメッセージ配信によってSDM APIのアクセスを行うため、このメッセージ配信の遅延を評価する。

SDMアプリケーションとSDMサーバが同一のネットワークに存在する試作システムの構成では、アプリケーションとサーバが同一のトピックを購読している時、あるアプリケーションが公開したMQTTメッセージがブローカを経由してサーバに届く時間と、アプリケーションに戻って来る時間はほぼ等しい。これより、アプリケーションとブローカ間のメッセージ配信の往復時間を計ることで、アプリケーションからSDM APIアクセスの遅延を図ることができる。

以下に、ブローカをローカルネットワーク上に置いた構成と、クラウド上に置いた構成で、往復遅延を計測したものを示す。ローカルネットワーク上のブローカ、クラウド上のブローカ、Unityを起動するPCの性能は表7.1のとおりである。

ブローカーをローカルに置いた構成では、図7.1に示すように、メッセージサイズを20bytesから1420bytes変化させても、おおよそ0.5ms程の往復遅延でメッセージ配信が行われた。この時、各サイズのテストでメッセージを100回送信することで行い、メッセージ間隔は17msを取った。これは、Unityの平均的な描画は60フレーム/秒で行われるため、1フレームに1度のSDM APIアクセスを行うアプリケーションの場合、平均17ms間隔でメッセージ送信が行われるためである。

図7.2はメッセージサイズを60Bytesに固定して、送信間隔を変化させた場合の往復遅延を示す。メッセージ間隔が1msから17msの時でも、往復遅延は0.5ms程度と変わらなかった。図7.2から、こうした1フレームに1度のSDM

表7-1 実験に使用した機器の情報

ノード	OS	CPU	メモリ	ソフトウェア
ローカルブローカ	Ubuntu 14.04 LTS	Intel(R) Core(TM) 2-CPU6600 @ 2.40GHz	5.8GB	Mosquitto* ⁶ (ver 1.4.2 MQTT v3.1 broker)
クラウドブローカ	Ubuntu 14.04 64bit small	1vCPU	1GB	Mosquitto (ver 1.4.4 MQTT v3.1 broker)
Unityを起動するPC	Windows 7 Enterprise	Intel(R) Core(TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz	16.0GB	Unity 5.3.0

*6 <http://mosquitto.org/>

APIアクセスを行うアプリケーションが17ほど存在しても往復遅延は0.5msで収まることがわかる。また、メッセージ間隔を空けずに送信した場合を間隔0msに表したが、平均して6msでの往復遅延に収まった。

一方、図7.3はブローカをクラウドに置いた構成で、メッセージサイズを変化させた時のメッセージ配信の往復時間

の割合を示したものである。ブローカをクラウドに置いた場合、往復遅延の分散が大きかったため、割合で示したが、各メッセージサイズによって往復遅延に違いは見られなかった。また、おおよそ80%のメッセージは30ms以内の往復遅延となった。これにより、SDM APIへのアクセスが、Unityの2フレーム以内に収まることになる。

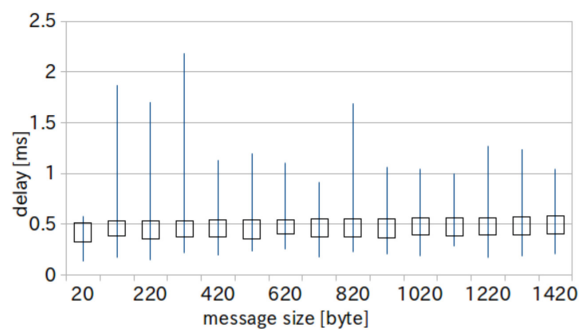


図7-1 ブローカをローカルに置きく構成でメッセージサイズを変化させた時の往復遅延

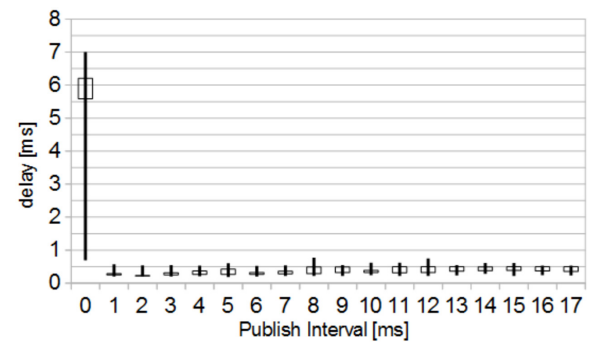


図7-2 ブローカをローカルに置く構成でメッセージ間隔を変化させた時の往復遅延

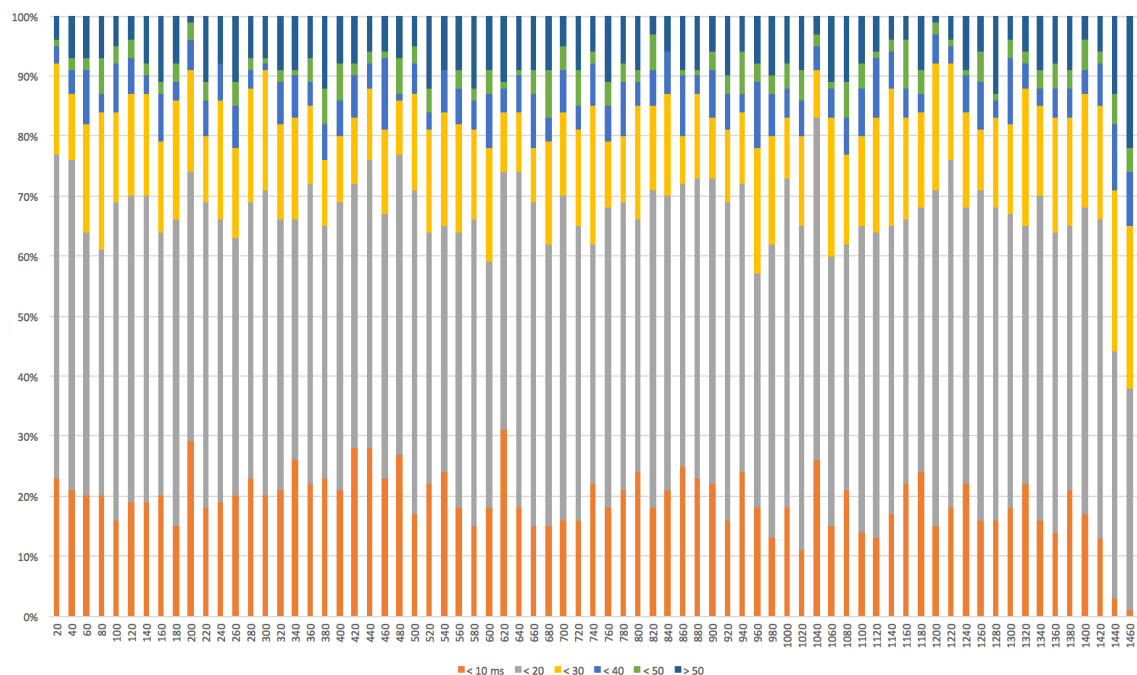


図7-3 ブローカをクラウドに置いた構成でメッセージサイズを変化させた時の往復遅延

第8章 SDM試作システムの拡張

4章で述べたSDM試作システムを拡張する研究として、複数ユーザで共有される3次元仮想空間の同期プラットフォームの一提案[23]とTangible Sound: Tangible Interface for Object-based Sound System [24]がそれぞれ、卒業論文および修士論文として公開される。以下にその概要を示す。

8.1 複数ユーザで共有される3次元仮想空間の同期プラットフォームの一提案

本研究は、ユーザが共通の仮想空間をインターネット接続によって共有している状況において、ユーザ同士が良好なコミュニケーションを映像音響空間で実現することを目的とするものである。ユーザがコミュニケーションを行う映像音響空間はインタラクティブな仮想空間であり、ユーザは仮想空間の操作をリアルタイムに行うことができるものとする。そしてユーザ同士のコミュニケーションを実現するために、各ユーザがローカルに所持・利用する仮想空間を同期する方法を本研究では提案する。

従来の映像音響空間は、映像についてはビットマップ型・音響はチャンネル型で扱われてきたが、近年映像音響空間はオブジェクト指向型で表現されるように進化しつつある。またメディアなどによる映像音響コンテンツは提供側から視聴者側への一方行型であったが、インターネットの普及と広帯域化に伴い急速に双方向型に進化しようとしている。つまり複数の視聴者がそのままコンテンツの提供者であり視聴者となる状況・環境が整いつつあるのである。

このような背景および映像音響機器のオンライン化(IPネットワーク化)を背景として、映像や音響を3次元モデルとしてオブジェクト指向に管理するアプローチであるSoftware Defined Mediaが提案されている。しかしながら、このSoftware Defined Mediaを様々な映像音響空間に活用するためには、現在の実装に加えて映像音響空間の双方向的な通信の仕組みが必要となるにもかかわらず、広く普及しているシステム環境では未実装な状況にあるのが実状である。

そのため本研究では、3次元モデルを視覚化した「3次元仮想空間」を、複数ユーザで共有するための同期プラットフォーム(ロックマネージャを用いた排他制御機能も実装)を提案・実装し、その初歩的な性能評価・検証を行う。同期に必要なシステム負担を軽減するためにPub/Subメッセージングプロトコルとして普及しつつあるMQTTを用いた同期システムを実装して実験を行い、ゲームコミュニティにおいて広く利用されているUnityの3次元仮想空間での同期に成功した。

8.2 Tangible Sound: Tangible Interface for Object-based Sound System

In recent years, due to the development of Information Technology, Internet Protocol(IP) network is replacing analog lines of audio systems. This enables us to control 3-D sound easily by software. In 2012, Dolby adopted their cinema sound platform ``Atmos" to the theaters. They brought object-based method of thinking that the system executes digital signal processing of data of sound objects and makes a decision of volumes and phases from the numbers of speakers installed in theaters. However, most of those systems are for professional use. When we play the sound contents with the speakers, the speakers are in predefined locations and the musical contents are also finalized to play with existing audio systems. In other words, most of the sound systems are used for the function of listening only and there are no interaction with the sounds played from the speakers.

In this thesis, the author approached Tangible Sound to lead people to have interaction between the audio system and the listener. Tangible Sound allows users to imagine the shape, size(volume), distance of the sound objects. To achieve this, pre-experiments of how 3-D sound works were conducted and from this result, Tangible Sound were designed. With the use of Tangible Sound, people could locate the sound objects sensuously in real space by using their movements. Tangible Sound is expected to contribute for rich expression of sound, for guiding people's consciousness and so on.

第9章 オーケストラの集音

SDMでは試作システムの制作などに取り組んできたが、さらに様々なリッチコンテンツのクラウド化や共同音楽制作の可能性を追求するため、またシームレスなメディアへのアクセスや、柔軟なソフトウェアによるレンダリングを研究するための素材を必要としている。収録した映像や音源をメタデータを付加することで、さまざまなアプリケーションで再利用できるようにする。また、これらのメタデータ付きの映像音声の素材をIPネットワークによるメディアの配送及びソフトウェア制御による作画・作音を行う予定である。

そこで、2016年01月10日、SDMの実験素材として、慶應大学 日吉キャンパス 藤原記念ホールで開催された慶應義塾大学 コレギウム ムジクム古楽アカデミー^{*7}のコンサートを収録した。図9.1および図9.2はオーケストラ収録の様子である。17世紀のドイツ宮廷音楽であるヨハン・フリードリヒ・ファッシュの「管弦楽組曲ト長調 FaWV K:G2」など、最大24名の演奏家による全てアコースティックの演奏を収録した。楽器には、テオルベ、チェンバロ、バロック・ヴァイオリン、バロック・オーボエ、ヴィオラ・ダ・ガンパなどの現代では珍しい楽器が含まれており、実験素材として興味深い映像音声の収録を行うことができた。



図9-1 オーケストラの収録の様子

図9.3にカメラとマイクの配置を示す。コンサートで収録した項目は以下の通りである。

- 楽器ごとのマイク
- 携帯端末のカメラとマイク
- ダミーヘッド
- 球体マイク
- 全天球マイク
- 360度カメラ
- 天井からつるしたステレオマイク
- 環境音を収録するマイク
- Gopro全天球カメラ+ 非同期マイクアレイ

収録したコンテンツはSDMによる魅力的なコンテンツ制作のイメージを提示するためのデモ素材としてまとめる一方、実際にこのコンテンツを使った制作に利用できるよう、メタデータ等を付与の上整備し、データベースとして利用できるようにしていく。

第10章 まとめ

2014年1月のSDM WG設立からユースケースの分析、アーキテクチャの策定などを行ってきたが、2015年はこれらの分析に基づき、試作システムの製作を行った。試作システムは、Interop2015、IETF94、WIDE合宿などで展示を行い、意見交換を行ってきた。さらに、2度の



図9-2 オーケストラの収録の様子

^{*7} <http://www.musicology.hc.keio.ac.jp/collegium.html>

ハッカソンではSDM APIを利用したアプリケーションを開発する機会を持ち、試作システムのフィードバックを得つつ、SDMのアプリケーションの模索を行ってきた。また、試作システムの拡張する研究において、卒業論文と修士論文が公開された。さらに、オーケストラのインタラクティブな視聴アプリケーションや、実験素材として活用するべく、慶應義塾大学 コレギウム ムジクム古楽アカデミーの協力を得て、オーケストラの収録を行った。

SDM WGでは、メディア空間の設備、映像音声を制御するネットワーク機器、ソフトウェア制御のメディア空間におけるアプリケーション作成など、共同研究活動に参加するパートナーを募集しています。

ご協力をよろしくお願いいたします。

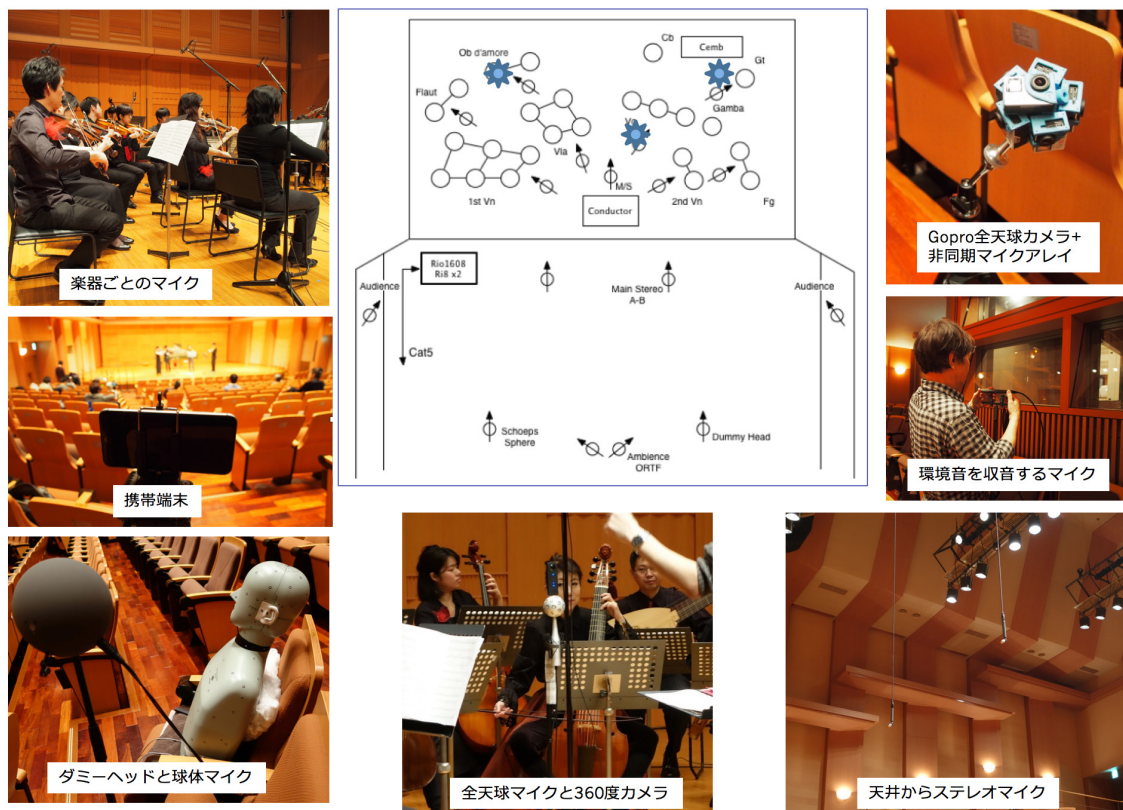


図9-3 カメラとマイクの配置