

多様な携帯・可搬型機器に対応可能な モバイル複合現実感システム(1) —基本アーキテクチャとコンテンツ記述方式—

A Variety of Mobile Mixed Reality Systems with Common Architectural Framework (1): Overall Architecture and Content Description Scheme

柴田史久, 橋本崇, 吉田友祐, 木村朝子, 田村秀行

Fumihisa SHIBATA, Takashi HASHIMOTO, Yusuke YOSHIDA, Asako KIMURA, and Hideyuki TAMURA

立命館大学 情報理工学部

(〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

Abstract: We aim at constructing a common architectural framework for a variety of mobile mixed reality systems. We adopt the server-client architecture, where the server manages overall MR information and various kinds of mobile computers are employed as clients. The characteristic of our architecture is to distribute necessary functions for mixed reality presentation between the server and the client according to a processing capacity of mobile devices. In addition, we developed “SKiT-XML,” a content description language, as an instance of XML. This language makes it possible to transfer the description of MR information regardless of the type of the client.

Key Words: Mixed Reality, Mobile System, Common Architectural Framework, System Architecture, XML

1. はじめに

現実空間の光景に電子的に生成した付加情報を重畳描画する拡張現実感 (Augmented Reality; AR) や複合現実感 (Mixed Reality; MR) システムに関する研究が活発に行われている[1][2]。既に実用化が始まっているのは、屋内で利用される据置型システムであるが、最近では、モバイル型、ウェアラブル型のシステムを構成して屋外向けのAR/MR システムを目指す研究も活発化している[3][4][5][6]。さらには、個人用携帯情報端末 (PDA) 単体を用いる試みもある[7][8]。

まだ性能的にも装着感にも問題はありますが、今後この可搬移動型システムへの流れが加速され、広汎な用途に利用されることは必至だろう。AR/MR 技術の本質を考えれば、いつでもどこでも手軽に、目の前にある現実世界に仮想世界の情報を融合・表示し、体験したいという要求が自然だからである。

我々は、様々な種類の携帯・可搬型機器に対応可能な「モバイル複合現実感システム」の共通枠組の構築を目指している。ここで目標としているのは、アプリケーションに非依存のプラットフォーム層を開発するだけでなく、携帯・可搬型の情報機器の性能や種類の違いをも吸収できる共通基盤・枠組の導入である。現在の携帯情報機器の処理能力・記憶容量はあまりにも限られているが、その制約が急

速に緩和されて行くことは確実なので、利用可能な機器やソフトウェア環境だけを選んで開発を進めても、すぐに陳腐化して無駄が大きいためである。したがって、日進月歩の技術進歩が見込める分野には、そのバリエーションを吸収できる柔軟性のある枠組の導入が望ましいと考える。

本稿では、こうした構想の下に検討した共通枠組の基本アーキテクチャの概要を述べ、あわせてそこで必要なコンテンツ記述方式として設計・実装を進めている SKiT-XML に関しても言及する。

2. モバイル複合現実感システムの設計

2.1 前提条件

現在一般に普及している携帯・可搬型の情報機器は、ノート PC, ウェアラブル PC, PDA, 携帯電話の 4 種類に分類することができる。これらを、その情報提示能力や通信能力、処理能力など複数の軸に対して分類すると表 1 のようになる。本研究では、現在達成されている最高水準の複合現実感システムを携帯・可搬型へと移し変えることを

表 1 : 携帯端末の性能比較

端末の種類	提示デバイス	記憶容量	通信機能	画像取得デバイス
ノートPC	両眼HMD	大	無線LAN	NTSC/1394カメラ
ウェアラブルPC	片眼HMD	中		
PDA	小型LCD	小	携帯電話網	CF/SDTypeカメラ
携帯電話		極小		

目指すのではなく、表 1 に示す能力の差異に起因するシステム実現上のトレードオフを容認し、利用端末や利用形態、情報提示のレベルを選択・設定可能なシステム・アーキテクチャの構築を目的とする。

システムの利用形態としては、複数のユーザが同一の空間内で協調しながら作業を実施するような状況を想定する。その上で、ユーザの所持する各端末に対してそれぞれの能力に応じた MR 情報が適宜提示される。提案するシステム・アーキテクチャは特定のアプリケーションに縛られた限定的なものではなく、異なるアプリケーションにおいても共通に利用可能な枠組として実現する。

本システムを設計するのに際しての前提条件をまとめると以下ようになる。

- ・ 携帯電話・PDA・ウェアラブル PC など多様な携帯・可搬型機器に対応できること
- ・ 複数端末を含むシステム全体においてコンテンツ情報を共有できること
- ・ アプリケーションに依存しない枠組であること

2.2 システムの要求条件

システム内に複数の端末が存在し、それらが協調的に動作するためには、端末間で情報を交換するための機能が必要となる。同時に、コンテンツ情報に変化があった際にそれを更新する機能、すなわちコンテンツ情報を一元管理する機構も必要となる。さらに、MR 情報を各端末で提示するという仕組み上、MR 情報を重畳描画する対象となる元画像を取得するためのカメラデバイス、及び情報提示のための位置検出機能が必要となる。

まとめると、本システムには次の機能が要求される。

- ・ 端末毎のネットワーク接続
- ・ 端末の種類に依存しない共通の情報記述方式
- ・ コンテンツ情報を一元管理するための機構
- ・ 画像を取得するカメラデバイス
- ・ 各端末の位置検出機能

2.3 システムの仕様

これらの条件を満たすため、以下の仕様を設定する。

(1) サーバ・クライアント型

システムを、現実の光景に付加するコンテンツ情報を一元管理するためのサーバと、MR 情報を提示するクライアントから構成されるサーバ・クライアント型とする。サーバ・クライアント間はインターネットを介して接続される。

(2) 処理の分散化

端末間の能力の差異を吸収するために、特に処理能力の低い携帯電話及び PDA に対しては、サーバ側で位置検出などの処理を実行し、処理の分散化を図る。同時にシステム・レイヤとアプリケーション・レイヤを設定し、アプリケーション部分を切り替え可能な枠組とする。

(3) 共通の情報記述方式

端末の種類に依存しない形で情報を記述し、新たな端末の出現に柔軟に対応可能な枠組を実現する。

3. 基本アーキテクチャ

3.1 システム・アーキテクチャ

2章で述べた条件及び仕様に基づいて様々な種類の携帯・可搬型機器に対応可能なモバイル複合現実感システムを設計した。一般に MR 情報を提示するためには、以下に列挙する 5 種類の機能が必要となる。

- (1) 画像取得機能 (Image Capturer)
- (2) MR 情報提示機能 (MR Info. Presenter)
- (3) 位置検出機能 (Position Detector)
- (4) MR 情報生成機能 (MR Info. Generator)
- (5) コンテンツ情報管理機能 (Content Info. Manager)

また、全体をサーバとクライアントから構成する上で、(6) クライアント管理機能 (Client Manager) が必要となる。

これらの機能をサーバ側とクライアント側に分散して配置することを考えると、この中で(1)及び(2)に関しては必ずクライアント側に配置する必要がある。また、(5)及び(6)に関しては、複数のクライアントでの情報を同期させるためにサーバ側に配置する必要がある。一方、残りの(3)及び(4)に関しては、表 1 に示したクライアントの能力差などを考慮して、サーバ側かクライアント側のどちらに配置すべきかを決定する。本研究ではクライアントを軽量クライアント (Lightweight Client) と重量クライアント (Heavyweight Client) に区別し、軽量クライアントでは、先に示した(1)及び(2)の機能のみを搭載し、残りの機能はサーバ側に委ねることとした。一方、重量クライアントでは、(5)及び(6)の機能のみをサーバ側で実行し、残りの機能はすべてクライアント側で処理することとした。さらに、重量クライアントではリアルタイムでコンテンツ情報にアクセスして MR 情報を生成することを考慮して、サーバ側と同様なコンテンツ情報管理機能 (Client-Side Content Info. Manager) を搭載することとした。ただし、クライアント側のコンテンツ情報管理機能では、サーバからコンテンツ情報の複製を取得し、複製したコンテンツ情報に基づいて MR 情報を生成する。その上で、コンテンツ情報に変化が生じた際には、差分情報をサーバ・クライアント間で送受信することでコンテンツ情報の同期を図る。システム・アーキテクチャを図 1 に示す。

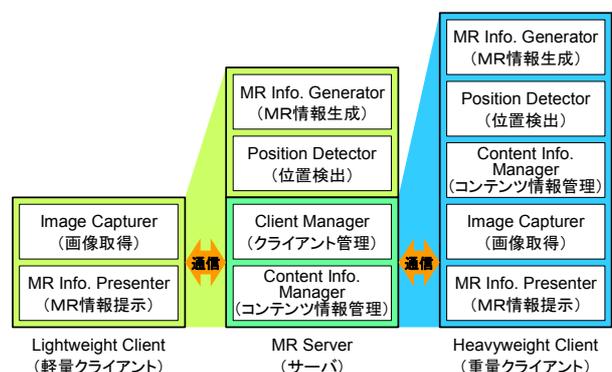


図 1：システム・アーキテクチャ

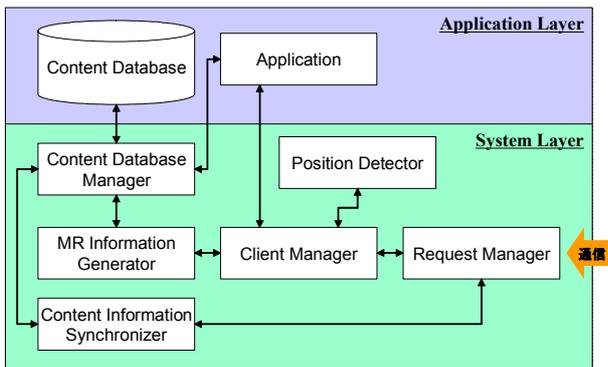


図2：サーバのモジュール構成

3.2 サーバ側の構成

上記システム・アーキテクチャに基づくサーバ側のモジュール構成について述べる。モジュールの構成図を図2に示す。本研究ではアプリケーションに依存しないシステム・アーキテクチャの提案を目的とする。よって、システムの構成を我々が提供するシステム・レイヤとアプリケーション開発者が作成するアプリケーション・レイヤとに分割する。アプリケーション独自の処理はすべて図中のApplicationで示したモジュールで実装し、そのアプリケーションに関するコンテンツ情報はContent Databaseで示したデータベースに蓄積することで、アプリケーションとシステムの切り分け、様々なアプリケーションに適用可能な枠組を実現する。

各モジュールの機能は以下の通りである。

(1) Application

アプリケーションに特化した処理を実行する。

(2) Content Database Manager

コンテンツデータベースを管理する。コンテンツ情報の取得、及びコンテンツ情報の更新を行う。

(3) Content Information Synchronizer

サーバ・クライアント間でコンテンツ情報の同期をとる。

(4) Client Manager

クライアントの状態を管理する。

(5) Position Detector

軽量クライアントの位置を検出する。

(6) MR Information Generator

軽量クライアント向けにMR情報を生成する。

(7) Request Manager

軽量クライアントと重量クライアントに区別し、軽量クライアントであればサーバ内でMR情報を生成して送り返し、重量クライアントであれば、必要なコンテンツをサーバ・クライアント間で同期をとる。

3.3 クライアント側の構成

クライアント側のモジュール構成について述べる。図3に示した重量クライアントのモジュール構成は、リアルタイムでのMR情報生成を実現するために、サーバのモジュール構成に追加する形で、MR情報を提示するためのモジュール(MR Information Presenter)、MR情報を重量描画する元画像を取得するための画像取得モジュール

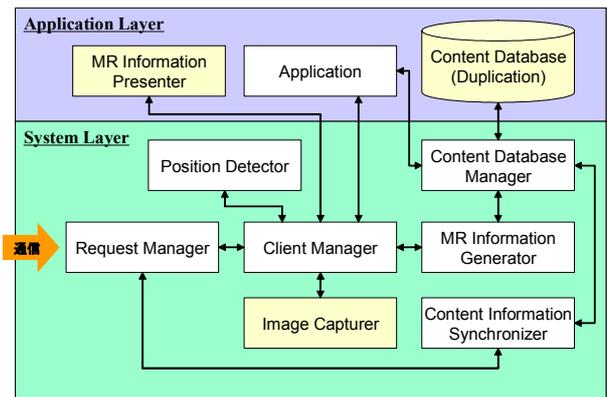


図3：重量クライアントのモジュール構成

(Image Capturer)、及びサーバと情報をやり取りする要求管理モジュール(Request Manager)を組み合わせた構成となる。一方、図4に示す軽量クライアントのモジュール構成は、サーバ側で位置検出、及びMR情報の生成などの処理を行うことを前提に、重量クライアントで追加した3つのモジュールのみから成っている。

4. コンテンツ記述方式

4.1 送受信が必要な情報

これまで述べてきたようなサーバ・クライアント方式のシステムでは、サーバとクライアント間で送受信する情報を如何にして記述するかが重要となる。本アーキテクチャにおいて、サーバ・クライアント間で送受信する必要がある情報は以下の通りである。

[クライアント → サーバ]

- ・ クライアントの情報(端末仕様など)
- ・ リクエストの情報
- ・ 位置検出に利用する情報(軽量クライアント)

[サーバ → クライアント]

- ・ ガイド情報(軽量クライアント)
- ・ コンテンツ情報(重量クライアント)
- ・ セッション情報
- ・ レスポンスのステータス

本研究ではこれらの情報を記述するためのコンテンツ記述方式SKiT-XMLを提案する。

4.2 SKiT-XMLの概要

SKiT-XMLはメタ言語であるXML[9]の仕様に基づいた

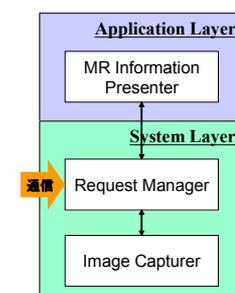


図4：軽量クライアントのモジュール構成

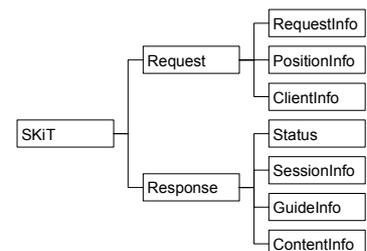


図5：SKiT-XMLの構造

MR コンテンツを記述するための言語である。SKiT-XML では、上で列挙した各情報を、大きくクライアントからサーバに対して送信する情報 (Request) とサーバからクライアントに対して送信する情報 (Response) の二つに分けて取り扱う。SKiT-XML の大まかな構造を図5に示す。サーバ・クライアント間の通信では、最初にクライアント側から Request を送信し、それに対して必要な処理をサーバ側で実行した上で、要求された情報を Response として送り返す。Request として送信される情報は主に、リクエストの内容 (RequestInfo) と、端末の仕様などのクライアントの情報 (ClientInfo)、及び軽量クライアントに関しては位置検出に必要な情報 (PositionInfo) である。一方、Response として送信される情報は主に、Request に対するステータス (Status)、セッション情報 (SessionInfo) と、軽量クライアントの場合には現在のクライアントの状況に対応した MR として提示すべきガイド情報 (GuideInfo) である。また、重量クライアントの場合には、ガイド情報の代わりにサーバ側のコンテンツ情報の一部を複製したもの (ContentInfo) を送信する。これらの情報はすべて関連する情報ごとにとまとめられた木構造によって表現されており、インターネットを介して送受信される。

5. 応用例

本アーキテクチャを利用したモバイル複合現実感システムの最初の実装例として床配線サポートシステムを実現した[10]。床配線サポートシステムとは、フリーアクセスの床の下に存在する情報コンセント及び電源コンセントの位置とケーブル配置をコンテンツとして保持し、指定した床の位置に必要とするコンセントを移動するための手順などを指示するシステムである。システムは、サーバと軽量クライアントから構成される。サーバ側の処理は Java Servlet によって Redhat Linux 上に実装した。Servlet の実行環境として、Apache2 と Tomcat5 を利用している。サーバ側におけるクライアントの位置検出には ARToolKit[11]を用いた。

本稿で述べたシステム・アーキテクチャに基づいて実現可能なアプリケーションとしては、次のようなものが考えられる。

(1) 工事現場、保守・点検作業などでの手順の指示

例えば、地中に埋設したガス管などを対象とした作業時に、実際には見ることでできない地中の様々な情報を MR 情報として提示すると同時に、作業の手順などを指示する。先に示したアプリケーションの実装例もこの種の作業の一例ととらえることができる。

(2) 美術館・博物館などでの案内及び情報提示

美術館や博物館などにおいて、利用者を案内すると同時

に、目前の展示物に関連した情報を MR によって補足説明するといった用途が考えられる。

(3) 防災訓練

火災や地震等の自然災害を想定した防災訓練において、訓練の手順をモバイル複合現実感システムによって利用者に提示し、円滑な訓練の実施をサポートするといった用途が考えられる。

6. むすび

本稿では、複数種類の携帯型・可搬型機器に対応できるモバイル複合現実感システムの共通枠組の構想とその基本アーキテクチャについて述べた。本アーキテクチャは、複合現実感を実現する各種機能をモジュールとして捉え、個々の端末の能力に応じてそれらをサーバ及びクライアントに分散配置することで、多様な携帯・可搬型端末に対応可能な枠組を実現している。

今後は、ウェアラブル PC やノート PC を核としたより高性能な可搬型端末でのシステム実装を進めると同時に、複数のアプリケーションを作成して本アーキテクチャの妥当性・実用性を高めて行く予定である。

参考文献

- [1] 「特集：複合現実感」日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 4, No.4, 1999.
- [2] 「特集：複合現実感2」同上, Vol. 7, No.2, 2002.
- [3] S. Güven, and S. Feiner: Authoring 3D hypermedia for wearable augmented and virtual reality, Proc. of 7th IEEE Int. Symp. on Wearable Computers, pp.118-126, 2003.
- [4] 佐藤, 穴吹, 山本, 田村: 屋外装着型複合現実感のためのハイブリッド位置合わせ手法, in [2], pp.129-137, 2002.
- [5] 興梠, 蔵田, 坂上: ウェアラブル拡張現実感のための利用者のビューベースと位置・方位取得手法, in [2], Vol.7, No.2, pp.139-149, 2002.
- [6] 天目, 神原, 横矢: 「平城宮跡ナビ」観光案内のためのウェアラブル拡張現実感システム, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004)講演論文集, Vol. I, pp. 121-126, July 2004.
- [7] 浅野, 藤井, 石井, 赤塚: 視野一致型情報提示システムの開発, 日本バーチャルリアリティ学会第7回大会論文集, pp.423-426, 2002.
- [8] J. Freund, C. Geiger, M. Grafe, and B. Kleinjohann: The augmented reality personal digital assistant, Proc. of 2nd Int. Symp. on Mixed Reality, pp.145-146, 2001.
- [9] Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Third Edition), <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml-20040204>
- [10] 平岡, 古野, 佐々木, 木田, 柴田, 木村, 田村: 多様な携帯・可搬型機器に対応可能なモバイル複合現実感システム(2) -携帯電話・PDAによる試作例-, 日本バーチャルリアリティ学会第9回論文集, 2004.
- [11] H. Kato, M. Billinghurst, I. Poupyrev, K. Imamoto, and K. Tachibana: Virtual object manipulation on a table-top AR environment, Proc. of Int. Symp. on Augmented Reality, pp.111-119, 2000.