

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 を用いた試作例—

A Variety of Mobile Mixed Reality Systems with Common Architectural Framework (2): The First Prototypes Implemented on Cellular Phone and PDA

平岡貴志, 古野光紀, 佐々木亮一, 木田智子,
柴田史久, 木村朝子, 田村秀行
Takashi HIRAOKA, Koki FURUNO, Ryoichi SASAKI, Tomoko KIDA,
Fumihisa SHIBATA, 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 developed the 1st prototype system based on a common architectural framework for a variety of mobile mixed reality systems. This prototype is implemented using the latest cellular phone and PDA as a client, and a Linux machine as a server, in order to verify the validity of our architecture. We developed the application system that supports laying cables under the office floor. Through this system, we confirmed that our architecture is valid.

Key Words: Mixed Reality, Mobile System, Cellular Phone, PDA, Superimposition

1. はじめに

近年, 現実空間の光景に計算機によって生成された付加情報を重畳描画する複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術に注目があつまりつつある[1][2]. 最近では, モバイル型, ウェアラブル型のシステムによる屋外向けの MR システムの研究が活発化しており, 今後はこの種の携帯・可搬型システムが幅広い分野で活躍すると期待される.

そこで我々は, 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[3].

本稿では, モバイル複合現実感システムの共通枠組に基づく基本アーキテクチャの実装を進め, その妥当性を検証するために, 軽量クライアントとして携帯電話と PDA を用いて試作した床配線サポートシステムについて述べる.

2. モバイル複合現実感システムの実装

2.1 SKiT-XML

本システムでは端末の種類に依存しない共通の情報記述方式を採用している. これはサーバ・クライアント間で送受信される情報を, Request (クライアント→サーバ), 及び Response (サーバ→クライアント) で分類し, それぞれの情報を記述する SKiT-XML という我々が設計・実装し

たコンテンツ記述方式に従って送受信することで実現している. 軽量クライアントでは, SKiT-XML を利用してサーバと必要な情報を交換することで, MR 情報提示を実現する. この処理のために, サーバ側, クライアント側それぞれにおいて, 汎用の XML 処理系をベースに SKiT-XML を処理するモジュールを実装する.

2.2 サーバの実装

図1に実装したサーバ側のモジュール構成を示す. 図中の四角形がモジュールを, 角丸四角形が受け渡すデータを表している. 各モジュールの機能は以下のとおりである.

(1) User Data Manager

クライアントの情報を管理し, Request に対して, MR

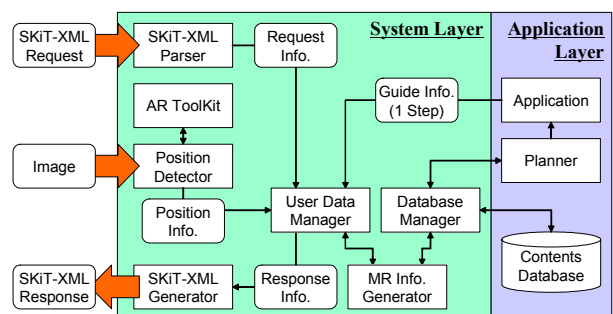


図1 : サーバの実装

情報の生成などの処理を行い、Response を生成する。

(2) Position Detector

クライアントの位置を検出する。本実装では、ARToolKit[4]のマーカを利用して位置を検出するため、ARToolKit を呼び出す。

(3) ARToolKit

クライアントの位置検出のためにマーカ認識を行う。

(4) Database Manager

コンテンツ情報の取得、及び更新を行う。

(5) MR Info. Generator

MR 情報を生成する。

(6) SKiT-XML Parser / Generator

SKiT-XML の解析及び生成を行う。

(7) Application

アプリケーション側の処理を行う。

(8) Planner

Application に与えられた要求に対して作業手順などのプランニングを実行する。

サーバ側の大まかな処理の流れとしては、最初にクライアントから送信される SKiT-XML Request による要求を受け取り、次にクライアントで撮影されたカメラ画像を受け取る。その上で、画像中のマーカによって位置を検出し、要求にそった MR 情報を生成した上で、SKiT-XML Response によってそれをクライアントに送信する。

2.3 軽量クライアントの実装

図2に実装した軽量クライアント側のモジュール構成を示す。図中の四角形がモジュールを、角丸四角形が受け渡すデータを表している。各モジュールの機能は以下のとおりである。

(1) GUI Manager

ユーザからの要求を各モジュールに伝える。すべてのモジュールを管理する。

(2) MR Info. Presenter

MR 情報（画像や文字列の重畳）を画面に出力する。

(3) SKiT-XML Parser

サーバから受信した SKiT-XML データを解析する。

(4) SKiT-XML Generator

サーバへ要求するための SKiT-XML Request を生成する。

(5) Camera Manager

カメラデバイスの制御を行う。撮影した画像を取得し、Image を出力する。

(6) Data Storage

使用頻度の高いデータを記憶する。

軽量クライアント側の大まかな処理の流れとしては、最初にユーザの要求を SKiT-XML Request 形式でサーバへ送信し、続けて位置検出に必要なカメラ画像をサーバへ送信する。その後、サーバ側で生成された MR 情報を受け取り、ユーザに対して提示する。

3. 床配線サポートシステム

3.1 床配線サポートシステムの概要

以下では、我々が提案するシステム・アーキテクチャ上に試作した床配線サポートシステムについて述べる。本アプリケーションは、任意の床下に存在する電源コンセント、及び情報コンセントの位置と各コンセントのケーブル配置をコンテンツとしてサーバが保持し、ユーザが指定した床の位置に必要なとするコンセントを移動するための手順を指示するシステムである。ユーザは、作業指示のほかに、全体の配線図や任意の床下の配線状況をモバイル端末で MR 情報として確認することができる。はじめに、我々が提案するシステム・アーキテクチャにおける現時点での制限事項についてまとめる。

- ・ 3次元仮想物体のレンダリングができない
- ・ 静止画のみ（軽量クライアント・システムのみ実装）

なお、今回サーバにおけるクライアントの位置検出には ARToolKit[4]を用いた。これによってさらに以下の制限が加わる。

- ・ マーカ認識が必須
- ・ タスク空間の制限（実験環境の制限）
- ・ クライアントの位置・姿勢の取得が不安定

3.2 床配線サポートシステムの処理の流れ

前述のような制限事項を考慮して、床配線システムを設計した。ユーザはアプリケーション起動後、4種類のガイドマーカのうちのひとつをカメラで撮影するように促される。ガイドマーカは、以下の4種類である。

- (1) 電源コンセント移動作業指示用マーカ
- (2) 情報コンセント移動作業指示用マーカ
- (3) 配線全図表示用マーカ
- (4) 任意の床下配線図表示用マーカ

(1)のマーカは、電源コンセントをユーザの指定先のタイルに移動するための作業指示をサーバに要求するためのものである。(2)のマーカは(1)と同様で情報コンセントの作業指示を要求するためのものである。(3)のマーカは、対象範囲全体の床下配線の表示を要求するものであり、(4)のマーカは指定した床下の配線状況の確認を要求するためのものである。マーカ撮影後からガイド表示までは、サーバ・クライアント間で SKiT-XML をやりとりし、サーバがクライアント側の要求に答えている。

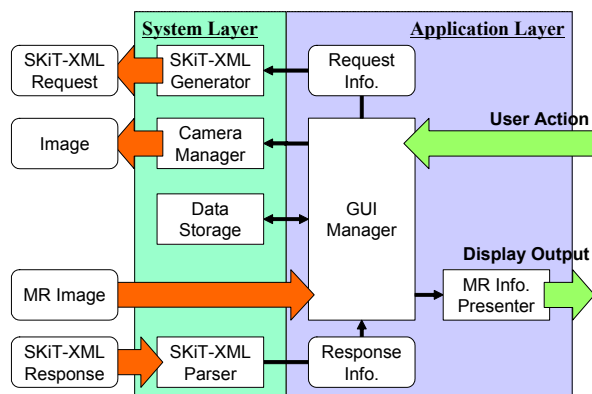


図2：軽量クライアントの実装

サーバ側の具体的な処理を図3に示す。図中の角丸四角形がクライアントへ返す作業指示で、四角形がサーバ側独自の処理、二重角丸四角形が一ガイドの終了状態を表している。この図において、一遷移は軽量クライアントのループで行われる処理である。軽量クライアントの処理は基本的に、アプリケーションが起動し、GUIが表示された後、ループ構造となっている。

ガイド情報を表示させる軽量クライアント側の処理を図4に示す。軽量クライアントのループ処理は、マーカ撮影から始まる。マーカを撮影した後、軽量クライアント側で端末情報や撮影した画像情報などが書き込まれた SKiT-XML Request を生成しサーバへ送信する。それを受け取ったサーバ側では、セッションの確立や画像送信の許可等の情報を書き込んだ SKiT-XML Response を生成し軽量クライアントに送信する。これを受信した軽量クライアントは、撮影したマーカ画像をサーバへ送信する。画像を受け取ったサーバでは、画像処理によりクライアントの位置検出を行い、端末情報から各端末に適切な画像表示位置を求め、適切な画像サイズに拡大縮小し MR ガイド情報となる床配線画像を生成する。その後、単一または複数のガイド情報を書き込んだ SKiT-XML Response を生成し、これを次の作業指示として軽量クライアントに送信する。これを受信した軽量クライアントは、指定された位置に文字列や指定 URL から取得した画像を表示する。このように、ユーザは単にカメラで対象を撮影し、サーバから返信されたガイド情報を確認するのみであり、また、使用ボタンも3つ程度で、ダイアログを表示し作業を指示していくので、複

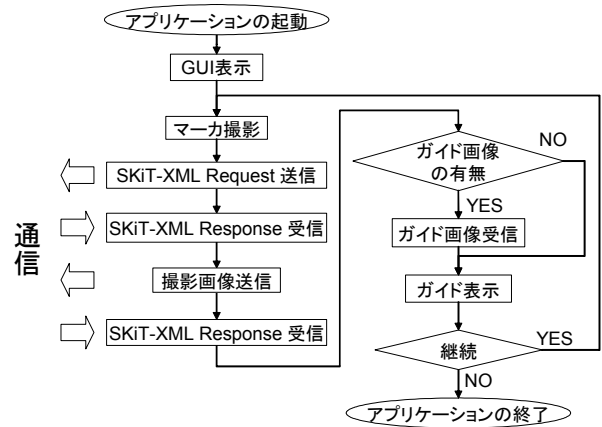


図4：軽量クライアントのガイド表示処理

雑で高度な操作は必要とせず、手軽にアプリケーションを実行することができる。

4. 実験

4.1 実験環境

以下のような環境設定で床配線サポートシステムの実験を行った。

- ・ 実験場所：立命館大学情報理工学部7階モバイルコンピューティング研究室
- ・ 使用タイル枚数：25枚
- ・ 使用マーカ枚数：タイル開閉認識・位置認識用50枚、ガイド認識用4枚
- ・ 使用コンセント本数：電源コンセント2本、情報コンセント2本

使用端末として、携帯電話とPDAを用いた。各端末の詳細を表1に示す。また、実験場所の詳細を図5に示す。本実験では、以下の3通りの実験を行った。

- (1) 配線全体図を表示
- (2) 任意の床下の配線を表示
- (3) 情報コンセント移動の作業指示

4.2 実験結果

4.2.1 配線全図の表示

Zaurus SL-C760をクライアントとして用いた場合の実験結果を図6に示す。ユーザは、この配線全図を見ることで、広範囲の床下の配線状況を確認することができる。

4.2.2 任意の床下配線の表示

Zaurus SL-C760をクライアントとして用いた場合の実験結果を図7に示す。ユーザは、自分の指定した床の床下配線図を確認することができる。

4.2.3 情報コンセント移動の作業指示

FOMA N900iをクライアントとして用いた。実験結果を図8に示す。ユーザは自分が指定したところまでのコンセ

表1：携帯端末の性能比較

使用端末	カメラデバイス	通信方式
NTT DoCoMo FOMA N900i	内蔵カメラ	携帯電話網
Sharp Zaurus SL-C760	Sharp CE-AG-06	PCとUSBケーブルを介して接続

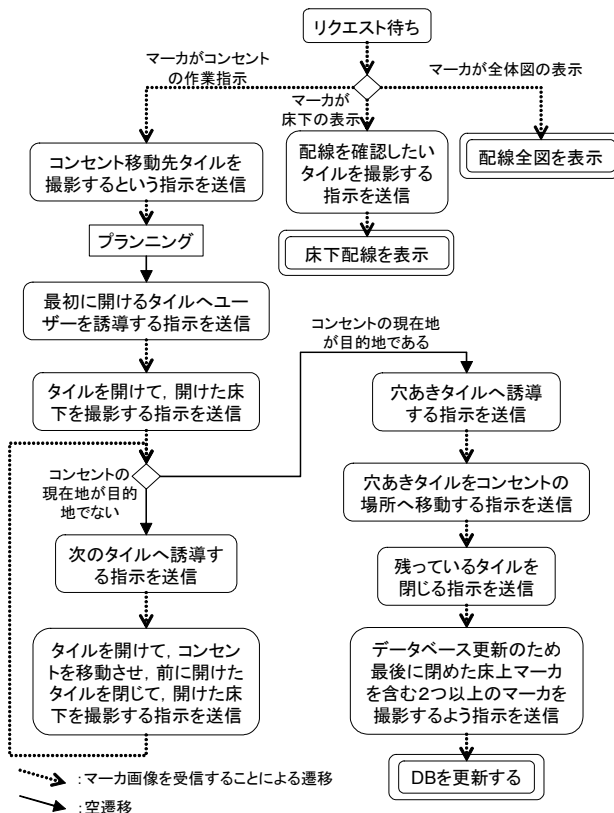


図3：サーバのアプリケーションの流れ

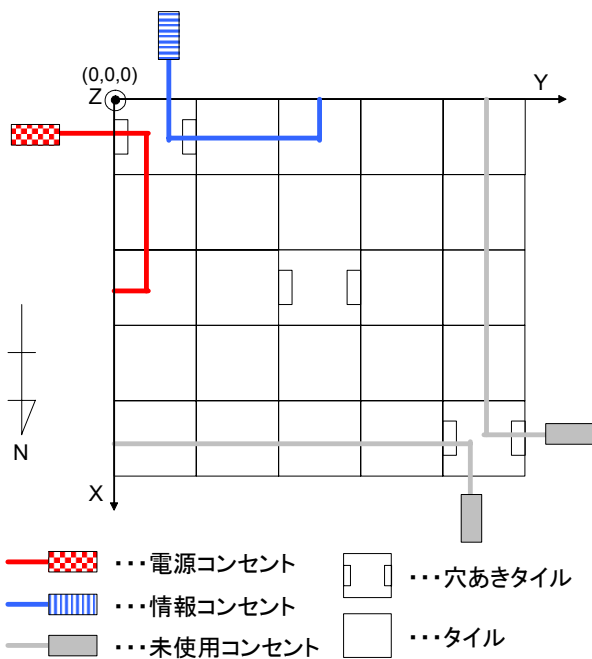


図5：実験環境

ント移動の作業指示を受けることができる。

マーカと端末間の距離による処理時間の関係を表2に示す。近距離とは座った状態で撮影した場合を指し、遠距離とは立った状態で腰の位置から撮影した場合を指す。実際にアプリケーションを実行させると、サーバにおいてクライアントの位置検出処理やガイド生成のための画像処理を伴う通信に時間を要していることが分かった。マーカとの距離が近くなるほど、提示されるMR情報が大きくなり、結果として処理時間が必要となる。

4.3 考察

我々が目指すモバイル複合現実感システムの共通枠組に基づいて、床配線サポートシステムを実現することができたことにより、その基本アーキテクチャの妥当性が確認された。本稿では床配線サポートシステムを題材として取り上げたが、アプリケーション部分の実装を変更することで、同様の作業指示や人物の誘導などのアプリケーションなども容易に実現可能であると考えられる。

今回実装したシステムでは、タイルの配置などの環境の変化を、すべてクライアントから得られる静止画像情報に基づいてシステムのコンテンツ情報へと反映することとした。そのため、コンセントの移動作業指示を行う場合、環境の変化を同時にシステムへ把握させるために、クライアント側でのカメラ撮影回数が増加し、作業がやや煩雑なものとなった。作業手順の煩雑さを改善する方法としては、

表2：距離による処理時間への影響

端末の種類	近距離	遠距離
FOMA N900i	8,946[ms]	3,978[ms]
Zaurus SL-C760	58,623[ms]	5,480[ms]

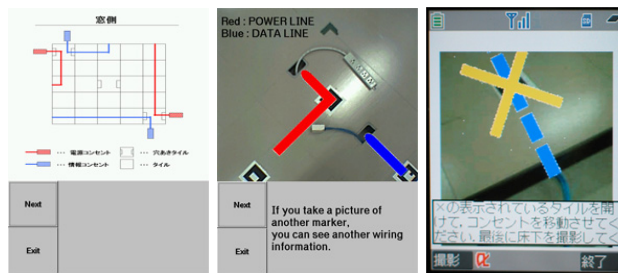


図6：配線全図 図7：床下配線 図8：作業指示

サーバ側で作業手順をプランニングする際に、処理手順をあらかじめ推測し、簡略化した作業手順をクライアントにガイド情報として返す方法が考えられる。しかし、この場合撮影回数が減少してしまい、サーバでの配線管理データベースの整合性が失われてしまうため、監視カメラなどを利用した環境の変化を反映させるための枠組を検討する必要がある。

5. むすび

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。本稿では、その基本アーキテクチャの妥当性を検証するための第1号の試作システムの実装について述べた。試作システムでは、携帯電話とPDAを対象とした床配線サポートシステムを実装し、本方式によるモバイルMR作業が実際に実現可能であることを実証・確認した。

今後の課題としては、より高機能・高性能なウェアラブルPC等の重量クライアント端末を利用したモバイル複合現実感システムの実装が挙げられる。それと同時に、軽量クライアントと重量クライアントを含めた全てのモバイル端末で様々なアプリケーションを設計・実装し、本アーキテクチャの実用性を向上させていく予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、モバイル複合現実感システム、床配線サポートシステムの設計・実装にご協力頂きました関係者各位に深く感謝いたします。

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] 柴田, 橋本, 吉田, 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(1) —基本アーキテクチャとコンテンツ記述方式—, 日本バーチャルリアリティ学会第9回大会論文集, 2004.
 [4] 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.