

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 27 日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23650037

研究課題名（和文） ライブ空間を共有する複合現実アドホックネットワークの研究

研究課題名（英文） Study on Mixed Reality Ad-hoc Networks for Live Space Sharing

研究代表者

高井 昌彰 (TAKAI YOSHIAKI)

北海道大学・情報基盤センター・教授

研究者番号：00206707

研究成果の概要（和文）：

イベント広場やオフィスのプレゼンテーションルームなどで、その場の参集者や往来の人々のスマートフォン端末等を動的に結合してアドホックなネットワークを形成し、ライブ空間の様々な「人の動き」にメッセージをタグ付けしたり、それらを複合現実で視覚的に共有するための基本手法を開発した。本手法をスマートフォン端末等に実装して動作実験を行い、ライブ情報の伝搬と可視化による情報共有がコミュニケーション場の形成に有効であることを示した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we have developed a basic method to associate certain messages with the individual human body motion, and to share the messages visualized in a live space such as an event hall or a presentation room equipped with a projector. We have implemented our method on the smart-phones or Android tablets which can communicate each other through their ad-hoc network. We have demonstrated our system can provide a rich and creative communication environment in live space sharing.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：計算機科学

科研費の分科・細目：情報学，メディア情報学・データベース

キーワード：複合現実感，アドホックネットワーク，すれ違い通信，ライブ情報共有，映像配信，スマートフォン，アンドロイド端末

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンやアンドロイド端末の普及により、セカイカメラや Google goggles など、仮想現実や拡張現実を応用したモバイルアプリケーションが躍進している。しかしそれらの多くはスタンドアロンあるいはネットワーク上のサーバと通信する小規模アプリであり、デスクトップ PC と遜色のないアンドロイド端末やスマートフォンの計算処理能力やメディア・ネットワーク機能を充分に活用するレベルには至っていない。

ある領域内に散在する多数のアンドロイ

ド端末やスマートフォンが直接的に WiFi 通信を行い、自律的にアドホックなネットワークを形成して、協調してリソースやメディアを提供することができれば、ネットワーク全体としてより大きな問題に挑むための基盤を作り上げることが可能になる。

研究代表者らは、これまでスマートフォンとインターネット上のデータベースを連携させた拡張現実コミュニケーションシステムの開発を行ってきた。本システムはカメラの静止画像に対して画像特徴量の抽出と次元圧縮による高速マッチング処理を行い、建

造物や看板等の実世界のオブジェクトにメッセージをタグ付けし、「もの」を契機とするソーシャルコミュニケーションを支援するものである。

しかし、イベント広場やライブコンサートなどの映像ストリームに対するタグ付けやメディア共有を実現するには、従前のサーバ・クライアントモデルだけでは限界があり、アンドロイド端末やスマートフォンが相互に直接通信するアドホックなネットワークと協調的な機能分散が必要である。

本研究の特色は、ある限られた領域内に集まっているアンドロイド端末やスマートフォンがアドホックなネットワークを自律形成し、そこに参集するコミュニティに対して、その場限りのライブ情報の共有機能を提供することにある。性能向上の著しいアンドロイド端末やスマートフォンの新たな応用の可能性を探る上で意義がある。

2. 研究の目的

高精細カメラと GPS・加速度センサーを搭載したスマートフォンの普及により、モバイルかつウェアラブルな仮想現実・拡張現実アプリケーションに必要な環境が急速に社会浸透している。

本研究ではスマートフォンやアンドロイド端末のメディア／ネットワーク機能を利用し、複合現実型のアドホックネットワーク構築とその応用に関する実証的研究を行う。

都市のイベント広場や歩行空間、あるいはオフィスのプレゼンテーションルームなどで、そこに参集しているスマートフォンやアンドロイド端末を自律的に結合してアドホックなネットワークを形成し、ライブ空間の様々なオブジェクト（人の「動き」）にメッセージを紐付けて共有したり、逆にタグ付けされたオブジェクトを可視化することによって、ライブ空間の共有場を契機とするアドホックなソーシャルネットワークの実現を目指す。

3. 研究の方法

(1) プロトコルの基本設計

スマートフォンやアンドロイド端末のアプリケーション開発環境とエミュレータを利用し、無線 LAN アクセスポイントを経由しない端末間の直接的な WiFi 通信を用いたアドホックネットワークを自律形成するプロトコルを設計する。アドホックネットワークの構築にあたっては、近距離のすれ違い通信に加え、端末自身のアクセスポイント機能を使ったインフラモード通信も併用する。

また、ライブ空間のコミュニティでの情報交換・伝搬や情報拡散を制御するための分散アルゴリズムを設計する。端末エミュレータの他に、上記の分散アルゴリズムの設計・評

価のためのネットワークシミュレータもあわせて開発する。

(2) 動作のタグ付けと可視化手法の構築

スマートフォンやアンドロイド端末で撮影されたカメラ映像処理や、それらの端末を持つユーザ自身の身体動作に起因する端末の物理的な動きを検出するための基本プログラムコンポーネントを設計開発する。また、動作に対するメッセージのタグ付けおよび複合現実でのメッセージの可視化と共有手法を構築する。さらに、ソーシャルネットワーク支援アプリケーションに必要なユーザインタフェース機能を設計する。

(3) システムの実装と動作検証

以上のネットワークプロトコル、分散アルゴリズムならびに動作タグ付け・可視化の基本機能をエミュレータ上で実装・動作検証した後、開発したソフトウェアをスマートフォンやアンドロイド端末の実機に移植し、ライブ情報共有の基本機能を実現する。

システムの総合評価のため、イベント会場や室内のプレゼンテーション環境等のライブ空間に複数台のスマートフォンやアンドロイド端末を持ち込んでアドホックネットワークを形成し、ライブ空間コミュニティにおけるソーシャルネットワークを実現する。

4. 研究成果

(1) 2011 年度の成果

① プロトコル基本設計とライブ映像共有

アドホックなネットワークコミュニティにおけるライブ情報共有を実現するシステム基盤技術上の問題点を探るため、ネットワークコミュニティでの情報共有の分散アルゴリズムやデータ通信トラフィックを評価するシミュレータを開発するとともに、異なる複数端末のライブ映像を共有するシステムのプロトタイプを Linux 搭載のカメラ付きノート PC 上に構築した。

また、アドホックなネットワークコミュニティへの参加・退会手続きのための分散アルゴリズムの他、コミュニティに属するユーザ同士が Wi-Fi 通信を介して、自由にライブ映像を撮影・共有・編集・再配信する機能を実現するネットワークプロトコルを開発した。

ソフトウェアのモジュール構成を図 1 に示す。カメラモジュールで撮影・エンコードされた映像は送信モジュールによってネットワークへマルチキャストされる。送られた映像は別ノードのプレビューモジュールと録画モジュールが受信し、ウィンドウへの表示やファイルへの記録を行う。録画モジュールは、受信したデータに欠落があった場合再送要求をデータの送信者に対して送信する。再送要求は送信者端末の再送モジュールが受

け取り、あらかじめ保存しておいた自身のカメラ映像データから対応するデータを選択して再送する。

これらのモジュールとは独立に同期モジュールとコミュニケーションモジュールがある。各端末の同期モジュールはお互いにパケットをやり取りしてネットワークの遅延を計測し、得られた情報を録画モジュールに報告する。遅延情報を得た録画モジュールは各端末のカメラ映像を切り替える際に適切な遅延を与え、映像間の時間差が小さくなるように補正を行う。

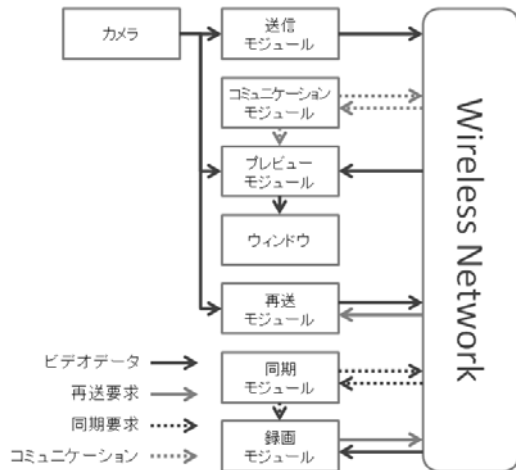


図1 ソフトウェアモジュールの構成

続いて、Linux PC 上に開発された複視点ライブ映像共有システムを、スマートフォンやカメラ付きタブレット PC などのアンドロイド端末のエミュレータ及び実機上に移植し、ライブ情報共有の基盤となる機能を実証的に評価した。ライブ空間のコミュニティを形成する複数台のアンドロイド端末 (Android 3.2) の間で、基本的な画像の連続取り込みとインフラモード通信によって、毎秒 10 フレーム以上の通信品質でライブ映像データを共有できることを確認した。

②動作のタグ付けと可視化

コミュニティ参加者がお互いに目視可能な距離範囲内にいる場合を想定し、仮想的な質量と大きさを持つ「もの」を投げる・受け取るという身体的な動作によって情報受け渡しを実現するため、ジャイロセンサーや方位センサーを内蔵したアンドロイド端末を用いて、ユーザの身体動作によるライブ情報の受け渡しと可視化を実現するミドルウェアを開発した。

投げ動作が行われた際には、その端末の加速度等から行動を推定する。アンドロイド端末に内蔵されているセンサーの値から加速度と角度を求める流れを図2に示す。予め設

定された閾値内に加速度と角度が入った場合に、特定の行動が起きたものと判定する。

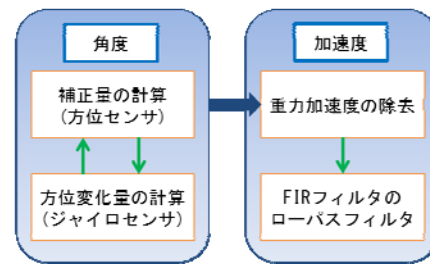


図2 身体動作の検出処理

パワーポイントによる一般的なプレゼンテーション環境でのタブレット端末を用いたシステム動作例を図3に示す。例えば「面白いね」というコメントをタブレット端末に入力後、スクリーン方向へ投げつけることで、発表者のスライド上にそのコメントが直ちに多様なアニメーションで可視化され、ライブ空間で共有される。これによりライブ空間のコミュニケーションをより活性化させることができる。このライブ情報の可視化の成果は学会等でも高く評価された。



図3 プレゼン環境でのコメント投稿の例

(2) 2012年度の成果

①アドホックネットワークの構築

複視点ライブ映像共有のプロトタイプをもとに、Android 4.0 搭載のスマートフォン実機への移植を行うために、ライブ映像共有のシステム基盤におけるデータ圧縮方式を見直し、映像品質の優れた動画像の取り込み及びストリーム配信のためのソフトウェアモジュールを新たに開発した。これにより、可逆圧縮により劣化無しで毎秒 10 フレーム以上の通信速度を有するライブ映像データの共有を実現した。

さらに、アンドロイド端末間のアドホックネットワークの形成において、ネットワークインフラとなるアクセスポイントとサーバの設置を前提としない WiFi Direct 方式を新たに導入することにより、3 台以上のアンドロイド端末相互間での同時接続を実現した。

②ライブ情報の伝搬制御と評価

映像情報に加え、テキストメッセージの交換を主とするライブ情報共有においては、Android以外のOSを有するスマートフォン等に対してまで実装の対象範囲を拡大し、コミュニティに参加する端末間のアドホックネットワークによるすれちがい通信を利用したライブ情報共有システムの開発及び動作実証を行った。

効率的にライブ情報を収集するためには、遠くの古いライブ情報を排除し、近隣の新しいライブ情報のみを収集すればよい。そこで、ライブ情報を載せたメッセージに有効期限を持たせ、そのメッセージをアドホックネットワークの形成・解消を繰り返しながらバケツリレーで伝搬させる(図4)。メッセージの有効時間とホップ数を適切に設定することでメッセージの到達可能範囲をメッセージ発行者の近隣のみ限定し、有効期限が切れた古いメッセージを排除することができる。

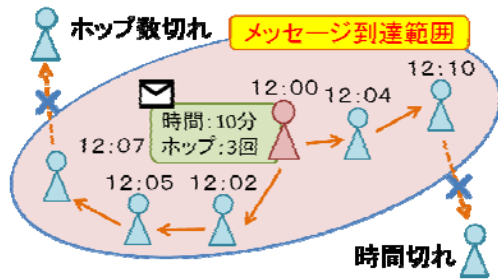


図4 ライブ情報の伝搬

また、すれ違い通信によるライブ情報の伝搬を効果的に行うため、デマ情報を抑制する評価メッセージを導入し、その有効性を実験によって検証した。デマ鎮静化に対する有効性の指標としては騙され率を定義した。騙され率は、デマメッセージを所持し且つそれがデマであることを知らない人の全体に対する割合である。

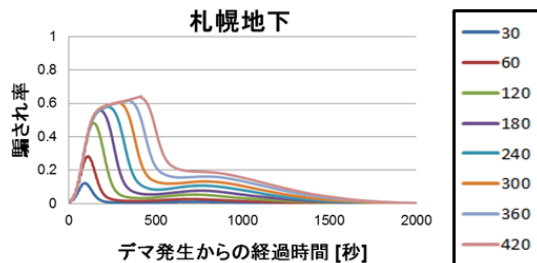


図5 デマ情報の拡散と沈静化

実際の都市空間(札幌市地下街及び地下歩行空間全域)を想定したライブ情報の伝搬を評価するシミュレーション実験の結果例を図5(ここでパラメータは評価メッセージ発

信までの遅延時間)に示す。ライブ空間の構造や人の流れによって情報の拡散や評価メッセージの効果が大きく影響を受けることが明らかとなった。

(3) 今後の展望

プレゼン環境やイベント空間のライブ情報をアドホックネットワークで視覚的に共有することはソーシャルコミュニティを活性化する上で重要であり、特にライブ空間での人の動作にタグ付けされた情報の可視化共有はインパクトのある研究成果といえる。端末機器の計算性能やメディア機能が一層向上することを踏まえ、ライブ情報のクオリティのさらなる向上が今後の課題である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

- (1) 藤田大樹, 高井昌彰: LNS--すれ違い通信で広めるライブ情報--, NORTH インターネットシンポジウム 2013 論文集, 査読有, Vol. 19, 2013, pp.17-18
- (2) 廣野大地, 高井昌彰: アドホックなネットワークコミュニティのための複視点ライブ映像共有システム, 情報科学技術フォーラム FIT2011 論文集, 査読有, Vol. 4, RM-009, 2011, pp.77-82

[学会発表](計7件)

- (1) 藤田大樹, 高井昌彰: スマートフォンを用いたライブ情報共有のためのすれちがい通信システム, 情報処理学会第75回全国大会, 2013年03月06日~2013年03月08日, 東北大学(仙台市)
- (2) 大井悠介, 高井昌彰: プレゼンテーション環境での聴衆の身体動作によるコメント投稿システム, 平成24年度情報処理学会北海道支部シンポジウム, 2012年10月20日~2012年10月21日, 北海道大学(札幌市)
- (3) 藤田大樹, 高井昌彰: すれちがい通信と期限付きメッセージによるライブ情報共有システム, 第11回情報科学技術フォーラム FIT2012, 2012年09月04日~2012年09月06日, 法政大学(小金井市)
- (4) 大井悠介, 高井昌彰: プレゼン環境における聴衆の身体動作に基づくコメント投稿システム, 第11回情報科学技術フォーラム FIT2012, 2012年09月04日~2012年09月06日, 法政大学(小金井市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高井昌彰 (TAKAI YOSHIAKI)

北海道大学・情報基盤センター・教授

研究者番号: 00206707