

平成 31 年 4 月 25 日現在

機関番号：16301
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2015～2018
課題番号：15K16105
研究課題名（和文）教育におけるアドホックネットワークの活用に関する研究

研究課題名（英文）Studies on Utilizing Ad Hoc Networks for Education

研究代表者

遠藤 慶一（Endo, Keiichi）

愛媛大学・理工学研究科（工学系）・講師

研究者番号：10467847

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：タブレット間通信の特性を Wi-Fi Direct と Bluetooth で比較調査した結果、人体による遮蔽の影響を受けにくいなどの理由から、Bluetooth の方が教育現場におけるアドホックネットワークの構築に適していることを示した。また、アドホックネットワークを利用した様々な教育用アプリケーションを試作し、通信の遅延時間や、アプリケーションによる教育支援の有効性などを評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

タブレット同士を直接接続することにより構築されたアドホックネットワークを教育に利用する研究、Wi-Fi Directを利用した実機実験はまだほとんど行われておらず、独創的・先駆的な研究であるといえる。アドホックネットワークをタブレット間の通信に利用すれば、アクセスポイントを設置・設定する必要がないため、金銭的・人的コストを削減できるほか、アクセスポイントの不具合により授業ができなくなる恐れもない。

研究成果の概要（英文）：It is shown that Bluetooth is more suitable for construction of ad hoc networks by comparing the characteristics of communication between tablets using Wi-Fi Direct and Bluetooth. Communication delay and effectiveness of education assistance by the applications utilizing ad hoc networks are also evaluated.

研究分野：教育工学

キーワード：アドホックネットワーク タブレット間通信 スキャッタネット 教育支援 タブレット Bluetooth
Wi-Fi Direct

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、本研究の開始時点までアドホックネットワークやピア・ツー・ピア(以下 P2P) ネットワークに関する研究に取り組んできた。しかし、それまでの研究では、実証実験ではなくシミュレーションや理論的解析により評価を行うことが多かった。研究開始の約4年前から、Wi-Fi Direct に対応した機器の発売が始まり、アドホックネットワークの実証実験を行うための環境が整いつつあったため、大学で近年推進されているアクティブラーニングを主な題材としたアドホックネットワークの基礎研究および実証実験を行うという着想に至った。

アドホックネットワークとは、アクセスポイントなどのインフラを利用せず、ノート PC、タブレット、スマートフォンなどの無線通信が可能な機器同士で直接無線通信を行うことにより構成されるネットワークのことである。

Wi-Fi Direct とは、Wi-Fi アライアンスが策定した無線 LAN 規格であり、Wi-Fi Direct に対応している無線 LAN 搭載機器の間では直接 P2P で通信を行うことが可能である。2010 年 10 月より Wi-Fi Direct 対応機器の認証が始まり、2011 年からは Wi-Fi Direct 対応のタブレット、スマートフォン、ノート PC などが発売されている。

アクティブラーニングとは、教員が学生に対して一方的に知識を伝達するのではなく、双方向型授業、グループ学習、フィールドワークなど、学生の能動的な学習を取り入れた授業スタイルのことである。近年、国内外の大学や高等学校で急速に導入が進み、高い教育効果が確認されている。

2. 研究の目的

本研究の主な目的は、アクティブラーニング等の教育への活用を目的とした、タブレットなどの機器を直接相互接続することにより構成されるアドホックネットワークの最適な構成法について、シミュレーションだけでなく実証実験も行いながら明らかにすることである。たとえば、教室でのグループ学習において活用できる具体的なアプリケーションを考案・開発して、実証実験により評価を行う。

3. 研究の方法

本研究では、まずタブレット間通信における遅延時間等の特性を調べる実機実験を行う。タブレット間で直接通信を行うためには、前述の Wi-Fi Direct のほか、Bluetooth を用いることもできるため、Wi-Fi Direct と Bluetooth の比較も行い、アドホックネットワークの構築にはどちらがより適しているかについて検討する。また、教室内で学生が着席している環境における通信特性を調べる実機実験を行う。

次に、教育用ネットワークアプリケーションを試作し、実証実験による評価を行う。その際には、学生へのアンケートにより教育効果を確認するだけでなく、遅延や通信速度などの測定も行う。大学におけるアクティブラーニングでの利用を想定したアプリケーションだけでなく、小学校における ICT を活用した教育に利用できるアプリケーションなど、様々な教育用アプリケーションを開発し、評価する。

なお、現時点の通信機器や通信技術でアドホックネットワークを構築しても、技術的な制約や性能不足などにより、実際の教育用ネットワークアプリケーションにおける通信には利用できない可能性がある。その場合は、アドホックネットワークにこだわるのではなく、様々な教育用アプリケーションを開発して教育効果などを確認することを優先し、アドホックネットワークを利用した教育用アプリケーションの実現については、今後の通信技術等の進展を待つものとする。

4. 研究成果

平成 27 年度に得られた研究成果は以下の通りである。

(1) 教室内でアドホックネットワークを活用した教育を行うことを想定し、Wi-Fi Direct および Bluetooth を利用したタブレット間通信の遅延特性を調査した。教室環境において 2 台のタブレットの間に着席する人数を変化させる実験などを行ったところ、Wi-Fi Direct による通信は人体により影響を受けるが、Bluetooth による通信は人体によりほとんど影響を受けないことなどが判明した。

(2) 2 台のタブレットを用いて、タブレット間通信の特性を調査した。2 台のタブレットの間で描画画面を共有するペイントアプリケーションを作成し、往復遅延時間を計測する機能も実装して計測を行った。Wi-Fi、Wi-Fi Direct、Bluetooth で比較したところ、Wi-Fi においては手による描画動作が遅延時間に大きく影響するが、Bluetooth においてはほとんど影響しないことなどが判明した。

(3) 7 台のタブレットで Bluetooth 通信によるツリー型のアドホックネットワークを構成し、教室内でタブレット間のマルチホップ通信によるメッセージの送受信が行えることを確認した。また、校外活動におけるアドホックネットワークの活用の可能性を探るために、屋外において約 425m の距離を 6 台のタブレットで繋ぎ、メッセージの送受信が行えることを確認した。

平成 28 年度に得られた研究成果は以下の通りである。

(1) Bluetooth 通信により構成されたアドホックネットワークであるスキャットネットを利用して、グループ学習の成果物を複数のタブレット間で共有することにより、受講者全員が成果

物を詳細に確認できるようにするためのアプリケーションを開発した。また、最大 15 台のタブレットを用いて、送信にかかる時間に関する性能評価を行った。

(2) 受講者がグループを構成して KJ 法による意見整理を行う際に、Bluetooth で接続されたタブレットを 1 人 1 台利用して、タブレット間で画面共有を行うことにより、意見整理を円滑に進めることができるシステムを開発した。また、大学院の授業で実証実験を行い、動作遅延、使いやすさ、利便性などについてアンケートによる評価を行った。

(3) タブレットを用いて計算の演習を行う際に、タブレット間を Bluetooth で相互に接続することにより構成されたスキャットネットを利用して、教員と児童との間で問題の解答を送受信する答案送受信システムを開発した。また、大学生に教員役と児童役を演じてもらうロールプレイを取り入れた実験により、教員が指導を要する児童を机間巡視に比べて早期に発見することができ、児童がどこでつまづいているのかについても早く正確に判断できることを示した。

(4) 通信環境の整備が難しい校外において、Bluetooth 通信によりタブレット間で位置情報の共有を行うことによって、校外での活動を安全に行うことができるようにするアプリケーションを開発した。また、7 台のタブレットを用いて屋外で実験を行うことにより、タブレット間の距離や建物の有無が通信に及ぼす影響について調査した。

平成 2 9 年度に得られた研究成果は以下の通りである。

(1) 前年度に開発した、Bluetooth 通信により構成されたアドホックネットワークを利用して、グループ学習の成果物を複数のタブレット間で共有するアプリケーションの改良を行った。具体的には、データを当面受信する予定のないタブレットに対するポーリングを抑制することにより、データの送受信にかかる時間を短縮した。また、ネットワークポロジの最適化を施すことにより、データの送受信にかかる時間をさらに短縮した。あるタブレットから 14 台のタブレットに対して画像を送信する実験を行ったところ、送信にかかる時間が従来約 8 分の 1 となった。

(2) ICT 機器を用いた教育支援の有効性を調べることを目的として、電気回路の性質に関する実験を模擬的に行うことができるタブレット用アプリケーションを開発した。また、アプリケーション使用前後における児童の理解度調査およびアンケートにより、タブレット用アプリケーションによる教育支援の有効性を評価した。

(3) 道案内を題材として論理的思考力の育成を行うタブレット用アプリケーションを開発した。このアプリケーションは、地図上に示された目的地に到達する手順を組み立てるもので、近年重要性が指摘されているプログラミング的思考の基礎が身に付くことが期待される。アプリケーションを使用する前と後で、児童に論理的思考力を問う問題を解いてもらうことなどにより、アプリケーションの有効性を評価した。

平成 3 0 年度は、ICT 機器を用いた教育支援の有効性を調べることを目的として、以下のようなタブレット用アプリケーションを開発し、教育効果の評価を行った。

(1) 小学生向けのプログラミング学習アプリケーションを開発した。このアプリケーションでは、マップ上を動くキャラクターに対する移動・方向転換命令や、繰り返し動作、条件付き繰り返し動作の書かれたカードを適切な順序に並べて、キャラクターを目的地まで導くプログラムを作成することにより、プログラミングの概念を学ぶことができる。このプログラミング学習アプリケーションによって、プログラミングの基礎となる繰り返し動作などを小学生に理解させることができるか確認するために、このアプリケーションを使用したプログラミングの講座を実施し、タブレット用アプリケーションによる教育支援の有効性を評価した。

(2) 硬貨による代金支払いを題材とした論理的思考力育成アプリケーションを開発した。このアプリケーションでは、与えられた条件を充足する解を模索させることによって、論理的思考力を育成できることが期待される。このアプリケーションを小学生に利用してもらい、アプリケーションを使用することにより解けるようになった問題について調査することや、アプリケーションの操作性などに関するアンケートを実施することなどによって、アプリケーションの評価を行った。

平成 2 9 年度までの研究により得られた知見に基づいて、タブレットによるアドホックネットワークを構築し、相互に直接通信を行うことによって、上記のようなアプリケーションを使用した教育を、Wi-Fi 環境が整備されていない学校においても効果的に実施することができると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Keiichi Endo, Gakuto Fujioka, Ayame Onoyama, Dai Okano, Yoshinobu Higami, and Shinya Kobayashi: "Evaluation of Educational Applications in Terms of Communication Delay between Tablets with Bluetooth or Wi-Fi Direct," Vietnam Journal of Computer Science, Vol. 5, No. 3, pp. 219-227, 2018. DOI: 10.1007/s40595-018-0117-9 (査読有)

Keiichi Endo, Takuya Fujihashi, and Shinya Kobayashi: "Utilizing Tablets in an Ideathon for University Undergraduates," Intelligent Information and Database Systems, LNAI 10751, pp. 169-176, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-75420-8_16 (査読有)

Keiichi Endo, Ayame Onoyama, Dai Okano, Yoshinobu Higami, and Shinya Kobayashi:

"Comparative Evaluation of Bluetooth and Wi-Fi Direct for Tablet-Oriented Educational Applications," Intelligent Information and Database Systems, LNAI 10191, pp. 345-354, 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-54472-4_33 (査読有)

[学会発表](計12件)

沖田 光司, 藤橋 卓也, 遠藤 慶一, 小林 真也: "命令処理の順序性を学習できる小学生向けプログラミング学習アプリケーションの開発," 2019年電子情報通信学会総合大会, 東京, 3月19-22日, 2019.

古森 創人, 藤橋 卓也, 遠藤 慶一, 小林 真也: "代金支払いを通して論理的思考力を育成するアプリケーションの開発," 2019年電子情報通信学会総合大会, 東京, 3月19-22日, 2019.

遠藤 慶一, 北田 亮汰, 藤橋 卓也, 小林 真也: "Bluetooth アドホックネットワークを利用した計算学習支援のための答案送受信システム," モバイルネットワークとアプリケーション研究会(MoNA) 2018年08月研究会, 北海道, 8月2-3日, 2018.

Keiichi Endo, Takuya Fujihashi, and Shinya Kobayashi: "Utilizing Tablets in an Ideathon for University Undergraduates," 10th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS 2018), Dong Hoi, Vietnam, March 19-21, 2018.

西田 亮輔, 遠藤 慶一, 藤橋 卓也, 小林 真也: "論理的思考力を育成するためのタブレット用目的地到達手順組立アプリケーションの開発," 情報処理学会第80回全国大会, 東京, 3月13-15日, 2018.

酒井 辰樹, 遠藤 慶一, 藤橋 卓也, 小林 真也: "高い教育効果を得られる電気回路実験タブレットアプリケーションの開発," 情報処理学会第80回全国大会, 東京, 3月13-15日, 2018.

吉本 幸太, 遠藤 慶一, 藤橋 卓也, 小林 真也: "Bluetooth アドホックネットワークにおける複数タブレットへの画像送信時間の短縮に関する研究," 平成29年度電気関係学会四国支部連合大会, 愛媛, 9月23日, 2017.

Keiichi Endo, Ayame Onoyama, Dai Okano, Yoshinobu Higami, and Shinya Kobayashi: "Comparative Evaluation of Bluetooth and Wi-Fi Direct for Tablet-Oriented Educational Applications," 9th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS 2017), Ishikawa, Japan, April 3-5, 2017.

吉本 幸太, 遠藤 慶一, 樋上 喜信, 小林 真也: "Bluetooth アドホックネットワークを利用した分散型作品画像掲示システムの開発," 情報処理学会第79回全国大会, 愛知, 3月16-18日, 2017.

遠藤 慶一: "アドホックネットワークを利用した教育の実現に向けて," 第9回ネットワークビジョン研究会, 兵庫, 10月21-22日, 2016. (招待講演)

遠藤 慶一, 小野山 紋女, 岡野 大, 樋上 喜信, 小林 真也: "タブレット向け描画画面共有アプリケーションにおける無線通信の遅延特性," マルチメディア、分散、協調とモバイル(DICOMO2016)シンポジウム, 三重, 7月6-8日, 2016.

遠藤 慶一: "教科書乗っ取り作戦," 第14回情報科学技術フォーラム (FIT2015), 愛媛, 9月15-17日, 2015. (招待講演)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。