

## 携帯電話端末上でのアドホック通信機能・アプリケーションの実装と評価 Implementation and Evaluation of Ad-hoc Communication and Application on Mobile Phone Terminals

野一色 裕人<sup>†</sup>  
Yujin Noishiki

横田 英俊<sup>†</sup>  
Hidetoshi Yokota

井戸上 彰<sup>†</sup>  
Akira Idoue

### 1. はじめに

アドホックネットワーク技術の応用により、無線 PAN 技術によるヒトとヒト、モノとモノとが場所・時間を選ばない無線通信の利用範囲が拡大することができる。しかし、アドホック通信には考慮すべきいくつかの課題も残されており、実装・実用化の進捗が十分ではないことが課題の一つとして挙げられる。多くの研究では、シミュレーションによる性能評価を行っているが、実機に実装した上での評価は多くない。しかしユーザの立場から見れば、実機端末での性能評価も同程度に重要と考えられる。また、魅力的なアプリケーションの開発もアドホック通信普及のための重要な課題である。アプリケーションはそれぞれ独自の特性や要求を持つため、実機を利用した評価が経路制御プロトコルと同様に重要と考えられる。

本稿では、実機におけるアドホック通信・アプリケーションの設計と実装を行う。設計方針としてアドホック通信の実現性に注目し、携帯電話端末をプラットフォームとした実装を行う。本実装では、近距離用無線インタフェースとして Bluetooth [1]を利用し、アドホック通信プロトコルスタックとアプリケーションは BREW [2]プラットフォーム上に構築する。ユーザアプリケーションとしては、ファイル共有を実装し、アプリケーションの動作の観点からアドホック通信プロトコルの拡張について提案し、基礎的な評価結果について報告する。

### 2. 設計方針

#### 2.1 端末デバイスの選択

ユーザがアドホック通信アプリケーションを実行する上で最適なプラットフォーム選択についての設計方針として、ポータビリティ、利用可能性、ならびに安全性への配慮に注目する。ポータビリティの方針として、アドホック通信アプリケーションの利便性を向上させるためには、端末デバイスを容易に持ち歩けることが望ましい。ラップトップ PC では常時持ち歩くには適さず、PDA もしくは携帯電話端末程度の端末が望ましい。利用可能性の方針として、ネットワーク構築のためには、ユーザの近くに十分な数のデバイスの存在が必要である。普及の観点からラップトップを含む汎用 PC や携帯電話端末が適していると考えられる。最後に安全性への配慮として、アドホックネットワークでは、ユーザに対し悪意を持った不特定のデバイスが存在する可能性がある。したがって、必要な場合には各デバイスは安全な方法で認証可能なことが望ましい。そのため、セキュアな認証手段とそれを提供するサービスプロバイダ、ならびそれらへの安全な通信手段が必要となる。これらの設計方針を満たす上で、携帯電話端末は最も適した候補の一つと考えられ、それゆえアドホックネットワークの普及のための原動力として大いに期待できる。

<sup>†</sup>(株) KDDI 研究所, KDDI R&D Laboratories, Inc.

一方、携帯電話端末上でのアドホックネットワーク構築の問題点としては、メモリリソース・電力の制限が挙げられる。携帯電話端末は高機能化が進んだとはいえ、ラップトップ PC や PDA などの他のモバイル端末と比較すると無線リソース、電力の面で制約が生じてくることを考慮する必要がある。また、携帯電話端末は複数のプログラムプラットフォームを搭載しているが、搭載されている無線インタフェースを制御できるプラットフォームは限られている。

#### 2.2 通信相手の発見

アドホックネットワークでの経路確立の研究では、通信相手の識別子(IP アドレス等)が既知と仮定しているものが多い。しかし現実では必ずしも相手先の IP アドレスは既知ではない。また、通常、ユーザアプリケーションでは URI などの通信相手の名前情報を用いる。しかしながら、アドホックネットワークにおいては、DNS サーバなどの宛先の名前情報を得る手段を仮定できないことが多いため、宛先の IP アドレスを取得することを含め、通信相手の発見が課題の一つとなる。

本稿では、相手先の発見方法に注目したアプリケーションとして、ファイル共有のような不特定多数との通信を行うものを定義する。ファイル共有アプリケーションの目的は、特定の相手との通信ではなく、不特定の相手を持つファイルなどの情報自体の取得・交換である。そのため、相手先の特定は重要ではないが、その一方で要求する情報とその情報を保持している端末とのマッピングが必要となる。そのため、リソースの限られる携帯電話端末上でのアドホックネットワークへの適用の際には情報とその情報の保持端末のマッピングならびに経路制御が連携して動作する必要がある。

### 3. アドホック通信・アプリケーションの実装

#### 3.1 実装プラットフォーム

本稿での実装では、リンクレイヤ手段として比較的多くの携帯電話端末に搭載されており、かつインフラがない環境を想定したプロトコル仕様となっている Bluetooth を用いた。実装端末の機能諸元を表 1 に示す。実装プラットフォームとしては BREW を用いた。

表 1 実装端末機能諸元

端末名	東芝製 W21T
Bluetooth version	1.1
利用可能 Profile	SPP, HSP, DUN, BIP, OPP, OBEX

#### 3.2 実装スタックと各制御部

本稿では BREW プラットフォーム上に新たにアドホック通信・アプリケーションのための実装スタック(図 1)を開発した。実装スタックは、Bluetooth 通信を制御する無線制御部、経路確立を行うプロトコル制御部、ならびにユー

ザインタフェースやユーザアプリケーション制御部から構成される。無線制御部では Bluetooth 通信を利用した隣接端末との通信を制御し、デバイス探索機能、ブロードキャスト機能、ユニキャスト機能を実装する。本稿で実装した携帯電話端末では、Piconet や Scatternet を実現する機能はサポートされていない。そのため、経路確立で重要な役割を果たすフラッディングの実現が困難である。そこで本稿では、端末同士の一対一ユニキャスト通信を実現する SPP を利用し、擬似的にブロードキャストによるフラッディングを実現する機能を実装した[3]。

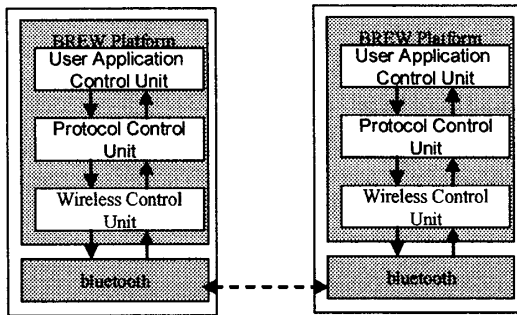


図1 実装スタック

プロトコル制御部では、パケットのフォワーディング機能ならびに経路確立機能を実現する。本稿では既存の IP ベースのアプリケーションなどとの親和性を考慮し、IP スタックの実装を行い、パケットフォワーディングを実現する。経路確立手法として、即時性ならびに効率性を重視し、オンデマンド型の AODV [4]をベースとした手法を実装した。基本となるパスディスカバリ動作は AODV と同様となる。さらに、後述するファイル共有アプリケーションと連携したコンテンツ識別子ベースの経路確立・データ送信を行う拡張を実装した。各コンテンツは一意的に識別できるコンテンツ識別子が設定されているものとし、各端末は共有可能なコンテンツやサービスの情報をコンテンツテーブルに登録する。送信元端末はパスディスカバリの際の RREQ に宛先となるコンテンツ識別子を搭載してフラッディングを開始する。拡張 RREQ を受信した端末は、まず送信元端末への逆方向パスをルーティングテーブルに登録する。さらに RREQ に搭載されたコンテンツ識別子を元に、自身のコンテンツテーブルを検索し、該当するコンテンツを保持する場合は、その情報をオプションフォーマットに搭載した RREP として送信元端末にユニキャスト送信する。該当するコンテンツを保持しない場合は RREQ を再フラッディングする。拡張 RREP をユニキャストする端末では、順方向パスとして宛先への経路をルーティングテーブルに登録する。送信元端末が拡張 RREP を受信すると宛先への経路が確立するとともに、コンテンツを保持する端末の情報が取得できる。

ユーザアプリケーション制御部では 2.2 節で示したファイル共有のアプリケーションを実装した。各端末は自身が持つコンテンツをコンテンツテーブルに登録し、ネットワークを通じて共有を可能とする。コンテンツ発見の際には、プロトコル制御部で示したコンテンツ識別子ベースの経路確立を行い、取得したコンテンツの情報ならびに経路情報に従ってファイル交換を行う。

#### 4. 基礎性能評価

実装について基礎的な性能評価を行った。各結果は 10 回の試行の平均を示している。

##### (1) Bluetooth デバイス探索:

デバイス探索に成功するまでの時間を測定した結果を表 2 に示す。探索時間は隣接端末数に比例しており、1 台の端末発見に約 1 秒が必要なことがわかる。

表2 隣接デバイス探索成功時間

隣接端末数	1	2	3	4
探索時間(秒)	1.1	2.1	2.9	4.3

##### (2) 1 ホップの通信時間

表 3 に 1 ホップでのデータ送信時間を示す。本実験では 100byte の送信データを用いた。総送信時間は約 2 秒となった。このうち、SPP 接続と切断がその大半を占めている。SPP 接続時間は試行ごとにばらつきが大きく、最小は約 0.5 秒、最大は約 6 秒であった。ただし、SPP 接続ならびに切断の処理時間は実装プラットフォーム自体の性能に依存するため、より新しいバージョンの Bluetooth を利用したり、他の実装プラットフォームを用いたりすることで改善される可能性がある。マルチホップの場合の通信時間は 1 ホップでの通信時間の積み上げとなるため、現状では実時間系のアプリケーションの実行は困難と考えられる。一方、今回実装したファイル共有など非実時間系のアプリケーションであれば十分に利用可能と考えられる。

表3 1ホップのデータ送信時間

総通信 時間(秒)	1.98	内訳		
		SPP 接続	データ転送	SPP 切断
		1.89	0.01	0.08

#### 5. まとめ

本稿では、アドホック通信の利便性の面から端末およびアプリケーションに関する設計方針を示し、実装プラットフォームとして携帯電話端末を用いた場合の利点を明らかにした。また設計方針をもとに、アドホック通信プロトコルならびにアプリケーションの実装方法を示した。携帯電話端末を利用したアドホック通信の可能性について明らかにするとともに、ファイル共有型アプリケーションの動作にもとづくアドホック通信プロトコルの拡張について提案と基礎性能評価を行った。

#### 参考文献

- [1] Bluetooth SIG, "Bluetooth Baseband Specification Version 1.1," <http://www.bluetooth.com/>
- [2] BREW, <http://brew.qualcomm.com/brew/en/>
- [3] 野一色裕人, 横田英俊, 井戸上彰, "携帯電話端末上でのアドホック通信・アプリケーションの設計と実装," DICOMO2006, 2006.
- [4] C. Perkins, E. Belding-Royer and S. Das, "Ad hoc On-demand Distance Vector (AODV) Routing," RFC 3561, IETF, 2003.