

M-050

デュアル端末における無線 LAN 省電力待受け方式の実装と評価

Implementation and Evaluation of WLAN Stand-by Mode for Power Saving in Dual-mode Devices

今井 尚樹[†]
Naoki Imai

磯村 学[†]
Manabu Isomura

吉原 貴仁[†]
Kiyohito Yoshihara

1. はじめに

3G と無線 LAN など、複数の通信インタフェース(IF)を具備する携帯電話が普及し始めている。ユーザは広域エリアにおける3G 通信に加えて、ホームネットワークや公衆無線 LAN における高速かつ安価な通信を実行することができる。しかしながら、さらなる普及拡大に向けて、複数の通信インタフェース使用に伴う待受け時間の低減を避けるため、待受け時における無線 LAN の消費電力抑制が課題となっている。IEEE が規定する無線 LAN の省電力モード(Power Save Mode: PSM)を用いても、ARP 等のブロードキャスト通信や、無線 LAN アクセスポイント(AP)からのキープアライブにより、通信の必要性の有無にかかわらず携帯電話の無線 LAN IF が頻繁に起動してしまい、実際には省電力効果を期待できない。そこで、筆者らは 3G と無線 LAN を協調動作させることで、通信に必要な時に限り無線 LAN を起動する方式を検討し、ノート PC 上での実装を進めてきた[1]。今回、従来方式の携帯電話アーキテクチャへの適用について検討し、位置情報を活用した方式を無線 LAN 携帯電話上で実装した。性能評価により、待受け時間と圏外における無線 LAN AP 接続試行に伴う遅延を評価したので報告する。

2. 位置情報を用いた無線 LAN 省電力待受け方式

2.1 移動を伴う端末における従来方式の課題

従来方式[1]では、主として無線 LAN のエリアに在圏する端末を対象としており、通信発生時には無線 LAN IF を起動して無線 LAN AP への接続を試みた上で、接続に失敗した場合は 3G を経由する通信を行っていた。

しかしながら、携帯電話はユーザの移動や外出先のネットワーク環境により、無線 LAN エリアの圏外にいる時間帯が少なからず発生する。このような場合には無線 LAN の圏内/圏外を判断した上で、無線 LAN 圏内であれば無線 LAN を、圏外であれば 3G を即座に使用しなければ、アプリケーションに対する遅延となりユーザ満足度が低下するという課題があった。

2.2 課題解決に向けたアプローチ

2.1 節に示した課題を解決するためには、無線 LAN IF の電源を逐一起動することなく、無線 LAN AP への接続可否を即座に判断する必要がある。そのためには、自端末が接続できる無線 LAN AP が周囲に存在するかどうかを推定できなければならない。そこで本稿では、位置情報を利用して無線 LAN AP への接続性を判断する。携帯電話のアプリケーションが位置測位を行う場合、一般的に GPS を用いることが多い。しかしながら、GPS による位置測位には 10 秒以上かかることや、位置測位で消費される電力の大きさから、通信発生時に毎回 GPS を用いることは不適切である。このような観点から、本稿では個々の無線 LAN AP に初めて接続したときのみ GPS で位置測位を行い、通信発生時には 3G の基地局が定期的に報知する 3G 基地局の位置情報のみを活用する。これにより、GPS に起因する遅延や電力消費を回避することができる。具体的な手法を以下の節で示す。

2.3 考案方式

2.3.1 動作概要

図 1 に提案方式の動作概要を示す。携帯電話は無線 LAN AP ごとに初めて接続した際に、GPS を用いた位置測位を一度だけ実施し、取得した自端末の位置情報を無線 LAN AP の位置情報として接続テーブルに保持する(図 1-①)。無線 LAN の一意性は無線 LAN の MAC アドレスによって判断する。さらに、GPS による位置測位と合わせて、携帯電話が受信する 3G の基地局情報から 3G 基地局の位置情報を抽出し、上述した自端末の位置情報と紐付けて接続テーブルに保持する(図 1-②)。この情報は 3G 基地局が定期的に報知しているものであり、携帯電話は特別な動作をすることなく受信することができる。接続テーブルにおいて、自端末位置情報と 3G 基地局の位置情報の紐付けが複数あっても構わない。携帯電話が通信を行う場合、3G 基地局が報知する 3G 基地局の位置情報を再度抽出し、2.3.2 に後述する手順にし

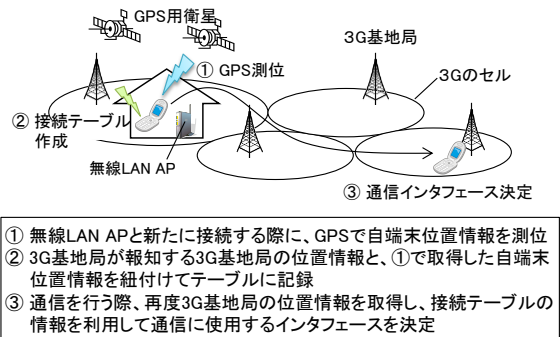


図 1. 動作概要

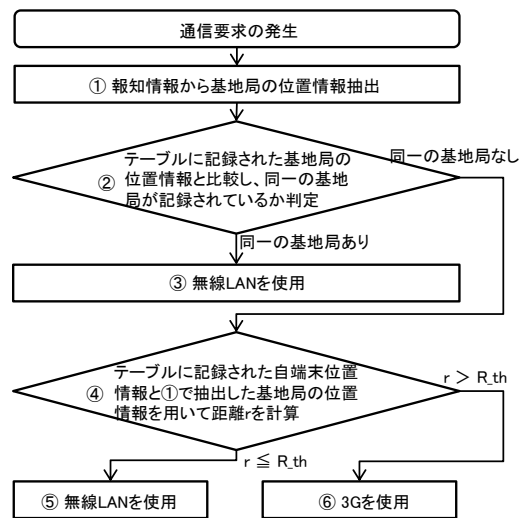


図 2. 使用するインタフェースの決定手順

たがって使用する通信インタフェースを決定する(図 1-③)。

2.3.2 使用する通信インタフェースの決定

本節では、図 2 を用いて使用する通信 IF を決定する手順を述べる。図 1-③のタイミングで、携帯電話は 3G の基地局が報知する情報から、3G 基地局の位置情報を抽出する(図 2-①)。次に、携帯電話が持つ接続テーブルを検索し、同一の位置情報を持つ 3G 基地局が記録されているかどうか確認する(図 2-②)。同一の 3G 基地局がある場合、以前その近辺で無線 LAN 接続を行ったと判断し、無線 LAN での通信を試みる(図 2-③)。同一の基地局がない場合、テーブルに記録された自端末位置情報と、図 2-①で抽出した 3G 基地局の位置情報の距離 r を計算する。現在接続中の 3G 基地局の位置と、以前無線 LAN AP と接続した際の自端末の位置に近い場合、接続テーブルに含まれない 3G 基地局であったとしても、無線 LAN AP に接続できる可能性がある。これは、携帯電話は常に複数の 3G 基地局から電波を受信しているとともに、外部状況に応じて受信電波の状況が時々刻々と変わるためである。 r の大きさに基づいて使用する通信 IF を決定するため、閾値 R_{th} を導入する。 R_{th} への適切な値の設定は、テーブルに記録された自端末位置近辺の 3G のセル半径に依存するが、 R_{th} の決定方法については 5 章で簡単に触れることとし、本稿の対象外とする。 r が R_{th} 以下であれば無線 LAN での接続を試みる(図 2-⑤)。逆に、 r が R_{th} 以上であれば無線 LAN のエリアから離れていると判断し、3G を使用する(図 2-⑥)。なお、図 2-⑤において無線 LAN AP との接続に成功した場合、このときの 3G 基地局の位置情報を接続テーブルに追加する。

[†]KDDI 研究所

KDDI R&D Laboratories Inc.

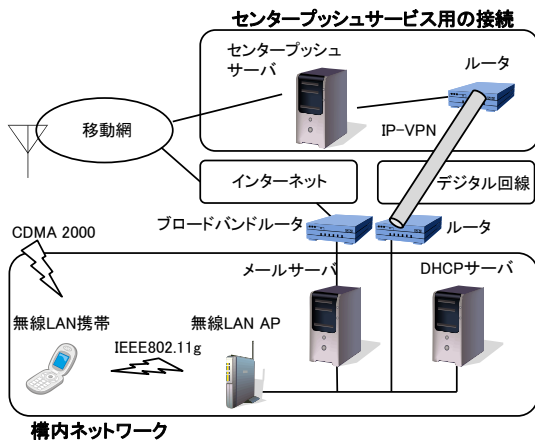


図3. プロトタイプシステムの構成

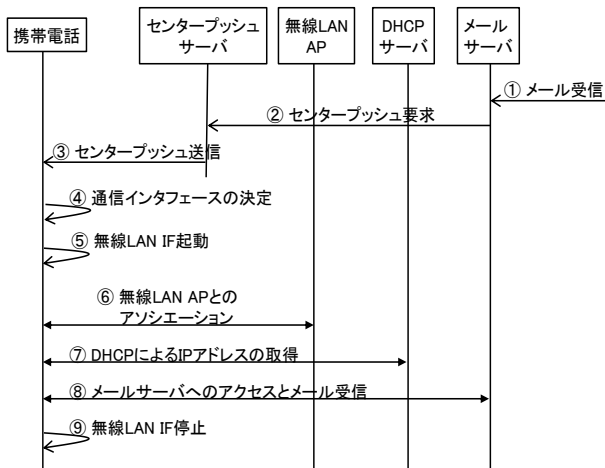


図4. メール受信時のシーケンス

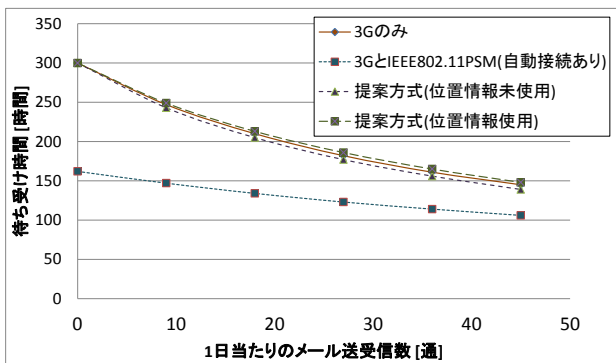


図5. 待受け時間の変化

3. 携帯電話を用いた実装

3.1 プロトタイプシステムの構成

考案方式を携帯電話上の BREW ソフトウェアとして実装した。図3にプロトタイプシステムの構成を示す。構内ネットワークにはメールサーバ、DHCPサーバ、無線LAN AP、無線LAN携帯、ブロードバンドルータ、ルータを接続した。ルータは IP-VPN を経由してセンタープッシュサーバと接続した。携帯電話は、無線LAN および CDMA を経由してメールサーバに接続する。

3.2 アプリケーション

ソフトウェアとして、センタープッシュを受信して無線LANの電源を制御するモジュール、無線LAN APとの接続およびDHCPによりIPアドレスを取得するモジュール、メールクライアントの機能モジュールから構成される BREW アプリケーションを実装した。

図4に本アプリケーションにおいて、携帯電話がメールを受信する際のシーケンスを示す。当該携帯電話宛のメールがメールサーバに到達する(図4-①)。メールサーバはセンタープッシュサーバに対して、センタープッシュ要求を送信する(図4-②)。センタープッシュサーバは携帯電話に対してセンタープッシュを送信する(図4-③)。携帯電話は2.3.2節に示した方法で通信するインタフェースを決定する(図4-④)。ここでは、無線LANを使用するものとし、無線LAN IFを起動する(図4-⑤)。携帯電話は無線LAN APに接続する(図4-⑥)。その後、DHCPを用いてDHCPサーバからIPアドレスを取得し(図4-⑦)、メールサーバからメールを受信する(図4-⑧)。メール受信を完了すると、携帯電話は再び無線LAN IFを停止する。

4. 性能評価

4.1 待受け時間

試作アプリケーション動作時の消費電力を測定し、このデータをもとに1日当たりのメール送受信数を変更させた際の待受け時間を計算した。計算結果を図5に示す。

ここでは、ユーザの行動シナリオとして、1日のうち無線LANエリアに在圏する時間と圏外に移動する時間をそれぞれ12時間とした。ここで移動とは、都市部における4~5キロ程度以上の場所の変更を意味しており、マクロセルにおいて2つ程度以上移動することを想定している。これ以下の移動の場合、位置情報を使用したとしても、位置情報未使用の場合とほぼ同等となる。なお、3Gは常に利用可能とした。通信インタフェース以外に、バックライト点灯による消費電力も考慮した。横軸に示されるメール送受信数は送信数と受信数の合計値であり、送信数と受信数の割合を1対2とした。グラフの凡例中の「自動接続」とは、無線LANの圏外に出たユーザが、その後無線LANの圏内に再度進入した場合に自動的に無線LANに接続する機能であり、ここでは10分に1回無線LAN APをサーチするものとした。

図5より、3GとIEEE 802.11 PSMを併用した場合、3Gのみを用いた場合と比較して待受け時間が大幅に低下しているが、提案方式では3Gのみの場合とほぼ同様の待受け時間となった。具体的には、メール送受信数が全くない(0件)の場合、提案方式は3GとIEEE 802.11 PSMを併用した場合よりも約140時間待受け時間が長かった。また、メール送受信数が45通の場合でも、約30時間待受け時間が長かった。ここで、位置情報を使用した場合、3Gと無線LANを両方用いているにもかかわらず、3Gのみの場合よりも待ち受け時間が長くなるケースが見られた。これは、無線LANを使用することでメールの送信にかかる通信時間が短くなり、待受け時間の延長に貢献するためである。

4.2 無線LAN APサーチに起因する遅延時間

提案方式において位置情報を使用しない場合、ユーザが無線LAN圏外に存在していても、必ず最初に無線LAN APとの接続を試みる。これに失敗した後、3Gを経由してメールを取得することとなる。このため、ユーザ満足度の低下につながると予想される。そこで、メール送受信に係る遅延時間を測定し、明確化した。メール送受信時間の絶対値はメールの大きさに起因するが、無線LAN圏外における無線LAN APのサーチに係る時間はメールの大きさによらずほぼ一定となり、試験環境では約6.2秒であった。メールが小さい場合、同程度の時間で3G経由でのメール受信を完了することもできるため、この時間はユーザの使い勝手に影響があると考えられ、位置情報の利用が望ましいと言える。

5. おわりに

位置情報を用いた無線LAN省電力待受け方式について、携帯電話による実装と性能評価と述べた。考案方式により、3Gと同等の待ち受け時間を維持しながら、無線LANを用いた通信が可能となることを示した。また、位置情報を導入することで、無線LAN圏外における余計な無線LAN APのサーチを減らし、メール送受信に必要な時間を抑えられることを示した。

今後の課題として、閾値 R_{th} の適切な設定が挙げられる。一例としてはGPSや基地局から位置情報を取得した際、場所に応じた R_{th} を自動的に設定するといった手法が考えられる。

最後に、日頃ご指導いただく(株) KDDI 研究所秋葉所長ならびに長谷川執行役員に感謝する。

参考文献

[1] 今井, 磯村, 井戸上, "マルチインタフェースの連携による VoIP 待受け省電力方式," 2009 情処全大, 6D-1, 2009.