

マルチインタフェース連携省電力待ち受け方式の実装と評価

今井 尚樹

磯村 学

吉原 貴仁

株式会社 KDDI 研究所

1. はじめに

複数の通信インタフェース(IF)を具備するマルチモード端末が普及し始めた。特に無線 LAN と 3G のデュアル IF により、高速安価な通信を家庭内で提供するサービスが開始されている [1]。しかし、普及拡大に向けて無線 LAN の消費電力抑制が課題となっている。IEEE が規定する省電力モードを用いても、実際には ARP 等のブロードキャスト通信がデュアル端末を頻繁に起動させてしまい、省電力効果をほとんど期待できない。筆者らは無線 LAN と 3G を連携させ、通信に必要な時に限り無線 LAN を起動して使う方式 [2] を検討している。この際、無線 LAN IF による通信開始までの時間が利便性を左右する。そこで、提案方式のプロトタイプを実装し、消費電力と VoIP セッション構築時間との関係性を評価したので報告する。

2. マルチインタフェース連携省電力待ち受け方式 [2]

図 1 にマルチインタフェース連携省電力待ち受け方式に関するアーキテクチャおよび動作概要を示す。

デュアルモード端末は無線 LAN によりローカルネットワークと、3G によりモバイルネットワークと通信する。ローカルネットワークには DHCP サーバが設置されており、デュアルモード端末に IP アドレスを割り当てる。モバイルネットワークにはデュアルモード端末の IF 起動状態を保持する、IF 管理・通知サーバ (IMN サーバ) と電子メールや VoIP などのサービスを提供するアプリケーションサーバが接続されている。

以下に動作概要を示す。デュアルモード端末は無線 LAN と 3G の IF の起動状態を IMN サーバに登録する (図 1(1))。本稿で扱う IF 起動状態は、無線 LAN のエリアにしながら無線 LAN IF の電源を停止させる deep-sleep モード、無線 LAN IF を通信に使用する無線 LAN モード、3G IF を通信に使用する 3G モードの 3 種類である。以下では本稿が主対象とする deep-sleep モードについて述べる。deep-sleep モードをサポートするアプリケーションサーバにおいて、ユーザ端末への通信が発生した場合、アプリケーションサーバは IMN サーバに対して IF 起動状態を問い合わせる (図 1(2))。IF 起動状態が deep-sleep モードの場合、IMN サーバを介して 3G 経由でデュアルモード端末にイベント発生通知を送信する (図 1(3))。イベント発生通知には、デュアルモード端末が起動すべきアプリケーションの識別子や、アプリケーションに固有の情報 (例: VoIP アプリにおける発信者番号など) を含ませる。イベントを受信するとデュアルモード端末は無線 LAN IF を起動し、ローカルネットワークに接続後、IMN サーバに対して IF 起動状態の更新を行う (図 1(4))。IMN サーバは必要に応じてアプリケーションサーバに IF 状態変更を通知する (図 1(5))。最終的に、デュアルモード端末とアプリケーションサーバ間の通信が開始される (図 1(6))。通信終了後、デュアルモード端末は再度 deep-sleep モードに遷移する。

3. プロトタイプシステムの実装

3.1 全体構成

上述の方式について、VoIP アプリを対象とするプロトタイプシステムを実装した。図 2 に全体構成を示す。本実装では、SMS プッシュ機能を除く IMN サーバ機能と、SIP アプリケーションサーバ機能とを 1 台の統合サーバとして構築した。統合サーバに加えて、デュアルモードとなるラップトップ PC (ThinkPad G50)、IEEE 802.11g 無線 LAN AP、DHCP サーバ、および 3 台のルータを 1 つのローカルエリアネットワーク (LAN) に接続した。通話相手の端末は当該 LAN の外部に接続した。デュアルモード端末への通知は 3G 経由で行うため、KDDI のセンタープッシュサービスを使用した。

3.2 統合サーバの実装

統合サーバの機能モジュール構成を図 3 に示す。統合サーバ

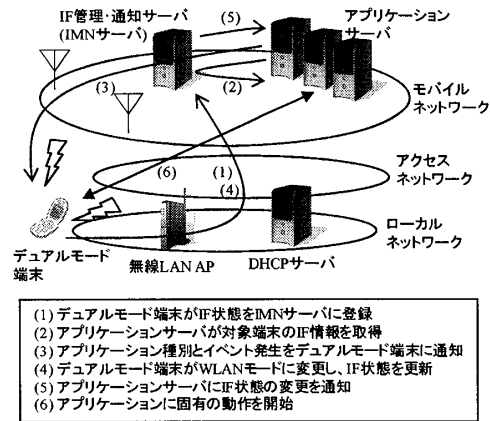


図 1. アーキテクチャおよび動作概要

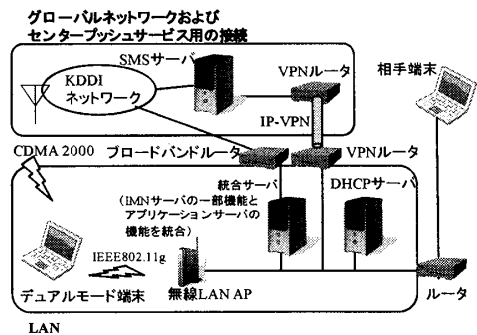


図 2. プロトタイプシステムの構成

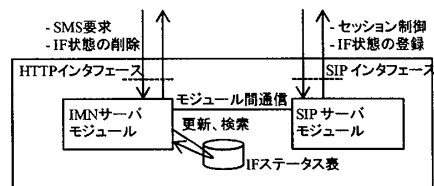


図 3. 統合サーバの機能モジュール

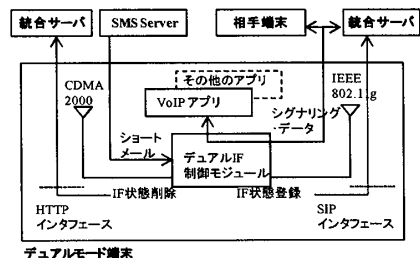


図 4. デュアルモード端末の機能モジュール

は IMN サーバモジュール、SIP サーバモジュール、IF ステータス管理表から構成される。統合サーバは、オープンソースである Asterisk に対して追加機能を実装することで構築した。SIP サーバモジュールは、デュアルモード端末と相手先端末に対して SIP によるセッション制御を行う。加えて、REGISTER リクエストを使用して、デュアルモード端末からの IF 起動状態登録を受け付ける。IF 起動状態は IMN サーバモジュールに通知され、IF

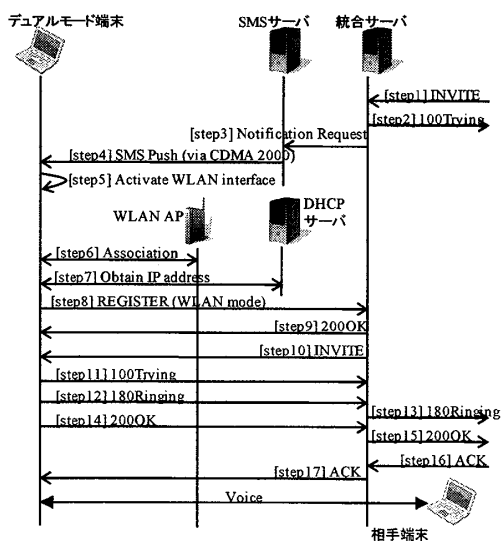


図 5. VoIP 着信時のコールシーケンス

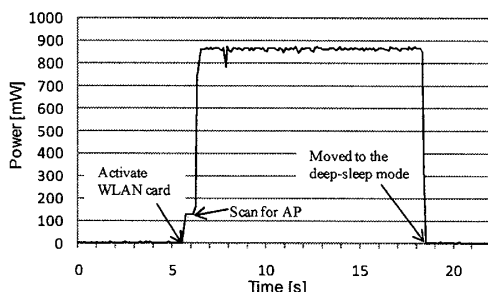


図 6. WLAN インタフェースによる消費電力

表 1. セッション開始時の遅延時間

Operation	Delay	
	Deep-sleep mode	WLAN mode
SMS Push	7.2s	NA
Activate and associate WLAN AP	1.6s	NA
DHCP	2.1s	NA
Update interface status	0.2s	NA
SIP Procedure	0.6s	0.6s
Total	11.7s	0.6s

ステータス管理表にて管理される。デュアルモード端末に対する着信が発生すると、SIP サーバモジュールはデュアルモード端末の IF 起動状態を取得する。SIP サーバモジュールはデュアルモード端末が deep-sleep モードの場合、センタープッシュ通知要求を SMS サーバに通知する。

なお、IMN サーバモジュールは、無線 LAN の圏外に出てしまったデュアルモード端末からの IF 起動状態変更を 3G 経由で受け付ける。プロトタイプでは、グローバルネットワークと LAN 間における SIP レベルのゲートウェイ導入を避けるため、HTTP 通信とした。

3.3 デュアルモード端末の実装

デュアルモード端末の機能モジュール構成を図 4 に示す。VoIP アプリケーションおよび中心機能となるデュアル IF 制御モジュールについて、オープンソースの VoIP クライアントである QuteCom をもとに実装した。デュアルモード端末は、SIP インタフェースを用いて統合サーバに IF 起動状態を登録後、deep-sleep モードに遷移する。SMS サーバからセンタープッシュを受信すると、センタープッシュに含まれるアプリケーション識別子をもとに VoIP アプリの呼び出しであることを認識する。その後、無線 LAN インタフェースを起動して統合サーバに接続し、IF 起動状態を WLAN モードに更新する。これにより、WLAN を経由した VoIP 通話を開始する。

3.4 VoIP 着信時のシーケンス

deep-sleep モードのデュアルモード端末が VoIP 着信の際のシーケンスを図 5 に示す。デュアルモード端末宛での INVITE リクエストを受信した統合サーバは、IF ステータス管理表によりデュアルモード端末が deep-sleep モードであることを把握する (step1-2)。統合サーバは、アプリケーション情報と発信者情報を含むセンタープッシュの送信を、SMS サーバに対して要求する (step3)。SMS サーバはデュアルモード端末に対してセンタープッシュを送信する (step4)。デュアルモード端末は無線 LAN IF を起動した後 (step5)、無線 LAN AP と接続し (step6)、DHCP により IP アドレスを取得する (step7)。その後、IF 起動状態を無線 LAN モードとする REGISTER リクエストを、統合サーバに送信する (step8)。統合サーバは、IF ステータス管理表を更新し、モード変更の完了をデュアルモード端末に通知する (step9)。同時に、保留していた INVITE リクエストを無線 LAN 経由でデュアルモード端末に転送する (step10)。その後、SIP による一連の動作を完了した時点で、デュアルモード端末と相手端末間での音声セッションが開始される (step11-17)。

4. 性能評価

4.1 WLAN インタフェースによる消費電力の測定

デュアルモード端末の PCMCIA スロットに拡張ボードを挿入した。この拡張ボードに無線 LAN カード(Corega WLCB54GSX)を取り付け、無線 LAN カードによる電力消費を測定した。図 6 は、deep-sleep モードだったデュアルモード端末が無線 LAN IF を起動して、VoIP セッションを構築し、通話終了後に再度 deep-sleep モードに戻る際の電力消費を表したグラフである。

最初、deep-sleep モードにあるデュアルモード端末の無線 LAN IF による電力消費はほぼゼロである。デュアルモード端末は約 5.6 秒の時点で無線 LAN IF を起動し、その約 0.8 秒後に無線 LAN AP のサーチを開始している。デュアルモード端末が WLAN モードに遷移し、通話相手との音声通話は、約 860mW 程度の電力を消費していた。その後通話を終了し、約 18.4 秒の時点で再度 deep-sleep モードに戻っている。プロトタイプ上で測定したところ、IEEE 802.11 PSM を使用しない場合の待ち受け時の無線 LAN IF による消費電力は約 800~860mW であり、deep-sleep モードによって待ち受け時の消費電力が大幅に抑えられることが示された。

4.2 セッション開始時の遅延

次に、deep-sleep モードによる着信時の遅延を明確にするため、deep-sleep モードと無線 LAN モードのそれぞれにおいて SIP セッションの構築に必要な時間を測定した。表 1 に結果を示す。合計の遅延は、統合サーバが INVITE リクエストを受信してから (図 5 のステップ 1)、SIP セッションが確立するまで (図 5 のステップ 17) の時間である。測定は 10 回実施した平均値である。なお、無線 LAN モードにおいてはステップ 6 から 9 は実行されない。deep-sleep モードでは WLAN モードと比較して 11.1 秒 (11.7 秒-0.6 秒) の遅延が発生している。プロトタイプでは統合サーバを LAN に設置しており、また収容端末数も少ないため、無線 LAN モードに対する接続遅延は非常に短い。一方で実サービスにおいては、統合サーバがモバイルネットワークに設置され、かつ収容端末数も大幅に増加するため、無線 LAN モードの端末に対する接続遅延も上昇する。結果として deep-sleep モードと無線 LAN モードの間の接続遅延差は短くなると予想される。

なお、DHCP クライアントは Windows 7 のソフトウェアを使用した。当該 DHCP クライアントは、IP アドレスの重複割り当てを防ぐために通信前に 2 秒間のガードタイムを設けている。この時間を省略して即座に通信する DHCP クライアントを用いることで、deep-sleep モードのセッション構築において約 2 秒の時間短縮が可能と考えられる。

5. おわりに

デュアルモード端末における省電力待ち受け方式の実装と評価を述べた。プロトタイプを用いた性能測定を行い、消費電力とセッション構築時間の関係を明確にすることで、提案した deep-sleep モードの WLAN モードに対する長所と短所を示した。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鈴木執行役員に感謝する。

参考文献

- [1] Wi-Fi WIN サービス, <http://www.au.kddi.com/service/kino/wifi/>
- [2] 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 情報学会, 6D-1, 2009.