

FOMA／無線 LAN デュアル端末 N902iL の開発

ドコモが提供している FOMA／無線 LAN デュアル端末として、PASSAGE DUPLÉ サービスで利用されている FOMA N900iL があるが、その後継機の位置付けとして「FOMA N902iL」を開発した。本移動端末で機能拡充を行った操作性、省電力特性や無線帯域使用効率の向上のための新規無線 LAN 機能について解説する。

もりなが やすお すずき かずふみ
森永 康夫 鈴木 一史
しみず せいこ いたがき けんたろう
清水 聖子 板垣 健太郎

1. まえがき

N900iL 発売後、ドコモの IP 電話システムである PASSAGE DUPLÉ（パッセージデュプレ）を導入する企業が増えており、それに伴って、複雑な無線 LAN パラメータの各設定方法の改善、内線利用時の操作性およびキーレスポンスの向上など、N900iL へのユーザからの要求も高まってきた。

本 FOMA／無線 LAN デュアル端末（以下、N902iL）は、そのようなユーザからの機能向上の要求を満たし、移動端末として無線 LAN を利用する際の課題点の改善を行い、よりユーザビリティの高い移動端末を目指し開発を進めた。以下に具体的な開発のポイントを挙げる。

- ・ IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers）規格 IEEE 802.11g^{*1} 対応[1]
- ・ データ通信／音声通信混在環境におけるパケット優先制御
- ・ 通話時間向上（パワーセーブ機能）
- ・ 音声品質確保のための帯域制限制御
- ・ 音声通信ハンドオーバーの時間短縮

・ ユーザ操作による無線 LAN 設定の簡略化

これらの開発において前機種である IEEE 802.11b^{*2} 準拠[2]の N900iL との互換性も十分に考慮し、N902iL/N900iL の混在および IEEE 802.11b/g の混在環境でも利用が可能となるよう開発を行った。

本稿では、N902iL で無線帯域の使用効率や省電力を考慮し、新規に搭載した無線 LAN 機能、およびユーザ利便性を考慮して搭載した新規機能について解説する。

2. N902iL 端末およびネットワークサービス概要

2.1 基本仕様

N902iL の外観を写真 1、基本仕様を表 1 に示す。N902iL は処理速度を向上、そして開発効率化を実現するために、ハードウェアについては N902i、ソフトウェアについては N902iS をベースとすることで、画面表示切替の速度向上を実現し、また電話帳検索操作の向上や無線 LAN プロファイル設



写真 1 N902iL の外観

定の階層の改善を行うことで N900iL 以上の操作性を実現している。無線 LAN 機能については、IEEE 802.11g 対応による通信の高速化、WMM（Wi-Fi MultiMedia）^{*3} 対応による通話品質の向上と同時通話数の拡大、IEEE 802.11i^{*4} 対応[3]による強固な暗号通信を実現している。

IEEE 802.11g エリアは IEEE 802.11b エリアとも併用可能であるため、より汎用性の高いエリア構築を行うことが可能となる。端末構成を要素別に分けた機能ブロックを図 1 に示す。新規開発項目については、図のように各モジュールの各機能を拡張することにより、開発効率化を実現している。な

*1 IEEE 802.11g：IEEE で規定された無線規格。802.11b（*2 参照）と同じ 2.4GHz 帯の周波数を利用し、54Mbit/s の転送速度をサポートする。同じ 54Mbit/s の 802.11a と異なり、802.11b との下位互換性を有する。

*2 IEEE 802.11b：IEEE で規定された無線規格。2.4GHz 帯の周波数を利用し、11Mbit/s の転送速度をサポートする。同じ 54Mbit/s の 802.11g と上位互換性を有する。

*3 WMM：802.11a/b/g 対応製品の相互接続性を保証した Wi-Fi（Wireless Fidelity）において、データ優先処理や省電力機能などを規定した規格。

*4 IEEE 802.11i：IEEE で規定された無線 LAN におけるセキュリティの標準規格。

表1 N902iLの基本仕様

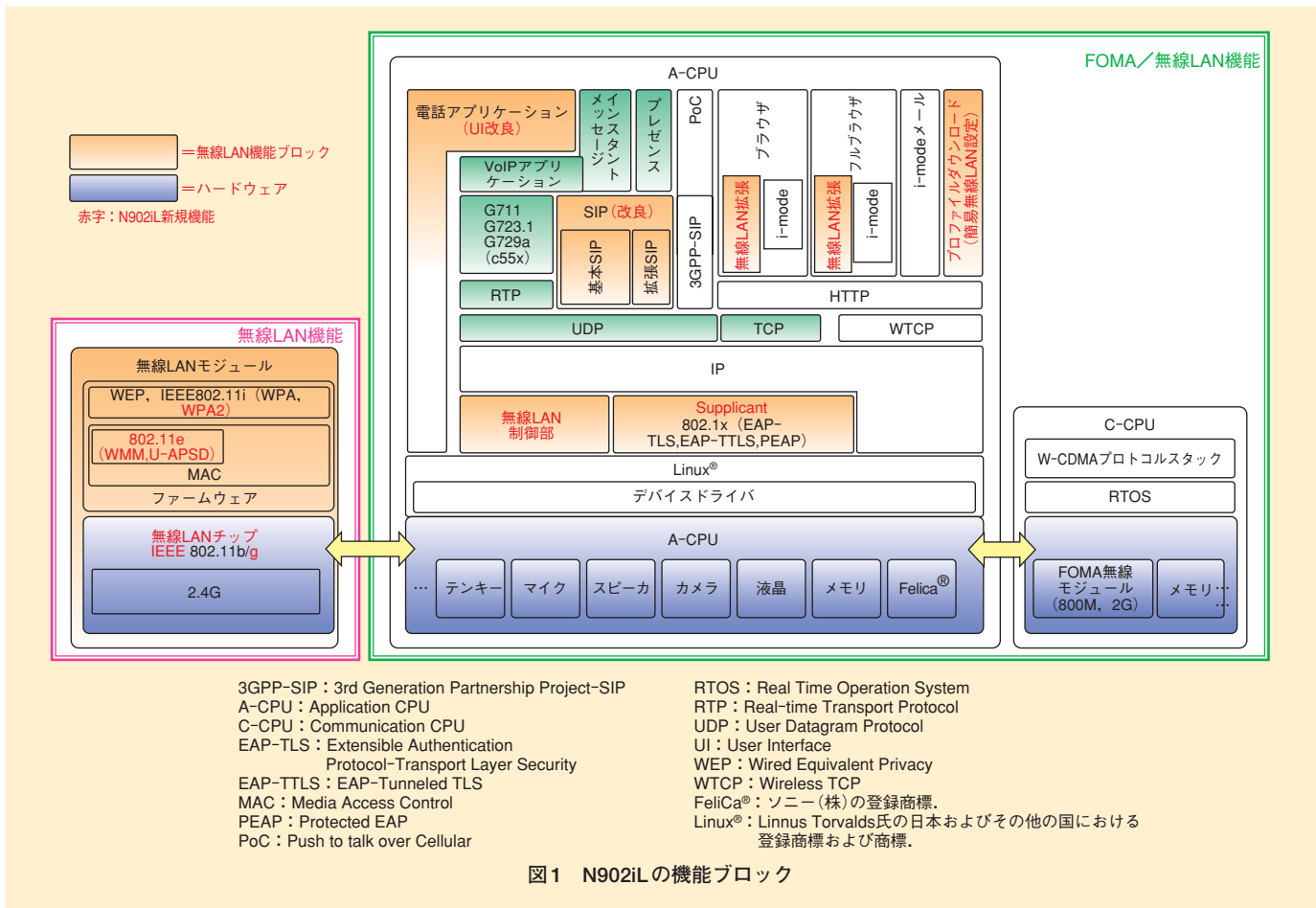
	N902iL	(参考) N900iL
無線周波数帯	(FOMA) 2GHz/800MHz (無線LAN) 2.4GHz	(FOMA) 2GHz (無線LAN) 2.4GHz
サイズ	106×51×25mm	102×48×27mm
質量	約123g	約120g
連続通話時間	約160分 (音声) 約100分 (TV電話) 約250分 (VoIP) ^{※1}	約140分 (音声) 約90分 (TV電話) 約160分 (VoIP) ^{※1}
連続待受時間	約500時間 (FOMA静止時) 約380時間 (FOMA移動時) 約400時間 (VoIP) ^{※1} 約270時間 (DUAL) ^{※1}	約350時間 (FOMA静止時) 約270時間 (FOMA移動時) 約230時間 (VoIP) ^{※1} 約150時間 (DUAL) ^{※1}
液晶	メイン液晶2.5インチ 240×345ドット 背面液晶0.9インチ 120×30ドット	メイン液晶2.2インチ 240×320ドット 背面液晶0.9インチ 120×30ドット
メインカメラ	125万画素 ν Maicovicon [®]	100万画素 スーパーCCDハニカム
無線LAN方式	IEEE 802.11b/g準拠	IEEE 802.11b準拠
無線LAN伝送速度	最大54Mbit/s	最大11Mbit/s

※1 無線LANの電波状況、N902iLおよびアクセスポイントの設定などにより、連続通話時間、連続待受時間は異なる。
 ν Maicovicon[®]: 松下電器産業(株)の登録商標。

お、N902iLの新規開発項目は図中に赤字で示す。

2.2 ネットワークサービスへの対応

ドコモではFOMA/無線LANデュアル端末が利用可能なサービスであるPASSAGE DUPLERのほかに、企業向けのIP電話ソリューションとして、昨年よりビジネスmopera IPセントレックスサービスを開始しており、N902iLもサービスの対象機種である。N902iLを利用した両サービスのシステム構成および利用例を図2に示す。PASSAGE DUPLERでは、導入企業が保有するSIP (Session Initiation Proto-



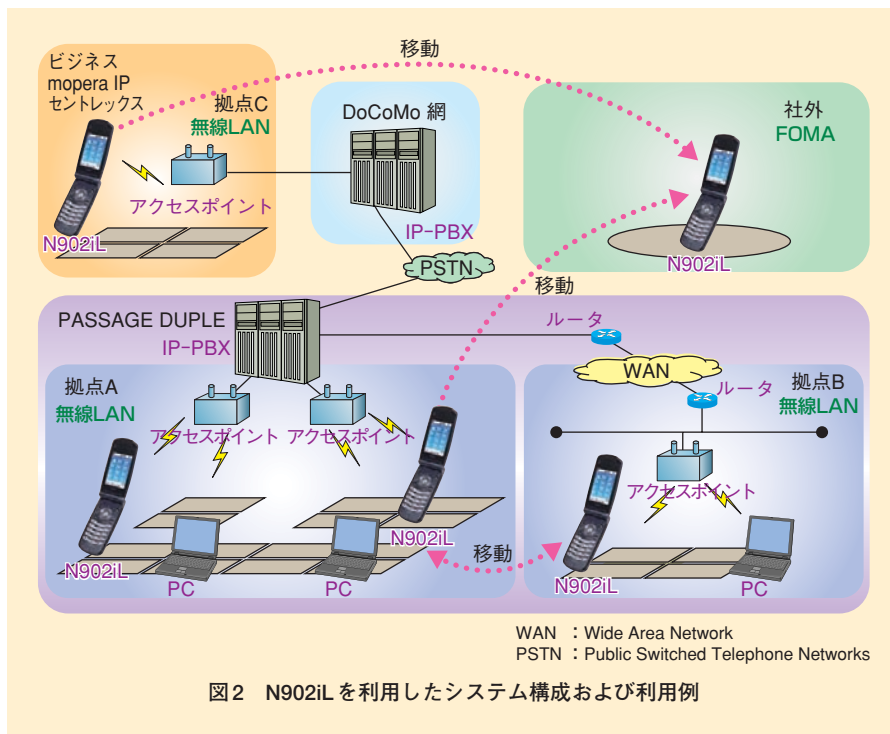


図2 N902iL を利用したシステム構成および利用例

col)*⁵サーバ（IP-PBX（IP-Private Branch eXchange））を使用し、ビジネス mopera IP セントレックスでは、ドコモ側が SIP サーバ（IP-PBX）を運用することにより、社内では IP 内線電話、社外では FOMA としてシームレスに利用できる。なお、N902iL では、図のような複雑なシステム構成でも、i-mode を利用したプロファイルダウンロード機能により、簡単に無線 LAN 設定を行うことができる。

また、ドコモのネットワークサービスである電話帳お預かりサービスを拡張し、ユーザの移動端末に保存された電話帳の SIP アドレス、無線 LAN ブラウザ用 URL をお預かりセンターにバックアップすることが可能となっている。

3. 無線 LAN 機能詳細

N902iL では、以下の各機能を実現している。

3.1 QoS 機能

無線 LAN による VoIP（Voice over IP）^{*6}通話は、データ通信との混在環境では通話品質が劣化することが知られている。

データ通信パケットと VoIP 通話パケットとを混在させた場合、IEEE 802.11 ^{*7}[4]に規定されている従来のパケット送信手順では、両パケットの送信優先度が等しいため、VoIP 通話パケットが送信機会を得られず、遅延やパケットロスが発生することがある。N902iL では、本課題を解消し安定した音声品質を確保するため、アクセスポイントと連携した、より高度な WMM に準拠したサービス品質（QoS：Quality of Service）機能を搭載した。WMM における QoS の制御イメージを図3に示す。

①優先度設定

送信するパケットのデータ種別

（アクセスカテゴリ）ごとに優先度を設定する。N902iL での優先度設定は、上りパケット（移動端末からの送信パケット）については、音声パケットと呼制御パケットが最優先の音声データとして、それ以外のパケットに関してはベストエフォートデータとして設定される（図3(a)）。

②送信機会

あらかじめ N902iL とアクセスポイントそれぞれに保持された送信機会設定に従い、自端末にて音声などの優先度の高いパケットから送信する（音声パケットなどは送信機会が多い）（図3(b)）。

③送信タイミング

優先度ごとに CW（Contention Window）サイズを設定し、優先度の高いパケットがより早いタイミングで送信される。CW サイズは各パケットの送信機会にランダム性を持たせるもので、値が小さいほど送信機会が得やすく、優先度の高いパケットほど小さい値を使用する（音声パケットは他の PC などからのデータパケットよりも早く送信される）（図3(c)）。

上りパケットに対し、下りパケット（移動端末が受信するパケット）では、アクセスポイントがパケットの優先度を判断し、送信優先度を設定する。アクセスポイントはネットワーク側から受信する IP ヘッダ部の ToS（Type of Service）^{*8}値の設定や、プロトコル種別を識別し、優先度設定を行う。

本機能の搭載により、無線区間において VoIP 通話パケットをデータ通信パケットより優先して送受信することが可能となり、データ通信との混在環境に

*5 SIP：VoIP（*6 参照）を用いた IP 電話などで利用される。IETF（Internet Engineering Task Force）で規格化された通信制御プロトコルの1つ。

*6 VoIP：音声をパケット化し、IP ネットワーク上で通常の回線交換方式同様、リアルタイムに伝送する技術。

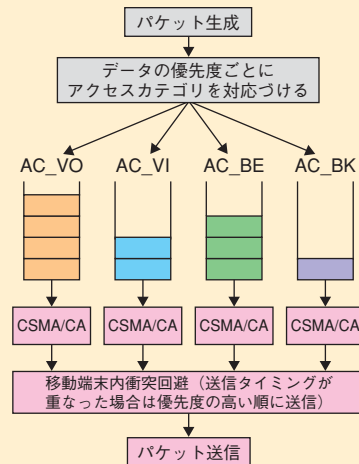
*7 IEEE 802.11：IEEE で規定された無線規格、無線 LAN 通信の基礎となる通信方法や無線変調方式、省電力方法などを規定した

国際標準規格。

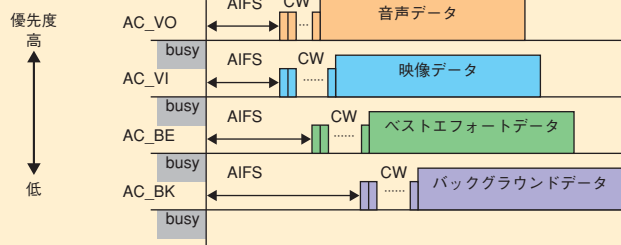
*8 ToS：IP パケットのヘッダ中に含まれるフィールドの1つ。QoS 制御のために、パケットの優先度を指定するもの。

優先度	アクセスカテゴリ	N902iLの送信パケット
高 ↓ 低	AC_VO	・音声パケット ・呼制御パケット
	AC_VI	
	AC_BE	・上記以外のパケット
	AC_BK	

(a) 優先度設定



(b) 送信機会



(c) 送信タイミング

AC_VO: 音声用 AC_BE: ベストエフォート用
AC_VI: 映像データ用 AC_BK: バックグラウンドデータ用
AIFS (Arbitration Inter Frame Space): フレーム送信間隔,
CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance):
パケットが無線で衝突しないよう送信タイミングを調節する制御。

図3 QoS制御

においても高品質な通話を実現している。

3.2 パワーセーブ機能

無線LANを搭載した移動端末では消費電力の軽減が課題となる。本課題を解決するための機能がパワーセーブ

機能である。パワーセーブ機能は、データ送受信がない時に移動端末をスリープ状態にすることで消費電力を抑える機能である。

N902iLでは近年IEEE 802.11e^{*9}[5]により標準化が行われた省電力方式で

あるU-APSD (Unscheduled-Automatic Power Save Delivery) 機能を採用した。U-APSD機能は、データ転送時の通信品質を維持しながら消費電力を抑えることができる優れたパワーセーブ機能である。

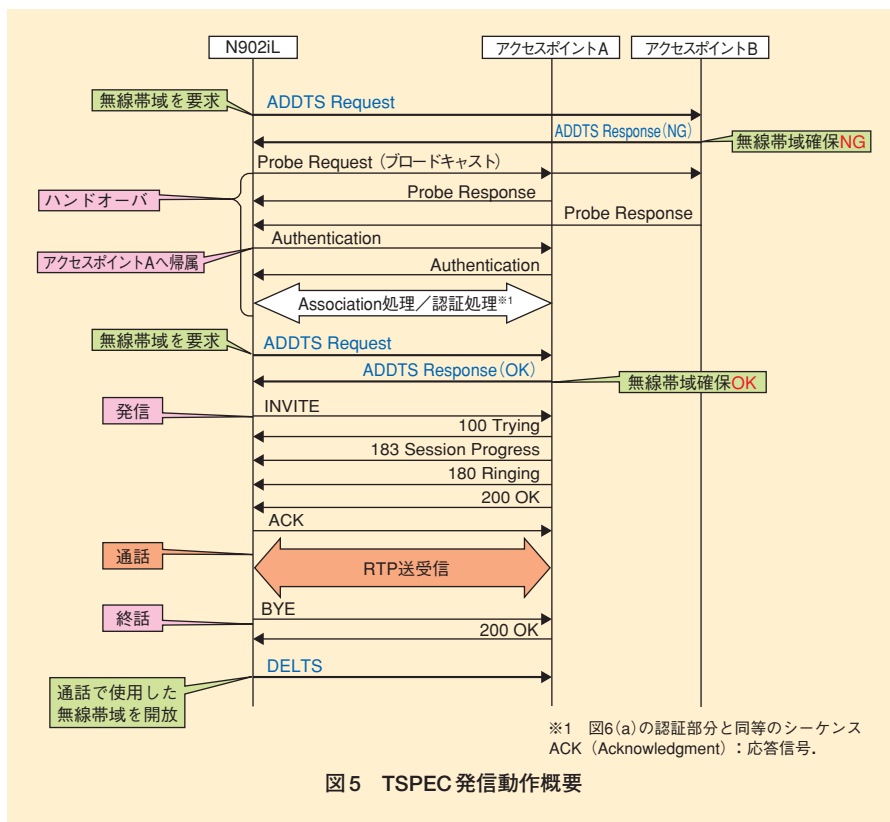
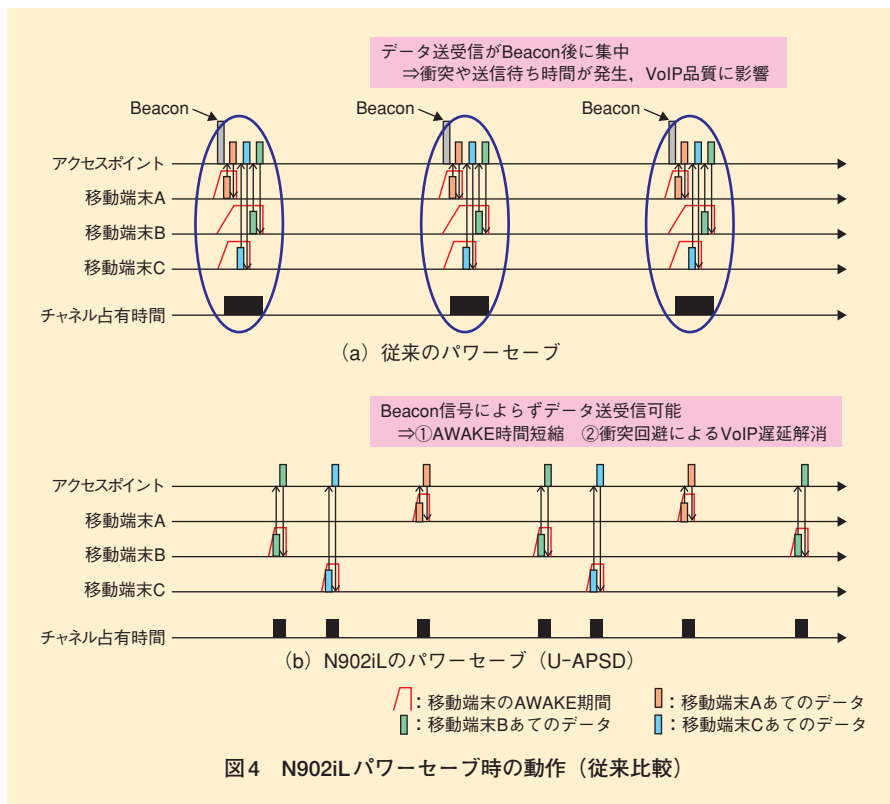
パワーセーブ機能の具体的な動作を図4に示す。従来のパワーセーブ機能では、アクセスポイントから送信されるBeacon^{*10}により移動端末が受け取るデータの有無を通知され、それに従い送受信を行っていた。そのため、Beacon直後にデータの送受信が集中し、複数の移動端末が同時に通信する場合に、パケットが衝突し、VoIP通信遅延を生じるケースがみられた。U-APSD機能では、移動端末から任意のタイミングで送信される信号を契機にデータの受信を行うことで送信タイミングを分散させ、パケット衝突を回避し、従来よりも効率的な無線帯域利用およびVoIP通信遅延の解消を実現した。同時に、移動端末のAWAKE時間^{*11}の短縮が可能となり、連続通話時間を向上させることができる。この効果はアクセスポイント当りの帰属端末台数が増えることによって、なお顕著に現れる。

3.3 CAC 機能

CAC (Call Admission Control) 機能とは、1台のアクセスポイントで通話可能な移動端末の台数を制限する機能である。無線LANを利用した通信においては、同時に通信する移動端末が多くなるほど無線帯域が輻輳し、送信遅延や無線でのパケットロスが発生する。VoIP通信において、これらの遅延やパケットロスは音声品質を著し

*9 IEEE 802.11e: IEEEで規定された無線LANにおけるQoS技術とセキュリティ技術の拡張を行う標準規格。

*10 Beacon: 本稿では、無線LANにおいてアクセスポイントから一定間隔で送信される同期パケットデータのこと。このデータが届く範囲の無線LAN端末にアクセスポイントの存在および移動端末へのデータ有無を知らせている。



く劣化させる要因となる。N902iLはTSPEC (Traffic SPECification)^{*12}によるCAC機能を搭載することで、この輻輳を回避し良好な音声品質確保を可能とした。

TSPECを利用した発信動作概要を図5に示す。移動端末は発信前にADDTS (ADD TSPEC) Request^{*13}を送信し、通話に必要な無線帯域をアクセスポイントに要求する。アクセスポイントは、ADDTS Response^{*14}を送信し無線帯域の使用可否を応答する。アクセスポイントが通信許可を出した場合のみ、移動端末は発信可能となる。通話終了時には、使用した無線帯域をDELTS (DELeTe TSPEC)の送信により開放する。帯域要求時、輻輳などの理由で無線帯域が確保できない場合、移動端末は発信を拒否されるため、無線帯域が確保可能なアクセスポイントを検索する。

これらの手順により、移動端末は帰属していたアクセスポイントで輻輳が発生した場合にも、より良好な通話が可能なアクセスポイントを自動で選択できる。

3.4 高速ハンドオーバー

無線LANによるVoIP通信において、ハンドオーバー時、品質に影響する音途切れが発生することがある。N902iLは、IEEE 802.11iで規定されているPMKSAcache (Pairwise Master Key Security Association cache) 機能を実装することにより、エリアの移動を伴う通話においても、高速なハンドオーバーを実現することで音途切れを防ぎ、高品質な通話を継続させることを可能とした。PMKSAcache機能とは、移動端末がWPA2 (Wi-Fi Protected

*11 AWAKE時間：省電力制御であるパワースーブ動作時、データ送受信のために電流を消費している状態のこと。データの送受信がないときは、電流消費を抑制したDoze状態になる。

*12 TSPEC：WMMによって定義された帯域制御方法。アクセスポイントが無線帯域を管理し、移動端末からの通信要求に対して通信可否の応答をする。通信台数が増えることによる通信品質劣化を防ぐことが可能。

Access 2)^{*15} 認証で動作時、認証に必要な鍵（以下、PMK）をアクセスポイントと移動端末がそれぞれ保持し、一度帰属したことがあるアクセスポイントに対して再帰属する際の認証を省略することで、ハンドオーバー時間を短縮する技術である。

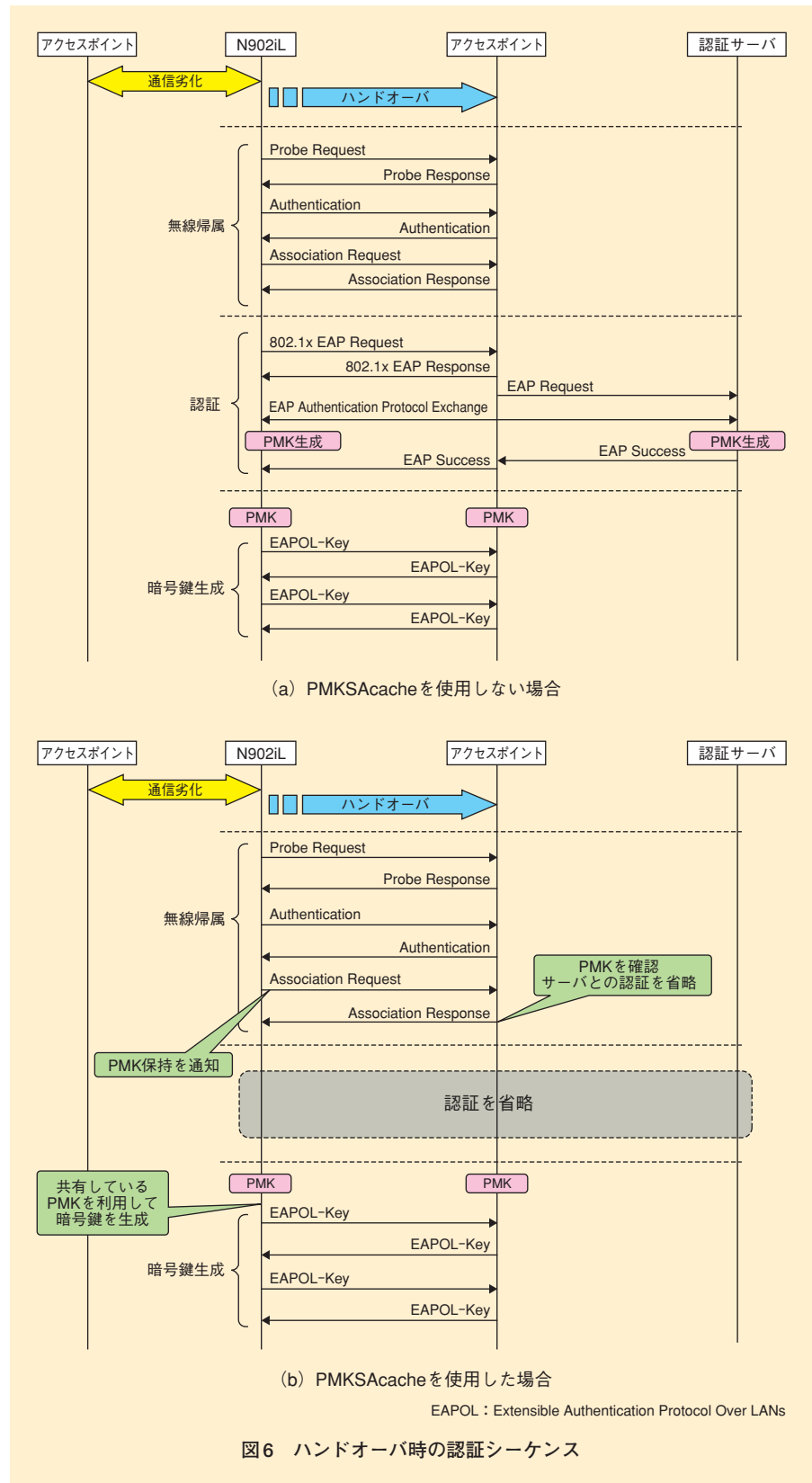
WPA2認証において、PMKSCacheを使用しない場合、使用した場合のハンドオーバー先での認証シーケンスを図6に示す。

移動端末およびアクセスポイントは、WPA2認証時、PMKを生成する。通常のハンドオーバーでは、一度帰属したアクセスポイントに対しても再度PMKを生成する必要がある（図6(a)）。そのため、ハンドオーバー時の認証に時間がかかり、音途切れ発生の原因となっていた。

N902iLにて実装したPMKSCache機能を使用する場合、一度生成したPMKはメモリ内にキャッシュされる。移動端末はPMKを複数保持することが可能である。一度WPA2認証で帰属したアクセスポイントに対しては、無線帰属時にPMKを保持していることを帰属対象のアクセスポイントに通知することで、認証サーバとの相互認証手順を省略する（図6(b)）。これにより、ハンドオーバー時間の大幅な短縮が可能となり、エリア変更を伴う通話の品質劣化を軽減した。

3.5 UPnP 機能

SIPを用いたVoIP通信では、送信元のIPアドレスをパケットのデータ部分にも使用するが、ルータのNAT（Network Address Translation）^{*16} 処理によりヘッダの一部が書き換えられて



* 13 ADDTS Request : TSPEC利用時、移動端末からアクセスポイントに対して送信される、通信要求信号。

* 14 ADDTS Response : ADDTS Requestを受信したアクセスポイントが、通信可否について移動端末に対して送信する応答信号。

ADDTS Request受信時の無線帯域に余裕があれば許可、なければ拒否を通知する。

* 15 WPA2 : Wi-Fiにおける無線LANセキュリティ方式の規格、IEEE 802.11iに準拠し、WPAとの下位互換性を有する。

* 16 NAT : 独立した2つのネットワークにおい

てパケットのIPアドレスを変換すること。

しまうためサーバ側ではIPアドレスが一致せず、正常な通信ができなくなるという課題がある。N902iLでは、UPnP（Universal Plug and Play）機能を実装することにより、ポートマッピング要求によるNATを超えたVoIP通信を行うことを可能とした。

UPnP機能の基本動作を図7に示す。IPアドレスを取得した移動端末は、ネットワーク上のデバイス（以下、ルータ）に自端末が接続したことを伝えた後、LAN環境上のルータ検索を行うことでルータの所在を特定し、機器どうしで利用可能な機能などの能力通知を行う。その後、移動端末は送信するデータのあて先としてルータにグローバルIPアドレス付与の要求を行い、NATを超えるためのグローバル／ローカルIPおよびポート番号のテーブルをルータに認識させるための要求を行う。もし、ルータの状態に変化があった場合はルータより接続状態の更新通知を受けることで、ルータの状態を監視可能となる。

本機能により、移動端末がVoIP通信を行う際でも、ルータにてアドレスの変換を行いNAT超え（NATトラバース）が可能となった（図8）。

4. ユーザ利便性の向上

4.1 プロファイルダウンロード機能

無線LANに接続し、VoIP通信やブラウジングを行うためには多くのパラメータをN902iLに設定する必要がある。端末画面上からも手動で設定可能であるが、煩雑な操作を伴うため、設定誤りにより通信ができないケースも発生する。N902iLでは、無線LAN設

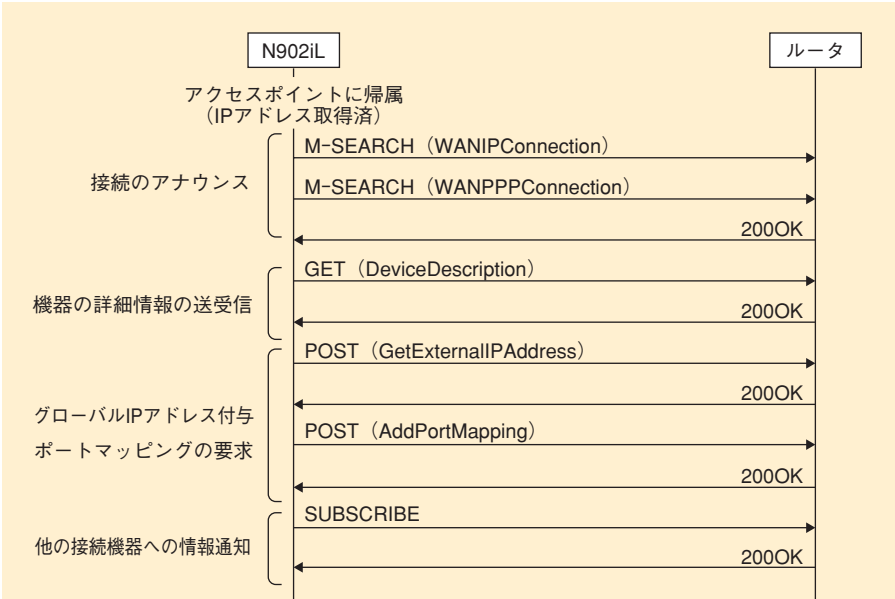


図7 UPnP 機能基本動作

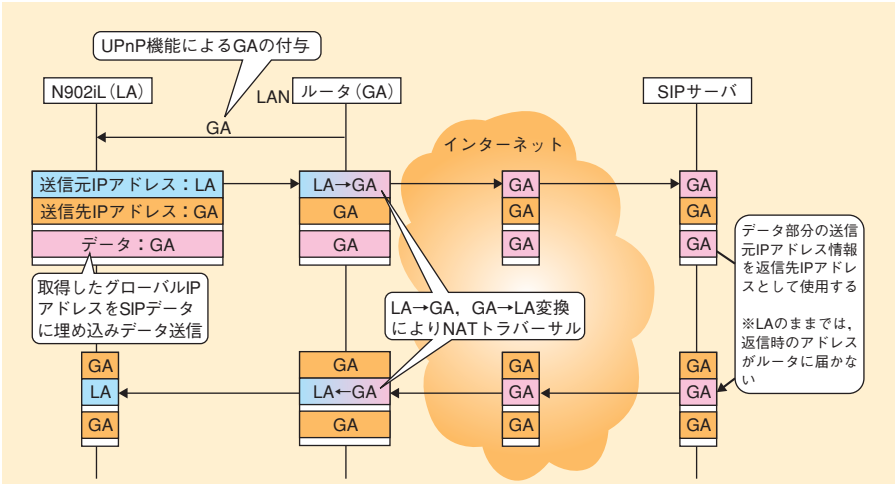


図8 UPnPによるNATトラバース動作

定をネットワークからダウンロードすることで、ユーザによる設定を簡略化する仕組みを搭載した。具体的には、ネットワーク管理者などサーバ運用者が無線LAN設定ファイル（プロファイル）を作成し、それを利用する各ユーザがブラウザ経由でファイルをダウンロードすることで簡単に無線LAN

設定ができる。

4.2 無線LANブラウザ機能の拡充

N902iLでは無線LANのフルブラウジングに新規対応した。PC向けのホームページを端末画面上でも閲覧可能とする機能であるが、従来搭載されて

表2 ダウンロードコンテンツのDRM条件

メニュー項目	通信条件	ダウンロード	再生制限 (iモーション/ ムービー)	再配布 不可制限	UIMによる 閲覧制限
i-mode フルブラウザ	FOMA通信 (i-mode)	可能	有	有	有
無線LAN フルブラウザ	無線LAN通信 (UIM挿入)	可能 (一部のコンテンツを 除いて、i-mode同等)	有 (i-mode同等)	有 (i-mode同等)	有
	無線LAN通信 (UIM未挿入)	可能 (一部のコンテンツを 除いて、i-mode同等)	有 (i-mode同等)	有 (i-mode同等)	無

いるi-modeフルブラウザ機能よりも、より高速なインターネットブラウジングが可能である。ただし、移動端末の能力に応じたコンテンツの取扱いを整理する必要がある。N902iLでは無線LAN経由で取得したコンテンツの取扱いを、i-modeで実現するDRM (Digital Rights Management)^{*17}と同等のセキュリティポリシーにて実装し、コンテンツ保護を実現した。具体的には、ファイル形式・容量によるダウンロード制限、動画の再生時間・再生期限に対する制限、保存したファイルの再配布制限およびダウンロードしたファイルとUIM (User Identity Module) 情報を関連づけ、UIM挿入/未挿入による閲覧制限を行った。ダウンロードコンテンツの取扱いにつ

いて表2に示す。

また、動画の再生については、無線LANの特性を活かし、ベース機となるN902iSのストリーミング再生の上限である2Mbyteを拡張し、400Mbyteまでの動画を再生可能とした。これにより法人ユーザがデモンストレーション用の動画ファイルなどをサーバに保存し、イントラネットを経由して端末画面上で閲覧することができるなど、ユーザの利便性向上および利用シーンの拡張を図った。

5. あとがき

N902iLは、N900iLの後継機として、パワーセーブ機能による省電力対策、QoS機能による音声品質の確保などにより利便性の高い移動端末を目指して

開発を進めた。今後はさらなる利用範囲の拡大を目指した新規機能検討を行っていく。

文 献

- [1] Wireless LAN “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band,” IEEE Std 802.11g, 2003 Edition.
- [2] Wireless LAN “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band,” IEEE Std 802.11b, 1999 Edition.
- [3] Wireless LAN “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Amendment 6 : Medium Access Control (MAC) Security Enhancements,” IEEE 802.11i, 2004 Edition.
- [4] Wireless LAN “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications,” IEEE Std 802.11, 1999 Edition.
- [5] Wireless LAN “Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications : Amendment : Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service,” IEEE 802.11e/D13.0.

^{*17} DRM : デジタルコンテンツの著作権を保護するために、再配布制限や不正コピー防止などの管理を行う機能の総称。