

無線IPアクセスネットワークの研究

山形 文啓[†] 福田 啓一^{††} 小熊 博^{†††} 亀田 卓^{††}
坪内 和夫^{††}

Wireless IP Access Network

Fumihiko YAMAGATA[†], Keiichi FUKUDA^{††}, Hiroshi OGUMA^{†††}, Suguru KAMEDA^{††}, and Kazuo TSUBOUCHI^{††}

Abstract We have proposed wireless internet protocol(IP) access network. The network consists wide area coverage wireless access system and broadband wireless access system. Mobile terminals are moved and connected each access system.

In this work, we investigate following points. At first, we measured 1Mbit/s coverage on wireless local area network (WLAN) and FLASH-OFDM. The coverage on WLAN and FLASH-OFDM were 50m and 1km, respectively. Next, we have proposed handover method for WLAN network using the movement notification packet and buffered packet forwarding. No packet loss was measured. At last, we proposed roaming method for different access system such as WLAN and FLASH-OFDM. The method was implemented and well worked.

As results, the proposed access network has a potential for being used to the wireless IP access network.

Keywords TCP/IP, WLAN, handover, roaming

1. 序 論

本研究では、IP(Internet Protocol) ベース無線アクセスシステムのサービスエリアの広域化と伝送速度の高速化をターゲットとし、1km 級カバーエリアの広域アクセス無線規格を用いてサービスエリアを確保し、100m 級カバーエリアの高速アクセス無線規格を組み合わせたネットワークを提案した。また、その実現のため、以下の検討を行った。

(1) 無線 IP アクセスシステムエリア評価

高速アクセス無線規格の例として IEEE802.11g [1], 広域アクセス無線規格の例として米 Qualcomm 社製の FLASH-OFDM を取り上げ、サービスエリアの実測による評価を行った。

(2) 同種システム間ハンドオーバー

高速アクセス無線規格基地局間の、基地局切り替え手法の検討を行った。

(3) 異種システム間ローミング

広域アクセス無線と高速アクセス無線基地局間で、基地局切り替え手法の検討を行った。

2. 無線 IP アクセスシステムエリア評価

2.1 無線 LAN サービスエリア評価

測定は以下のようにして行った。アクセスポイントと FTP(File Transfer Protocol) サーバを東北大学電気通信研究所 IT-21 センタ 2 階廊下に設置し、アクセスポイントと FTP サーバを有線 LAN(Local Area Network) ケーブルで接続する。移動端末は手に持って移動し、各測定点において静止してスループットを測定した。測定値は FTP サーバから 1.8Mbyte のファイルを 3 回ダウンロードした平均スループットである。利用した無線 LAN は IEEE802.11g である。アクセスポイントのアンテナ高は 8m, 移動端末のアンテナ高は 1m である。

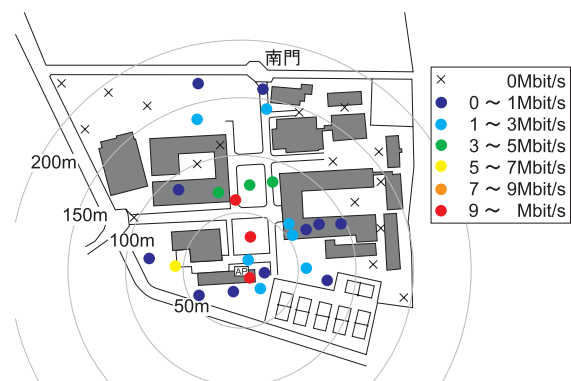


図1 無線 LAN スループット分布

[†] 釧路高専電子工学科

Kushiro National College of Technology

^{††} 東北大学 電気通信研究所

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

^{†††} 宮城県産業技術総合センター

Industrial Institute of Technology, Miyagi Prefectural Government

図1は測定結果を地図上にプロットした結果を示したものである。最大スループットはIT-21 センタ2階203号室内で得られた11.52Mbit/sであった。アクセスポイントから距離150m程度の南門付近においても、0.96Mbit/sと、ほぼ1Mbit/sのスループットが得られた。一方、建物内部や、屋外であってもアクセスポイントから見て建物・木などの陰となるような見通し外の測定点においては、距離100mを超えると通信不能となる点が存在する。また、1Mbit/s程度のスループットで安定して通信が可能であるのは距離50m程度であるといえる。以上より、無線LANのセル径は50mとする。

2.2 FLASH-OFDM サービスエリア評価

2.2.1 FLASH-OFDM 概要

はじめに、FLASH-OFDMの概要について説明する。表1にFLASH-OFDMの基本仕様を示す。

表1 FLASH-OFDM 基本仕様

変調方式	Down	QPSK, 16QAM, 64QAM
	Up	QPSK
アクセス方式	OFDMA	
複信方式	FDD	
サブキャリア数	113	
サブキャリア間隔	11.25kHz	
シンボル間隔	100μsec	
最大スループット (理論値)	Down	3.2Mbit/s
	Up	900kbit/s

OFDMAはOFDMのサブキャリアをユーザに割り当てることで多元接続を実現する方式である。FLASH-OFDMはOFDMAを用いることで多元接続を実現している。FLASH-OFDMの特徴は、OFDMAのサブキャリアの割当数と割り当て場所をシンボルごとにホッピングさせることで干渉の平均化を図るコンセプトで設計されている点である。

2.2.2 実験局仕様

表2 FLASH-OFDM 実験局仕様

使用周波数	Down	2171.25MHz
	Up	1981.25MHz
送信出力	Down	14 W
	Up	0.2 W
基地局	アンテナ高	19m
	アンテナゲイン	17 dBi
	フィードロス	2.2dB

表2は実験局の諸元である。基地局側アンテナはIT-21 センタ(仙台市青葉区片平)屋上に設置されている。アンテナはW-CDMA用セクタアンテナを利用しており、セクタ角は120度、3dB角は90度となっている。

2.2.3 測定系

今回の測定はDownlinkを用いて行った。基地局側にサーバを設置し、サーバからパケットを印加する。負荷はmiperfというフリーのツールを利用して生成した。UDPパケットを用い、パケット長は1,300Byte、負荷速度は2.6Mbit/sとした。

端末にはGPS受信機とFLASH-OFDM無線端末を接続したノートパソコンを用いた。IT-21 センタ屋上に基地局アンテナが設置されており、北東方向にアンテナが向いている。晩翠通りと愛宕上杉通り、定禅寺通りと東北大学片平キャンパスに囲まれる地域の主要道路を網羅するように測定ルートを設定した。測定ルートを自動車で移動し、測定を行った。

2.2.4 測定結果

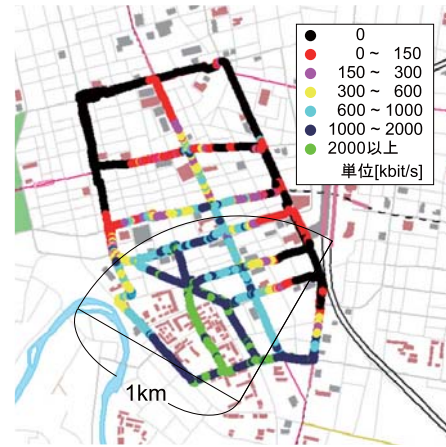


図2 FLASH-OFDM スループット分布

図2はスループットを地図上にプロットした図である。基地局から遠ざかるに従いスループットが劣化する。最大スループットは基地局直近で得られた2.6Mbit/sである。基地局から最も遠い定禅寺通り付近ではほとんどパケットが受信できない。

ここで、スループットとして1Mbit/s以上が得られるエリアをサービスエリアとすると、サービスエリアは半径1kmであるといえる。

3. 同種システム間ハンドオーバー

3.1 移動通知機能

我々は、上位層の接続を維持したままの移動を可能とするため、レイヤ2での経路制御を行うレイヤ2転送を提案してきた[2][3]。レイヤ2転送では、基地局は受信したパケットの送信元MACアドレスからアドレステーブルの情報を得る。また、移動局が移動した際の経路変更を通知するため、ハンドオーバー直後に移動後の基地局に対して移動通知パケットの送信を行い、パケット到達の確実性を向上させる。

3.2 基地局間転送手法

また、その際に、移動通知パケットが届くまでの遅延や、有線LANと無線LANとの転送速度差によって移動前基地局にパケットが溜まるという問題が存在するが、移動後に移動前基地局にバッファされたパケットを移動後基地局経由で移動局へ転送することにより、パケット消失のないハンドオーバーを実現するという手法が提案されている[4]。

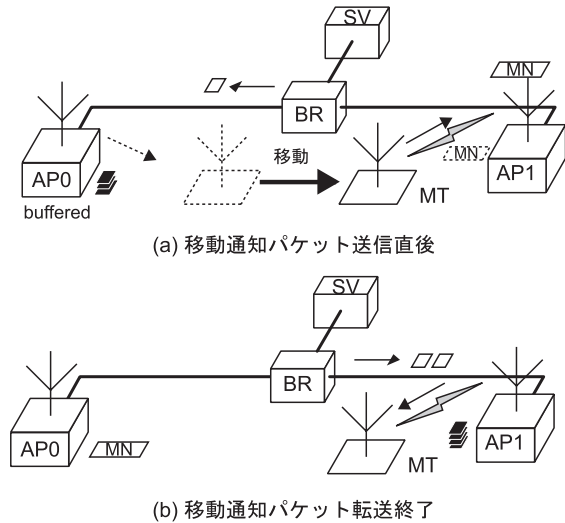


図3 基地局間転送手法

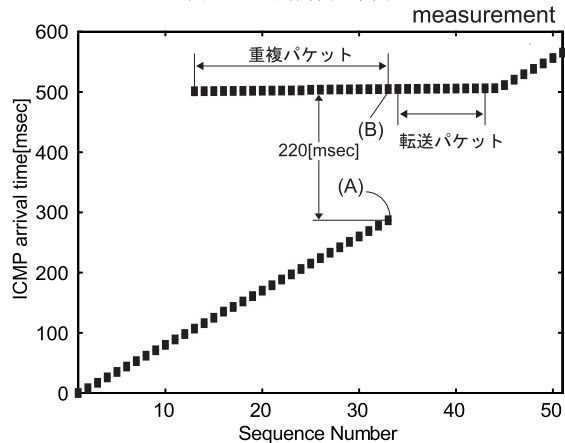


図4 ping 結果

図3は基地局間転送手法の動作を示している。図3(a)は移動局 (MT) が移動直後の状態を表している。移動通知パケットは送信された直後であり、まだ移動前基地局 (AP0) まで到達していない。このため、送信元サーバ (SV) から送信されたパケットは AP0 へ向けて転送されており、AP0 へパケットはバッファされ続けている。

図3(b)では移動通知パケットは AP0 に到達した状態を示している。AP0 は移動通知パケットが到達すると、バッファされているパケットを更新されたアドレステーブルに従って MT へ転送する。この機能により、MT はバッファされたパケットを受信でき、パケット消失のないハンドオーバが実現可能である。

3.3 実測評価

サーバから端末へパケットを送る。利用した無線 LAN は IEEE802.11a である。ここでは ping を行い、1 秒間に 100 パケットがホストから端末へ送られる状態で測定を行った。

図4は提案手法を用いた場合の ping 結果である。縦軸はパケット番号、横軸は最初のパケットが到達してから経過時間である。端末は #33 パケット受信後、基地局切り

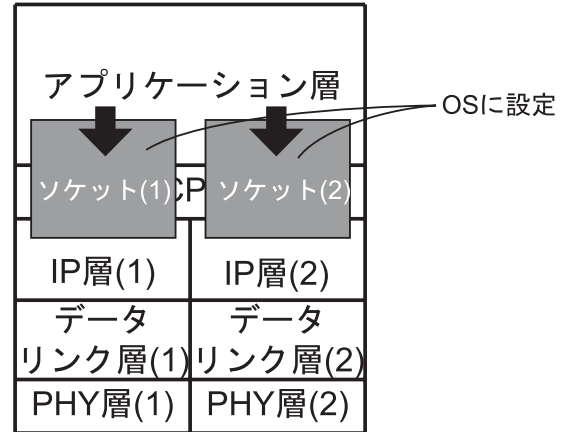


図5 複数ソケット切り替え手法
替えを開始した。端末は #45 パケット受信前に移動通知パケットを送信した。移動通知パケットは移動前基地局まで到達し、保存されていたすべてのパケットを移動先基地局経由で端末へ送信する。#13 パケットから #44 パケットがそれに当たる。このうち、#13 パケットから #33 パケットまではすでに移動前基地局から端末へと送信されている。たとえば (A) パケットは移動前基地局から直接受信されたパケットであり、(B) パケットは移動前基地局に保存され移動先基地局を経由して受信されたパケットである。この (B) パケットは不要であり、バッファサイズの最適化、あるいは既受信パケットをバッファから消去する機能を付加することにより抑制可能である。#34 パケットから #44 パケットまでは転送機能によってのみ受信されたパケットであり、転送機能がない場合は消失していたパケットである。この際のスループットは 18.9Mbit/s に向上した。

以上のことから、移動通知機能と新旧基地局間転送機能を組み合わせたシステムが正常に動作していることを確認し、パケット消失がないことが示された。

4. 異種システム間ローミング

4.1 実装手法

異種システム間の基地局切り替えであるローミングの検討を行った。異種システムは通常、異なるサブネットに所属する。このため、ローミングを行う際には、異なるサブネット間の基地局切り替えを行わなければならない。異なるサブネット間の基地局切り替えを実現するには IP 層以上での実装が必要である。このうち、IP 層・TCP 層は OS (Operating system) が司るため、これらの層での実現のためには OS を変更する必要がある。これでは汎用性に欠けるため、本研究においてはアプリケーション層での実装を行った。アプリケーション層での実現に当たり、パケットの送受信インタフェースを任意に変更する必要があるが、通常アプリケーションから送受信インタフェースを変更することは困難である。そこで本研究においては、アプリケーションにそれぞれのインタフェースにバインドする、データ送受信のためのソケットを用意し、ソケットを

変更することで複数インタフェースを切り替える手法を提案する[5]。図5に提案手法のプロトコルスタックを示す。

4.2 実測評価

無線規格として IEEE802.11g 無線 LAN と FLASH-OFDM を用いて実測評価を行った。無線 LAN 基地局を FLASH-OFDM 基地局のサブネット内に設置した。実験時にはどちらの無線リンクも接続状態とし、端末側アプリケーションで切り替えながらパケットを送信した。その結果、切り替えに伴う回線切断時間が無線 LAN→FLASH-OFDM, FLASH-OFDM→無線 LAN それぞれ 50msec, 160msec であった。この時間差は無線区間に起因すると考えられる。しかしながら、異種システムローミングにおいて、ローミングは多くとも数秒に 1 回以下の頻度であると想定されるため、160msec の切断時間であっても十分実用可能である。

5. 結 論

本研究では、1km 級カバーエリアを持つような広域アクセスネットワーク規格を用いてサービスエリアを確保し、100m 級カバーエリアを持つような高速アクセスネットワーク規格を用いて限定域でのブロードバンドアクセスを提供する無線アクセスネットワークの構築を目指し、検討を行った。

以下に結果をまとめる。

(1) サービスエリアの実測評価

広域アクセス無線規格として FLASH-OFDM, 高速アクセス無線規格として IEEE802.11g を採用した際のサービスエリアを実測により評価し、通信速度が 1Mbit/s 以上となるセル径がそれぞれ半径 1km, 50m であることを示した。

(2) 同種システム間ハンドオーバー

高速アクセス無線規格のサービスエリアが隣接している場合に、端末の移動に伴う基地局切り替えをサポートする技術として、レイヤ 2 転送ネットワークを利用することを提案した。その際の問題点の解決として、移動通知機能と基地局間転送機能を提案し、実装・実測を行った。その結果、パケットロスのない基地局切り替えが実現可能であることを示した。

(3) 異種システム間ローミング

広域アクセス無線規格と高速アクセス無線規格の間で、端末の移動に伴う基地局の切り替えをサポートする技術として、アプリケーション層でのローミング技術を提案し、実測・評価を行った。その結果、異種システム間ローミングが実現可能であることを示した。

以上のことから、提案ネットワーク構成が実現可能であることを示した。

文 献

- [1] “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate

Extension in the 2.4GHz Band,” IEEE Std 802.11g-2003, Jun. 2003.

[2] 鈴木 聡 他, 信学総大, B-6-61, Mar. 2001.

[3] 金沢 学志 他, インターネットコンファレンス, pp.67-75, Nov. 2001.

[4] F. Yamagata, etc., “Seamless Handover for Hotspot Network Using Buffered Packet Forwarding Method,” 10th IEEE Int. Conf. on Commun. Systems (ICCS2006), PA-17, Nov. 2006.

[5] S. Kameda, etc., “Proposal of Heterogeneous Wireless Communication Network with Soft Handover in Application Layer: Feasibility Study Based on Field Trial Results,” 6th International ICST Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CROWNCOM2011), TB2 Jun. 2011.