

無線メッシュネットワークにおけるゲートウェイ分散化 方式の提案と評価

063432006

加藤 佳之

目次

概要	3
1 はじめに	4
2 関連技術とその課題	6
3 WAPL と提案方式	7
3.1 WAPL の概要	7
3.2 通信方式	7
3.3 シームレスハンドオーバ	8
3.4 ゲートウェイ分散化処理	10
3.4.1 セッション分配方式	10
3.4.2 経路の決定方法	10
4 実装	12
4.1 ns-2 への追加実装	12
4.2 実機の試作	14
5 評価	15
5.1 TCP 通信性能評価	16
5.2 背景負荷が存在する場合の TCP 通信性能評価	18
6 むすび	19
謝辞	20
参考文献	21
研究業績	22

概要

無線端末のブロードバンド接続需要の増加を受けて、無線 LAN の普及が進んでいる。無線 LAN のインフラ環境を構築する手段としてアクセスポイント間をアドホックネットワークで相互接続し、ネットワークを拡大する無線メッシュネットワークが注目されている。無線メッシュネットワークでは外部ネットワークとの接続点となるゲートウェイ付近でのトラヒックが増加し、通信効率を低下させてしまう懸念がある。これを解決するためにゲートウェイを複数設置して帯域を分配する方式が考えられる。従来の方式としてパケット単位で比率に応じて分配する方式が提案されているが、この方式では TCP の再送制御、および輻輳制御が適切に働かず性能劣化が発生する。そこで本論分では帯域の分配の基準をセッション単位とし、この課題を解決する。シミュレーションにて提案方式では TCP 通信のスループット低下を抑えることができることを示した。提案方式を独自の無線メッシュネットワーク WAPL の実機に実装したので併せて報告する。

1 はじめに

移動端末からのインターネット接続の増加に伴いインターネットサービスの多様化及び高度化が進んでおり、今後 VoIP (Voice over IP) や P2P (Peer-to-Peer) などの技術を利用したアプリケーションが普及すると考えられる。このような高度なサービスを移動端末から利用するためには、移動端末からのブロードバンド接続が不可欠である。ブロードバンド接続方式の代表として、無線 LAN があげられる。無線 LAN は端末の配線が不要でかつ高速な通信が可能であり、PC だけでなく家電機器などにも搭載が進んでいる。しかし、無線 LAN の通信範囲は 100m~250m 程度であり、一つのアクセスポイントで広範囲をカバーすることはできない。また、大量のアクセスポイントを設置すると、バックボーンとなる有線の敷設コストが増大し設置にも時間を要する。このような問題を解決するシステムとして、無線メッシュネットワークがある。無線メッシュネットワークとは、無線 LAN で用いられるアクセスポイント (AP) が相互にアドホックネットワークで接続されたシステムである。端末は通常の無線 LAN の AP に接続する場合と同様の手順でシステムを利用できる。無線メッシュネットワークは AP を適切に配置するだけで無線 LAN の通信エリアを容易に拡大することができ、増設や移設にも迅速な対応が可能である。IEEE802.11 委員会 [2] では 2004 年 6 月にタスクグループ s を発足させ無線メッシュネットワークの標準化を進めている状況である。しかし、802.11s では外部ネットワークとの接続方法についての検討はまだ行われていない。

無線メッシュネットワークのような無線リンクのみで構築された LAN では、有線バックボーンネットワークとの接続点となるゲートウェイ付近での負荷集中が問題となる可能性がある。無線ネットワークの帯域幅は有線ネットワークと比べて劣るため無線資源を有効に利用する必要がある。ゲートウェイの負荷集中を回避するため、複数のゲートウェイを設置し、AP が適切にゲートウェイへの経路を切り替えられると有効である。この際、端末はゲートウェイの切り替えを意識せずに済むことが望ましい。

複数のゲートウェイを用いる既存の研究として、静的に適切なゲートウェイを決定する研究 [4]、ゲートウェイを切り替え時に通信ロスを最小限に抑える研究 [5]、複数のゲートウェイにパケットを分配転送する研究 [6] がある。

文献 [4] は無線メッシュネットワーク中の端末の分布の偏りに着目し、端末の集中しやすい位置にゲートウェイノードを多く設置することにより負荷の集中を回避する。端末が選択するゲートウェイは静的に決定される。このため端末が移動した際の動的な経路の切り替えは考慮していない。

文献 [5] は MANET (Mobile Ad-hoc Network) [3] におけるゲートウェイ選択手法である。MANET 内のゲートウェイは有線により上流ルータに接続する。ゲートウェイは上流ルータの設定情報を端末へ配布する。端末は最寄りのゲートウェイを選択してパケットを転送する。端末が移動してゲートウェイを切り替えても端末の選択する上流ルータが変化しないため、端末上のアプリケーションはゲートウェイの切り替えの対処を行うことなく外部と通信が可能となる。しかし、端末が複数のゲートウェイを同時に利用することは想定していない。

文献 [6] は AP が各ゲートウェイの状態を検知し、パケット毎にゲートウェイを選択することによりトラヒック量を均等にし、ネットワークの公平性を高める。AP が複数のゲートウェイを同時に使用することによりトラヒックを分散させることができるため文献 [6] は本論文の目的と最も関連する研究である。しかし、[6] のように単純にパケットを分配する方

式では同一 TCP セッション内で通信のゆらぎが発生し性能劣化が発生するという課題がある。そこで、本論文ではパケットのプロトコルタイプ、IP アドレス、ポート番号をもとに同一セッションの通信は同一のゲートウェイを選択することとする。これにより同一 TCP セッションでの通信のゆらぎを抑えることができ、通信性能を向上させることができる。

提案方式を独自の無線メッシュネットワーク WAPL (Wireless Access Point Link) [1] に組み込んで評価を行った。ネットワークシミュレータ ns-2 上に提案方式を実装し、その有効性を確認した。また WAPL の基本機能および外部ネットワーク接続機能を実機に実装し動作を確認したので併せて報告する。以降、2 章では既存技術とその課題、3 章で提案方式、4 章で実装方法、5 章で評価結果を述べ、6 章でまとめを行う。

2 関連技術とその課題

既存技術の中から提案技術と関連のある MGA(Multi Gateway Association)[6] についてその概要と課題を述べる。

MGA の概要を図 1 に示す。図中の GW-AP (Gateway Access Point) は無線メッシュネットワークと外部ネットワークのゲートウェイとなる装置である。また、SGW (Super Gateway) は全ての GW-AP と上流ルータ間を中継するゲートウェイであり、GW-AP 同士、及び上流ルータとは有線で接続されている。AP は外部に送信される通信に対して複数の GW-AP にパケットの割り振りを行い、有線側に存在する SGW で再合成し、上位のルータへ転送する。割り振りはパケットロス率、トラヒック、負荷、ホップ数を基に、ゲートウェイへの経路ごとに評価値を算出する。評価値をもとに AP はパケット単位で GW-AP を選択して分配する。また、外部からのパケットに対しては SGW が送信先 AP までの経路を同様に評価し、パケット単位で分配を行う。外部宛、内部宛のいずれの方向においても経路の遅延を考慮し、宛先 AP までの到達時間が同時になるようにパケットの送出時間を調整する機能も持つ。MGA はメッシュネットワークと外部ネットワークの間のトラヒックを複数のゲートウェイに分散させることができる。しかし、このようにパケット単位で分配すると TCP のような通信においては性能劣化が発生する。TCP はネットワークが空いていればエンド端末がウィンドウサイズを限りなく大きくし、転送効率を上げようとする。エンド端末がパケットロスを検出するとネットワークに輻輳が発生したとみなし、ウィンドウサイズを縮小し、輻輳を回避する (TCP の輻輳制御)。輻輳制御により送信の効率は低下するが、ネットワークの輻輳を回避した通信を継続することが可能となる。パケット分配方式では TCP の輻輳制御が効率的に機能しない。パケット分配方式では同一セッションのパケットが異なる経路を通ることがある。そのため、パケットとその ACK の時間差 (ラウンドトリップタイム (RTT)) に揺らぎが発生する。RTT の揺らぎが大きいと、パケットの順序逆転が頻発しやすくなりパケットロスと判断されやすくなる。この状況に対して TCP はウィンドウサイズを縮小させてしまう。このためパケットの転送効率が低下することになる。

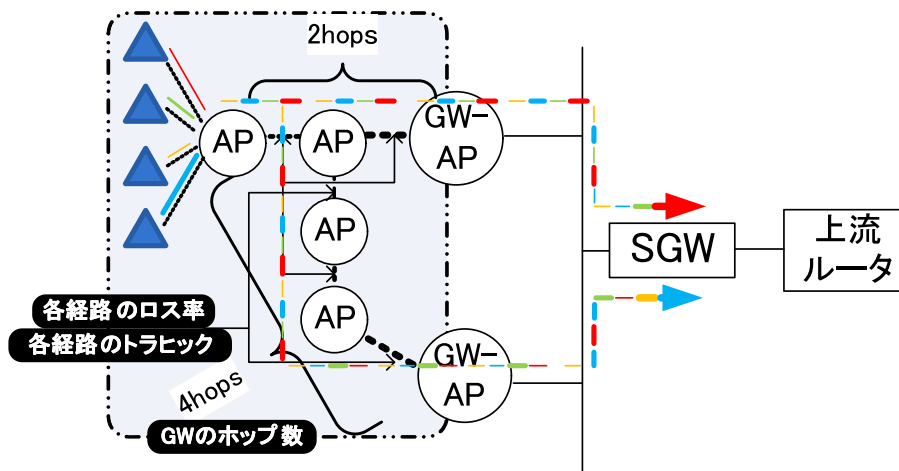


図 1: MGA の概要

3 WAPL と提案方式

提案方式のベースとなる WAPL について 3.1 節から 3.3 節で解説する。WAPL の解説をふまえて提案方式を 3.4 節で述べる。

3.1 WAPL の概要

WAPL の概要を図 2 に示す。WAPL では無線化された AP を WAP (Wireless Access Point) と呼称する。WAP 間の経路制御は既存のアドホックルーティングプロトコルをそのまま利用できる。インフラストラクチャ側は同一のネットワークアドレスを適用し、全体で LAN を形成する。WAPL 内の端末が宛先にパケットを転送する際には宛先の端末がどの WAP と接続しているかを示すマッピング情報を生成する必要がある。この情報の生成は端末の通信開始時に WAP 間で情報を交換してオンデマンドで生成する。また端末が隣接 WAP へ通信中に移動する際に発生するパケットロス を最小限に抑えるシームレスハンドオーバー処理を実装している。

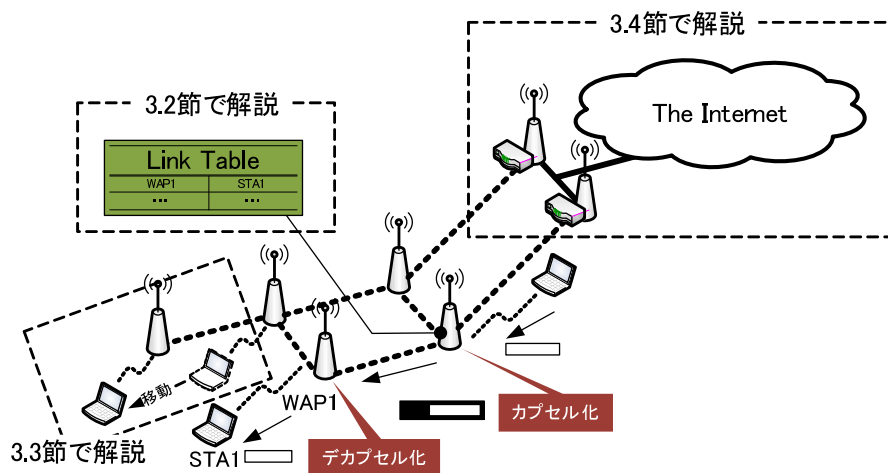


図 2: WAPL の概要

3.2 通信方式

WAPL は WAP/端末マッピング情報をアドホックルーティングプロトコルのルーティングテーブルとは独立させ、LT (Link Table) と呼ぶ独自のテーブルとして保持する。またこのテーブルを生成するために独自の LT 生成要求・応答メッセージを使用する。LT の生成シーケンスを図 3 に示す。WAP は端末からの ARP (Address Resolution Protocol) 要求を受信すると、他の WAP へ LT 生成要求メッセージをフラッディングにより広告する。このフラッディングはアドホックルーティングプロトコルのフラッディングとは独立した WAPL 独自のものであり、以後 LT フラッディングと呼称する。LT 生成要求メッセージには探索端末の IP アドレス、送信元端末の IP アドレスと MAC アドレスが記載されている。LT 生成要求メッセージを受信したすべての WAP は LT に送信元端末の IP アドレスと WAP の

IP アドレスの対応関係を記録する。同時に配下に ARP 要求を送信し、目的端末が存在することを確認する。ARP 応答を受信した WAP はユニキャストで送信元 WAP に LT 応答メッセージを送信する。LT 応答メッセージには探索端末と送信元端末の IP アドレスと MAC アドレスが記載されており、送信元 WAP は LT 応答メッセージを受信すると宛先端末の IP アドレスと WAP の IP アドレスの関係を LT に記録する。ARP が終了するとエンド端末は IP パケットの送受信を開始する。WAP は LT をもとに MAC フレームを WAP の IP アドレスでカプセル化して宛先 WAP に送信する。宛先 WAP はカプセル化を開放して宛先端末に送信する。

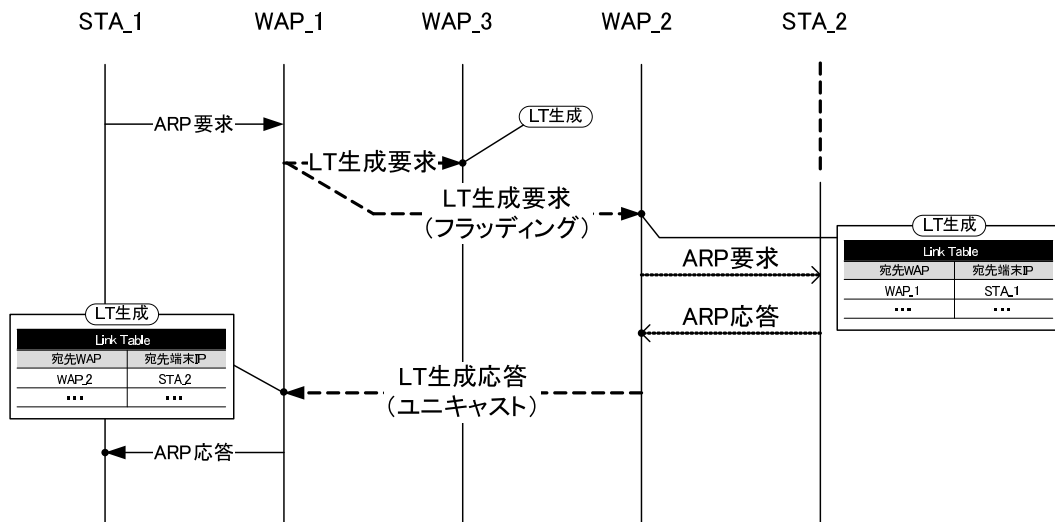


図 3: Link Table 生成シーケンス

3.3 シームレスハンドオーバ

WAPL では端末が WAP 間を通信中に移動してもロスなしで通信を継続するシームレスハンドオーバを実現できる。ここでは端末が移動したとき移動前に接続していた WAP を旧 WAP、移動後の WAP を新 WAP、通信相手の端末が接続している WAP を送信元 WAP と呼ぶこととする。各 WAP は予め近隣で通信中の端末の IP アドレスおよび MAC アドレスと WAP の IP アドレスを記録するテーブルを作成しておく。このテーブルを近隣通信テーブルと呼ぶ。このテーブルを作成するために WAP は近隣の全ての WAP の通信パケットをモニタする (図 4)。次にシームレスハンドオーバ処理の具体的な流れについて説明する。旧 WAP は配下端末から Deauthentication メッセージを受信するとパケットのバッファリングを開始する。新 WAP は Reauthentication Request メッセージを受信すると端末の MAC アドレスから近隣通信テーブルを参照する。移動してきた端末の MAC アドレスが近隣通信テーブルに存在すれば、端末は通信中に移動を行ったと判断し、送信元 WAP には経路更新要求メッセージを、旧 WAP にはバッファリングパケット開放メッセージをユニキャストで送信する (図 5)。上記メッセージを受け取った送信元 WAP は LT を修正して送信先 WAP を新 WAP に変更し、旧 WAP は受信バッファに蓄積したパケットを新 WAP に送信する。

WAPLはこのように近隣通信テーブルを用いて移動通知をユニキャストで実行するため、移動通知の信頼性が高く、パケットロスが発生しにくい。

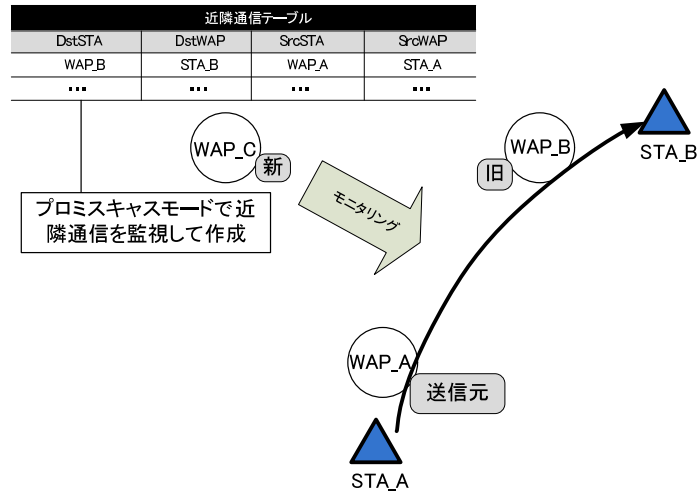


図 4: 近隣通信の把握方法

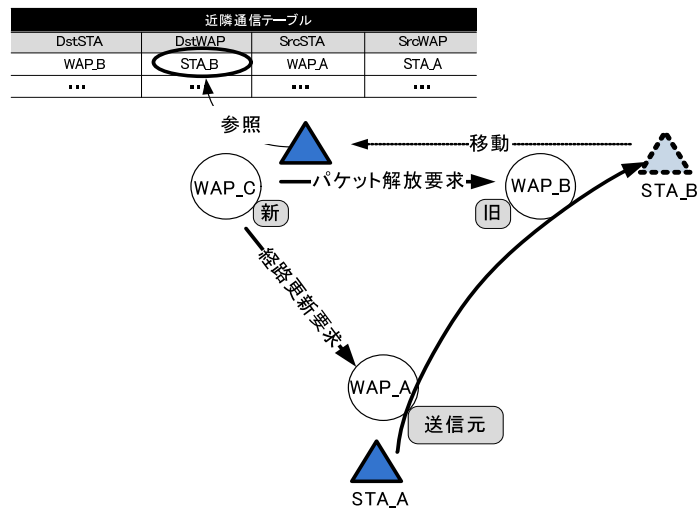


図 5: ハンドオーバー通知

3.4 ゲートウェイ分散化処理

3.4.1 セッション分配方式

本論文では WAPL に以下のようなゲートウェイ分散化方式を追加する。提案方式はトラヒック分散処理をセッション単位で行う。すなわち、WAP はパケットの送信元 IP アドレスや送信元ポート番号、UDP/TCP といった、セッション情報の識別子を認識し、セッションごとに使用するゲートウェイを決定する。以降この方式をセッション分配方式と呼ぶ。パケット分配方式ではセッションと無関係にゲートウェイの選択を行うためセッション内での RTT は大きくばらつく。RTT の揺らぎは不必要な再送制御の発生やそれに伴うウィンドウサイズの低下を招く。セッション分配方式では同一セッションの通信は同一経路を通るため RTT が大きくばらつくことはない。そのためセッション毎のウィンドウサイズの低下は抑えられ、通信効率が上昇する。

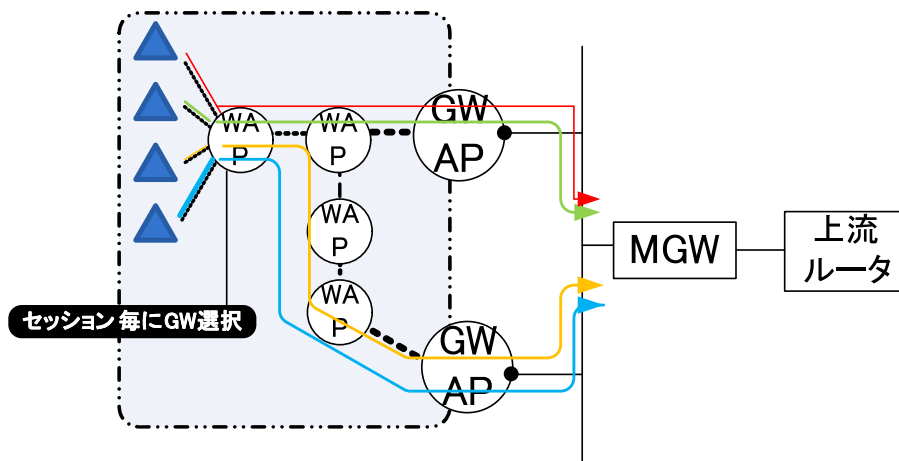


図 6: セッション分配方式の概要

3.4.2 経路の決定方法

WAPL の経路決定方法を図 7, 8 に示す。GWAP (Gateway WAP) は WAPL 中に複数存在する。GWAP 間と MGW (Master Gateway: 代表ゲートウェイ) は有線で接続されているためこの部分はトラヒックのネックにはなりにくい。内部から外部へ通信が始まる場合の経路決定は以下の通りである。GWAP はゲートウェイ広告メッセージを定期的にフラグディングする (I)。WAP はこのメッセージを受信するとホップ数、および GWAP のトラヒックを WAP 内の GWAP テーブルに記録する。同時にホップ数を加算してメッセージを中継する (II)。WAP 配下の端末が通信パケットを送信すると (III)、WAP は GWAP テーブルをもとにセッションごとに最適なゲートウェイを決定して、パケットを中継する (IV)。GWAP はこのパケットを受信すると MGW にパケットを転送する (V)。MGW は送信元 GWAP、送信元 IP、ポート番号、プロトコルタイプを MGW が持つ MGW テーブルに記録する (VI)。この情報はインターネット側からの逆方向のパケットが同一経路を通るようにするために利用される (VII)。

次に外部から内部へ通信が始まる場合の経路決定は以下の通りである。外部からの通信パケットは外部ネットワークとの接続点となるMGWが受信する (I)。MGWは宛先端末がMGWテーブルに記録されていればこれを参照して最適GWAPへ転送する。もしテーブルが存在しない場合、MGWはパケットを内部にバッファリングし、任意のGWAPへGWAP解決メッセージを送信する (II)。このメッセージを受信したGWAPはLT生成要求メッセージを送信する (III)。LT応答にはWAPが選択した最適なGWAPのアドレスが入っており (IV) そこに転送するようにMGWに通知する (V)。MGWは通知をもとにMGWテーブルを作成する (VI)。バッファリングしていたパケットはMGWテーブルに従って端末に届けられる。なお新たなセッションを開始するたびに、フラッディングを行うGWAPは巡回させる。

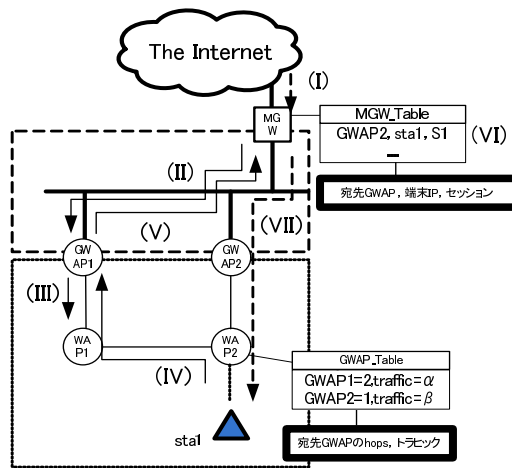
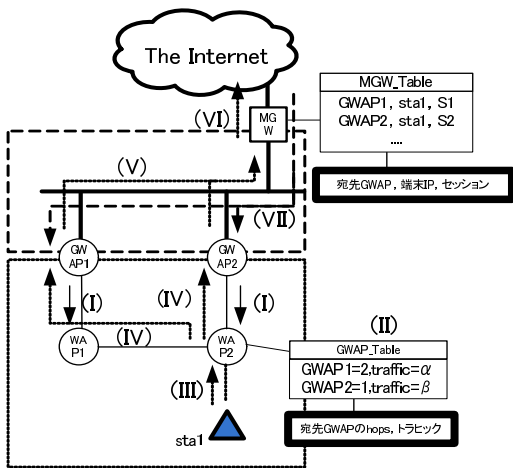


図 7: WAPL (内部→外部) の経路決定 図 8: WAPL (外部→内部) の経路決定

4 実装

WAPLの実装はネットワークシミュレータ ns-2 と実機の両者において行った。WAPLの基本機能についてはすでに ns-2 に実装されており有効性が証明されている [1]。今回は ns-2 にパケット分配方式とセッション分配方式を追加実装し、セッション分配方式の有効性を検証した。また実機に対しては ns-2 で有効性が証明された全ての機能を新たに実装した。4.1 節では ns-2 への追加実装について述べ、4.2 節では実機の実装について述べる。

4.1 ns-2 への追加実装

シミュレーション比較を行うために ns-2 の追加・変更を行った。追加・変更箇所を図 9 の灰色部分に示す。WAP には GWAP 選択処理を追加した。これは WAPL モジュールに GWAP 広告受信処理と GWAP テーブル管理機能を追加する形で実現する。GWAP は既存の WAP を変更する形で実装した。GWAP のアドホック側ノードは WAPL モジュールを変更し GWAP 広告処理を追加する。WAPL の基本機能ではインフラストラクチャモード側には電波強度検知機能や端末の参加、離脱機能を実装していたが、GWAP ではこれらの処理が機能すると無線端末のパケットも処理対象になってしまうため、問題が生じる。このためアソシエーション処理と無線伝搬モデル機能の削除により無線端末の収容機能を削除した。GWAP ノードは MGW ノードの情報を登録し、WAP ノードは GWAP リストをあらかじめ登録する。これにより GWAP ノードは転送先の有線ノードを把握することができ、WAP ノードは GWAP リスト、および GWAP 広告メッセージからゲートウェイ選択処理を行う事が可能となる。MGW ノードは有線ノードのアプリケーション層で GWAP 管理モジュールを新規に作成し、セッションに対応する GWAP の管理を行う。

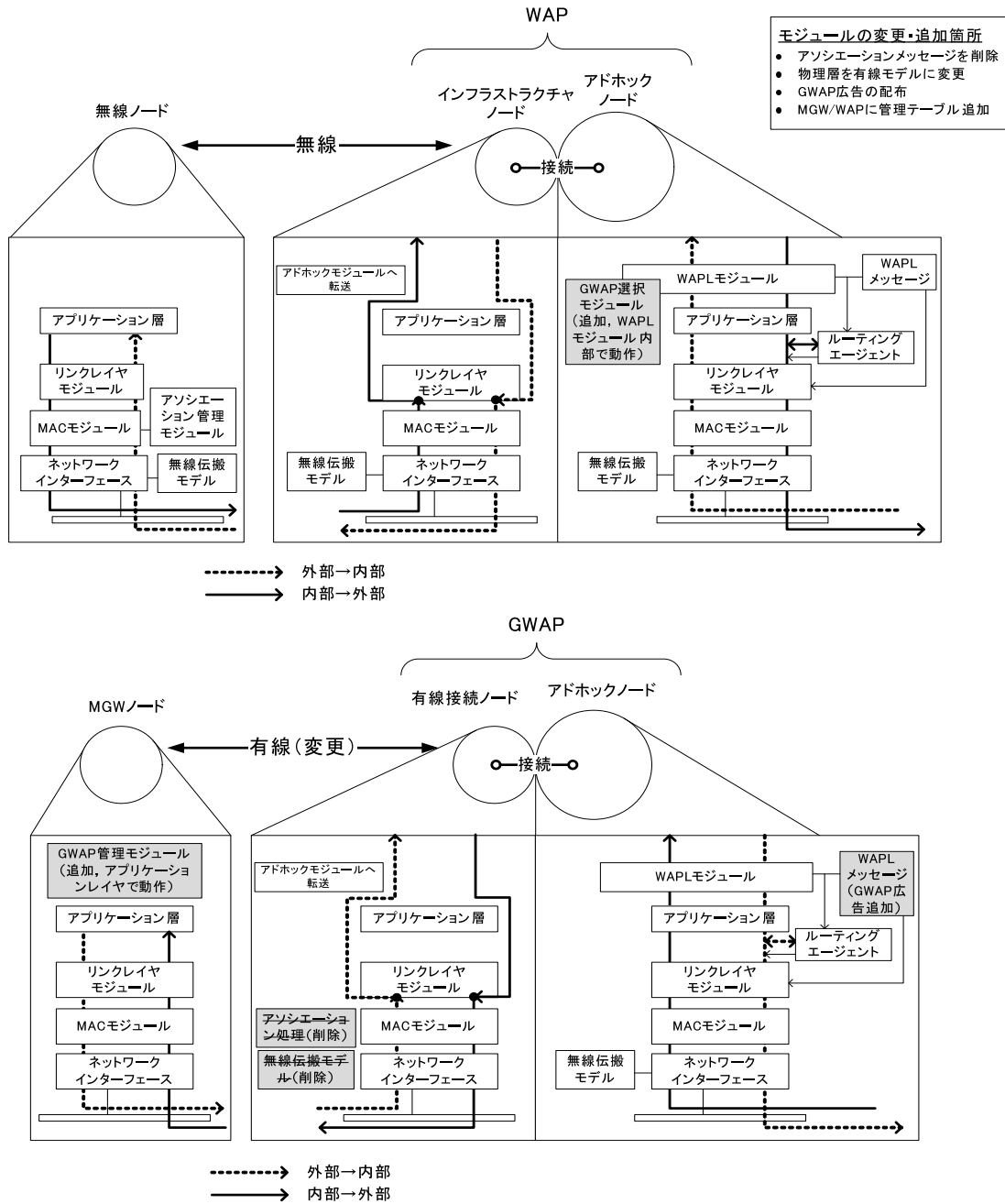


図 9: ns-2 追加実装部分構造図

4.2 実機の試作

試作として市販のノート PC と市販の無線 AP を使用して WAP を構成した。ノート PC の内蔵無線 LAN インターフェースをアドホック側に使用し、無線 AP はインフラストラクチャモード側で使用する。WAPL モジュールは PC 上で動作するアプリケーションとして C 言語で実装する。WAPL モジュールは (A) ~ (D) に示す機能の集合体となっている。このモジュールはアドホックルーティングのモジュールと完全に独立している。無線 AP と接続する Ethernet インターフェースはプロミスキューモードに設定し、配下端末の packets をすべて受信する (A)。市販の無線 AP には一切手を加えない。LT モジュールはキャプチャしたパケットの IP ヘッダを解析し、LT の管理を行う (B)。カプセル化モジュールは Raw モードソケットを利用し、MAC フレームを操作対象としてカプセル化、デカプセル化処理、ARP 処理を行う (C)。なお、アドホックルーティングプロトコルには OLSR パッケージ [9] を実装した。ハンドオーバモジュールは近隣通信把握用スレッドを生成して、周辺通信の監視を行い、その情報を基に近隣通信監視テーブルを随時作成する (D)。これらの基本機能を EPSON Endeavor NA 101 (Intel Core Solo U1400, Memory 512MB) にインストールした Fedora Core 6 (kernel2.6.20-1.2948.fc6) 上に実装し、動作検証した。本機器の MANET 側のインタフェースは Intel Pro Wireless 3945ABG, 無線ドライバとして ipw3945 を使用した。AP 部は Planex Communications 社製の AP-GW54SGX を使用した。以上の環境のもとで、WAPL の機能についてはすべて正常に動作することを確認した。

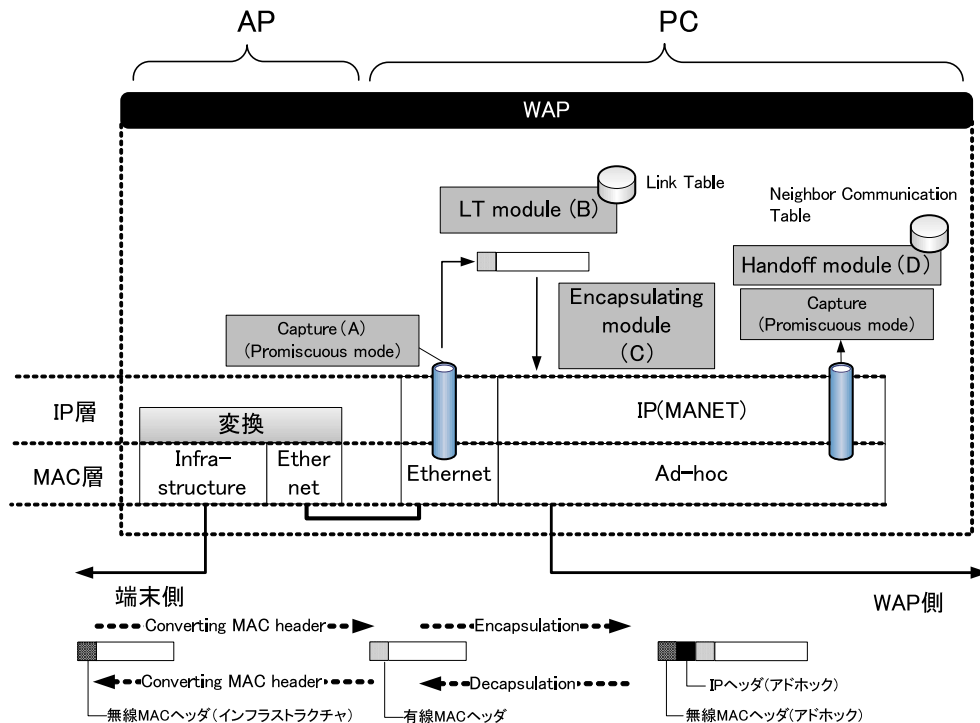


図 10: WAP 実装モジュール図

5 評価

提案方式の有効性を示すために ns-2 を用いて検証を行った。図 11 に示すようなシミュレーション環境を構築した。図中の 0~18 は WAP，19,20 は GWAP を示している。送信元端末から MGW に対して TCP 通信を行った。WAP-9 周辺の破線部分で囲まれたノードは送信元端末を示している。各 GWAP と MGW 間は有線接続されており、図 11 では実線で示されている。送信元端末が接続する WAP は各 GWAP から等距離となる中心部に配置した。以降、5.1 節では TCP 通信の性能評価，5.2 節では背景負荷を与えた時の通信性能評価結果を示す。

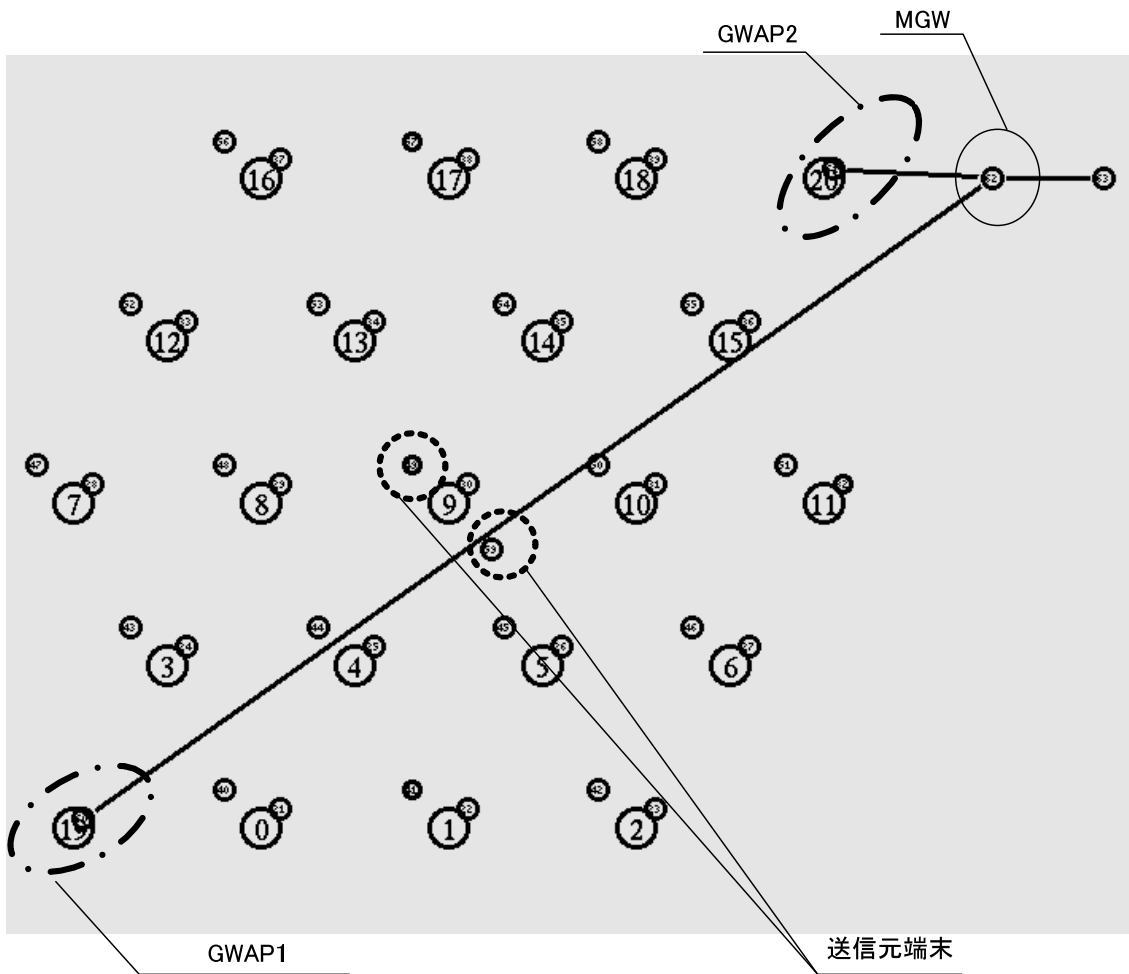


図 11: シミュレーション環境

5.1 TCP 通信性能評価

上記のネットワークにおいて、2つのTCPセッションを外部ネットワークとの間に確立し背景負荷はいつさいない状態での外部宛通信のスループット評価を行った。シミュレーション諸元は表1の通りである。

表 1: シミュレーション諸元

端末数	2 (台)
WAP 数	19 (台)
フィールド	700 x 700 (m)
電波到達範囲	200 (m)
チャンネルアクセス方式	CSMA/CA
無線帯域	54M
チャンネルタイプ	WirelessChannel
伝搬方式	TwoRayGround
アンテナタイプ	OmniAntenna
最大キュー長	120(pkts)
MAC	802.11
ルーティングプロトコル	OLSR
トランスポート層	TCP,TCPsink
有線帯域	100M
有線遅延	2 (ms)
アプリケーション層	FTP
パケットサイズ	1000
OLSR HELLO interval	6 (s)
OLSR TC interval	15 (s)
OLSR MID interval	15 (s)
OLSR HNA interval	6 (s)

表 2: TCP 通信性能評価結果

	スループット	ウィンドウサイズ
セッション分配方式	5367.9 kbps	40.1 pkts
パケット分配方式	5072.5 kbps	8.2 pkts

スループットおよびウィンドウサイズの結果を表2に示す。スループットは5回試行した平均値である。セッション分配方式は5367.9kbpsとなり、パケット分配方式の5072.5kbpsに比べて5.8%優位な結果となった。輻輳ウィンドウサイズの平均値はパケット分配方式は約7となり、セッション分配方式は約40程度となった。このときの両方式のウィンドウサイ

ズの変化を図 12,13 に示す。グラフの X 軸は時間を、Y 軸は輻輳ウィンドウサイズを示している。パケット分配方式はウィンドウサイズが小さな値で頻繁に変化している。このことから背景負荷が存在していなくても自身のパケットの転送トラヒックでネットワークの揺らぎが発生し、スループットに影響を与えていることが確認できる。セッション分配方式はウィンドウサイズの変化が一般的な通信と同様の特性を示している。注目セッションにおいて大きな通信の揺らぎが発生していないことが分かる。

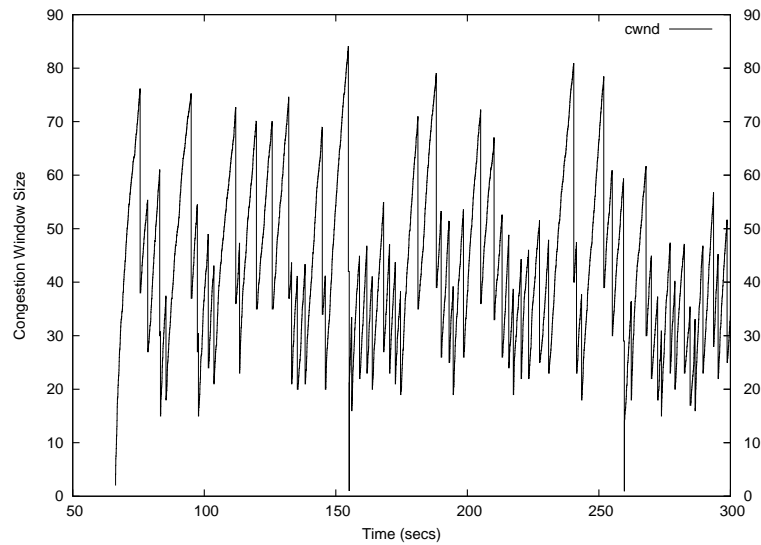


図 12: セッション分配方式におけるウィンドウサイズの変化

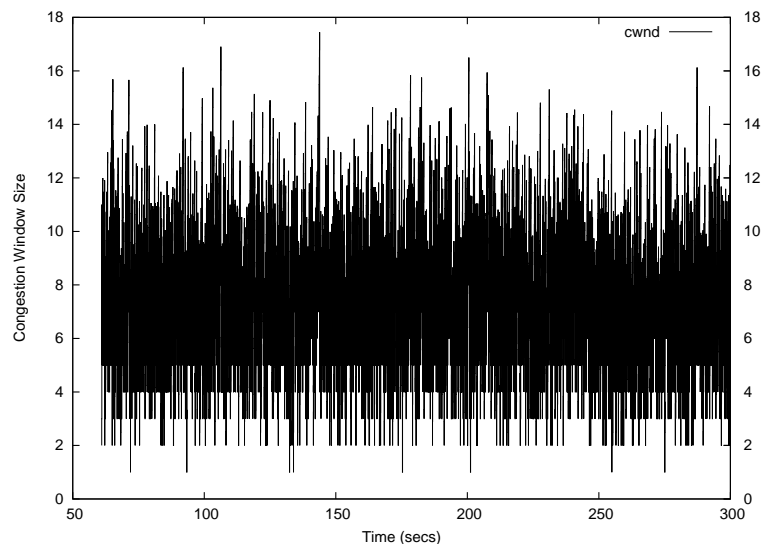


図 13: パケット分配方式におけるウィンドウサイズの変化

5.2 背景負荷が存在する場合の TCP 通信性能評価

5.1 節の評価に加えて、UDP による背景負荷を与えてその影響を調査した。背景負荷は G.711 コーデックを用いた VoIP を想定し、パケットサイズ 172bytes、送信間隔 20ms とした。背景負荷はネットワーク中から 6 ペアをランダムに選択した。シミュレーション時間は 300 秒で TCP 通信が安定する 50 秒以降を有意なサンプルとした。

評価結果を表 2 に示す。スループットはセッション分配方式は 3365.4kbps となり、パケット分配方式の 2501.3kbps に比べて 34.5%優位な結果となった。輻輳ウィンドウサイズの平均値はパケット分配方式は約 7 となり、セッション分配方式は約 42 程度となった。パケット分配方式は 5.1 節と同様ウィンドウサイズは小さく頻繁に変化している。これは背景負荷によるネットワークの揺らぎが発生し、再送処理を頻繁に行う機会が増したことによる。このためウィンドウサイズはより低下し、送信効率が悪化している。このためスループットは負荷がない場合に比べて約 50%低下している。

表 3: 背景負荷が存在する場合の TCP 通信性能評価結果

	スループット	スループット低下率	ウィンドウサイズ
セッション分配方式	3365.4 kbps	37.3%	41.8 pkts
パケット分配方式	2501.3 kbps	50.7%	6.7 pkts

6 むすび

ゲートウェイを複数配置する無線メッシュネットワークにおいてセッションベースでゲートウェイを選択する分配方式を提案した。本手法はパケット分配方式に比べて通信の揺らぎに起因するウィンドウサイズの頻繁な変化やそれに伴うスループットの低下を最小限に抑えている。シミュレーションの結果、スループットは提案方式がパケット分配方式に比べて6%向上した。ウィンドウサイズの平均値はパケット分配方式の約5倍となり、転送効率の高いインターネット接続が可能となる。背景負荷がかかるとスループットは提案方式がパケット分配方式に比べて35%向上し、提案方式の優位性を確認することができた。さらに実機へのWAPLの基本機能の実装を行い動作を検証をした。今後はテストベッドの構築などによる実機の詳細な性能評価を行い、その結果を基に災害時通信システムや車車間通信などWAPLの応用研究における課題を検討していく。

謝辞

本研究に関して、研究の方向や進め方など終始にわたり御指導、御助言を賜りました指導教官の渡邊 晃 教授に心より厚く御礼申し上げます。

論文作成にあたり、副査の小川 明 教授には貴重なコメントや至らないところを指摘していただき深く感謝致します。

論文作成にあたり、副査の柳田 康幸 教授には貴重なコメントや至らないところを指摘していただき深く感謝致します。

論文作成にあたり、副査の宇佐見 庄五 助教授には貴重なコメントや至らないところを指摘していただき深く感謝致します。

論文作成にあたり、共同研究者の伊藤 将志 氏には多くの御助言や度々の御相談に応じていただき深く感謝を致します。

最後に、本研究を行うにあたり、本研究室の皆様にも多くの方々から多大な助言と協力を承り、深く感謝しております。

参考文献

- [1] 伊藤 将志, 鹿間 敏弘, 渡邊 晃 “シームレスハンドオーバを実現する無線メッシュネットワークの提案とシミュレーション評価” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DI-COMO2007) シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウム, Vol.2007, No.1, pp.1-8, Jun.2007.
- [2] IEEE802.11 ; <http://grouper.ieee.org/groups/802/11/>.
- [3] IETF MANET-WG ; <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>.
- [4] 野村他 “無線メッシュネットワークのアクセスポイント間通信での優先度制御に関する一検討” 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.106, No.418, pp.9-12,Dec.2006.
- [5] 間瀬 憲一, 大和田 泰伯, 前野 誉 “モバイルアドホックネットワークのインターネット接続方式” 電子情報通信学会 B Vol.J90-B No.4 pp.361-369 2007.
- [6] Sriram Lakshmanan, Karthikeyan Sundaresan, Raghupathy Sivakumar, “On Multi-Gateway Association in Wireless Mesh Networks”, WiMesh 2006; Second IEEE Workshop on Wireless Mesh Networks, pp.64-73, Sep.2006.
- [7] Clausen, T. and Jacquet, P.: Optimized Link State Routing Protocol(OLSR), RFC 3626 (2003).
- [8] ns-2 ; <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [9] olsr.org; <http://www.olsr.org/>.

研究業績

1. 学術論文

なし

2. 国際会議

1. Yoshiyuki Kato, Masashi Ito and Akira Watanabe, “Researches on connection between WAPL and the Internet”, Proceedings of The International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2006), Oct.2006.

3. 口頭発表

1. 加藤佳之, 増田真也, 大石泰大, 渡邊晃, “WAPL とインターネットの接続に関する検討”, 平成 17 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2005.
2. 加藤佳之, 増田真也, 大石泰大, 竹尾大輔, 渡邊晃, “無線アクセスポイントリンク “WAPL” とインターネットの接続に関する検討”, 情報処理学会第 68 回全国大会講演論文集, Mar.2006.
3. 加藤佳之, 大石泰大, 小島崇広, 伊藤将志, 渡邊晃, “無線アクセスポイントリンク WAPL の方式とインターネット接続”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2006) シンポジウム論文集, Vol.2006, No.6, pp.681-684, Jul.2006.
4. 小島崇広, 伊藤将志, 加藤佳之, 渡邊晃, “無線アクセスポイントリンク;WAPL の方式検討”, 情報学ワークショップ 2006 (WiNF2006) 論文集, Vol.4, pp.177-180, Sep.2006.
5. 加藤佳之, 伊藤将志, 渡邊晃, “無線アクセスポイントリンク “WAPL” の提案と評価”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2007) シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウム, Vol.2007, No.1, pp.9-15, Jun.2007.