

複合無線アクセスネットワークにおけるパケット到着乱れの考察

川原 隆靖¹, 滝沢 泰久¹, 安達 直世¹, and 野田 健太郎²

¹ 関西大学 環境都市工学部

² 関西大学大学院 理工学研究科

1 はじめに

近年、携帯電話、無線LANシステムなどの数多くの無線システムが普及してきている。同時に、無線通信において多様なコンテンツが増え、通信するデータ量、ユーザ数も増えている。このような現状で要求を満たす無線通信を実現するためには、広い周波数帯域が必要である。しかし、広い周波数帯域を確保する事が困難であり、空き周波数帯が不足している。この問題を解決する技術としてコグニティブ無線がある [1]。コグニティブ無線とは、無線機が周囲の電波利用状況を認識し、状況に応じて無線システムを適宜使い分ける技術である。無線アクセスネットワークはコグニティブ無線により発見された多様な無線メディアの内から最適な無線メディアを利用するに留まる。コグニティブ無線により発見された多様な無線メディアを並列に利用する事によって、単一无線メディアに比べ、遅延時間を低くスループットを上げることが可能である。従って、我々は同時に利用可能な多様な無線メディアを可能な限り組み合わせて高度に活用する複合無線アクセスネットワーク(以降、CWAN)とそのトラフィック制御方式を提案している [2]。本方式は従来方式と比較して圧倒的に高いスループットと低い遅延時間を実現できる事を確認している。また、端末の移動に関して考慮するために、MobileIP との統合を実施して、CWAN を移動通信環境に適した動的な構成方式 [3] としている。本方式では、CWAN を構成する複数の異種無線メディアにトラフィックを分配するが、その際に無線メディアの特性や利用状況によりトラフィックの到着順乱れが発生し、有効なデータフローを提供できない可能性がある。本稿では、TCP を用いてこの問題を検証し、考察する。

2 複合無線アクセスネットワークの構成

無線通信環境が WiFi, WiMAX, LTE など多様な無線メディアが混在する環境となっている。よって、それらの重なっている通信カバレッジ内ではモバイル端末が複数の無線メディアを利用することができ、さらに、端末間においても無線メディアを利用する事ができる。以上のことから、想定する CWAN の一例を以下に示す(図1参照)。

- モバイル端末 (以降, MN: Mobile Node) とアクセスポイント (AP) は、それぞれ IEEE802.11b(以降、11b) と IEEE802.11a(以降、11a) の2つの無線 I/F を装備する。
- ネットワークは IP ネットワークを想定する。
- MN1 は AP の 11a, 11b カバレッジ内にあるので2つを利用

できる。

• MN2 は AP の 11b カバレッジ内にあるので 11b を利用でき、さらに、11a により MN1 と端末間で通信可能である。

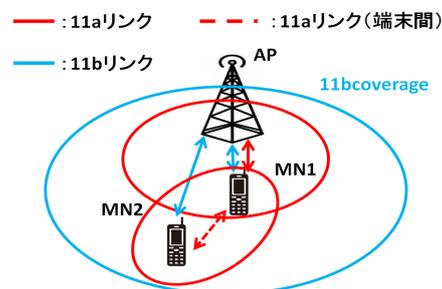


図1 複合無線アクセスネットワーク

3 複合無線アクセスネットワークのアーキテクチャ

3.1 MobileIP

MN は、ハンドオーバーを行う際、接続していたネットワークが切り替わり IP アドレスが変わる。トランスポートレイヤでは、通信の識別に IP アドレスを利用するので、移動するたびに IP アドレスが変わると、途中で通信が切断されてしまう。MN がハンドオーバーを行っても通信相手端末 (以降、CN: Correspondent Node) と通信を継続するための解決方法として、MobileIP がある。MobileIP では、ネットワーク上に設置された HomeAgent (HA) と ForeignAgent (FA) とよばれるノードが、移動に応じて変化しない固定なアドレスであるホームアドレス (HoA) と、MN が移動先のネットワークで一時的に利用する Care-of Address (CoA) との対応関係 (以下、バインディングリスト) を管理する。MN のハンドオーバーに伴い、CoA が変更した場合、MN は HA に対してバインディングの更新を行う。CN は、MN の訪問しているネットワークに関わらず、常に MN の宛先を HoA として送信する。HA がそれを受信して、バインディングリストから HoA に対応している CoA を宛先として更新し、HA が CN からのデータを FA を介して MN に転送する。これにより、CN から移動端末の移動を隠蔽できるようになり、移動しながらの通信の継続が実現できる。

3.2 複合無線アクセスネットワークのレイヤ構造

MobileIP ではホストを識別する HoA とロケータを識別する CoA を1つずつ割り当てられ、MN は1つの I/F かつ

1 ホップ (直接通信) によりアクセスネットワークを構成する。よって、MobileIP を利用して、複数の I/F を同時に利用かつ MN 間のマルチホップにより CWAN を構成するには、MobileIP からは 1 つの I/F かつ 1 ホップで見えるようにする必要がある。これを実現するためには、プロトコルスタックにおいて、CWAN 構成するレイヤを MobileIP より下位レイヤに組み込み、MobileIP から CWAN のアクセス経路を単一の無線リンクとして隠蔽する必要がある。以上より、本稿では、CWAN と MobileIP を統合するために、IP レイヤと MAC レイヤの間に複数の無線リンクや経路を集約する Composite レイヤを用意する。このレイヤでは集約した無線リンクの遅延を均等化するパケット分配を行い、高スループットと低遅延を実現する (図 2 参照)。

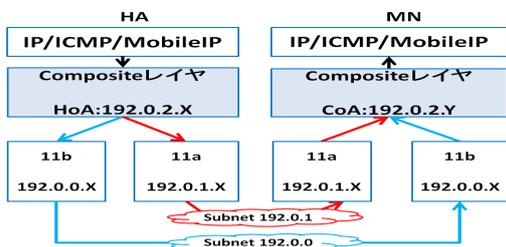


図 2 複合無線アクセスネットワーク統合レイヤ構造

4 パケット到着乱れ

CWAN は Composite レイヤで集約する無線リンクに遅延均等化するパケット分配を行い送信をするが、パケット到着の順番が乱れる可能性があるが、本節ではパケット到着乱れが TCP に与える影響について述べる。まず、TCP の役割として通信の信頼性の確保がある。信頼性を確保するための機能は大きく分けて確認応答と再送制御の二つから成り立つ。確認応答は送信元にデータセグメントを受け取った事を通知し、次に受け取るデータセグメントの番号を指定する機能のことである。再送制御は送信元に指定したデータセグメントが届かなかったことを検知し、速やかに届かなかったデータを相手に再送する機能である。TCP では同じデータセグメント番号を指定する再送が受信側から三回続いた時に高速再送制御が発生する。高速再送制御が発生すると送受信できるデータ量が半分になる。よって、CWAN でパケット到着乱れの発生が連続と高速再送が発生し、広げた帯域を狭めてしまう可能性がある。

5 シミュレーション

5.1 評価条件

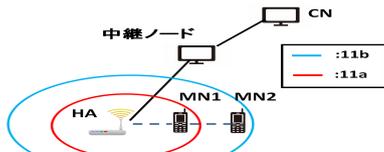


図 3 複合無線アクセスネットワーク構成図

本節では、MobileIP 統合方式の検証におけるシミュレーション

条件について述べる。図 3 のように MN2 台、HA を 1 台ずつ無線ネットワーク空間に配置す (図 3 参照)。

評価条件は次の通りである。

- ・伝送速度 6Mbps、通信範囲が 100m である 11a、伝送速度が 1Mbps、通信範囲が 200m である 11b を MN、HA、FA が装備する。
- ・送信元は CN、宛先は MN2 とする。
- ・アプリケーショントラフィックは FTP とし、データ量 50K から 450K バイトまでとする。
- ・MN1、MN2 は FA の 11a かつ 11b カバレッジに配置され移動しない。

以上の条件下で、MN2 における FTP スループットを CWAN 経路 (11a による node1 経由のマルチホップ経路と 11b リンクを並列利用) 使用と 11b リンクのみを経路使用の場合を比較した。

5.2 シミュレーション結果

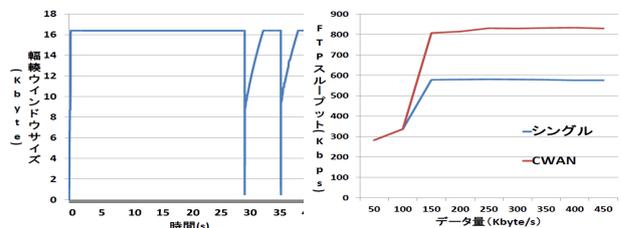


図 4 輻輳ウィンドウの変化

図 5 シミュレーション結果

図 5 においてデータ量が 50K と 100K の場合では 11b シングルリンク使用と 11a、11b を同時利用する CWAN 方式使用の場合と同等のスループットであるが、データ量が 150K になってからは CWAN 方式のスループットがシングルリンク使用のスループットの 1.6 倍になる。図 4 で輻輳ウィンドウサイズが半分になる所が二箇所あるが、パケット到着の乱れによる高速再送制御が発生していることがわかる。CWAN のパケット分配ではパケット到着乱れによる TCP への影響は低く抑えられているが、パケット到着乱れをさらに抑制すれば、TCP において高速再送制御に基づく輻輳ウィンドウサイズの減少をなくし、より高いスループットを実現できると考えられる。

6 結論と今後

CWAN は従来の無線アクセスネットワークと比較して、TCP フローにおいても高いスループットを実現するが、パケット到着乱れにより輻輳ウィンドウが減少するケースがあり、さらに MN の移動がある場合、到着乱れが増大すると考えられる。今後は、これを抑制するパケット分配方式を検討する。

参考文献

[1] 原田博司, "コグニティブ無線機の実現に向けた要素技術の研究開発", 電子情報通信学会論文誌 B Vol. J91-B, No.11, pp.1320-1331, 2008.

[2] 滝沢, 植田, 小花: "IEEE802.11 と IEEE802.16 を用いた複合アクセス経路のパケット分配制御方式", 情報処理学会論文誌, Vol. 52 No2, pp543-557 (2011).

[3] 滝沢, 野田, 安達: "移動通信環境における複合アクセスネットワークの MobileIP との統合", 研究報告 マルチメディア通信と分散処理 (DPS), Vol. 153, No.10 pp1-8 (2012).