

平成 22 年 5 月 31 日現在

研究種目：若手研究B  
 研究期間： 2008～2009  
 課題番号： 20700057  
 研究課題名（和文） 無線環境インターネットにおける MAC 層から得られる情報によるクロスレイヤ制御方式  
 研究課題名（英文） A Cross Layer Control of MAC Layer Information for Wireless Internet

研究代表者  
 大坐畠 智 (OHZAHATA SATOSHI)  
 電気通信大学・大学院情報システム学研究科・准教授  
 研究者番号：30361744

## 研究成果の概要（和文）：

無線チャネルの利用状況を MAC 層から得られる情報から推定し、クロスレイヤ制御により、上位層にこの情報を伝える。上位層では、無線の状況に合わせてトラフィックを調節できる適応制御の研究を行った。コンピュータシミュレーション、および、実機における性能評価実験により有用性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：A Channel occupancy is estimated from information of MAC layer. The information is used for the higher layer control via a cross layer control. The higher layer adjusts the traffic generation for the channel occupancy. The proposed methods are evaluated by computer simulation experiments and testbed.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2009 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：計算機システム・ネットワークB

キーワード：クロスレイヤ制御、無線、インターネット

## 1. 研究開始当初の背景

携帯端末は複数の無線インタフェースをもち、いつでもどこでもインターネット接続ができる環境が整いつつある。しかし、インターネットには接続できる通信品質を提供するだけであり、ユーザの要求する通信品質を提供することは現状では難しい。それはインターネットのアーキテクチャ（抽象化手法）が有線ネットワークを前提としたデータ通信のための“届けばよい”という通信品質

のために設計されているためである。よって、無線、モバイル環境において、音声、動画通信のための通信品質提供することはアーキテクチャ上困難であった。

## 2. 研究の目的

本研究では、まず、“無線”がどのように端末間で利用されているかを自端末で受信できる MAC（メディアアクセスコントロール）層の制御情報から推定する。インターネ

ットではエンドノードに通信の制御が集中 (TCP 等) しており、端末で無線ネットワークの状況を把握できることが非常に重要である。その情報を用いて上位層 (IP、TCP、アプリケーション等) が、それぞれの通信品質の要求を満たすような制御方式 (クロスレイヤ制御) の開発を行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

無線チャネルの利用状況を MAC 層から得られる情報から推定し、クロスレイヤ制御により、上位層にこの情報を伝える。上位層では、無線の状況に合わせてトラヒックを調節できる適応制御を可能とする仕組みを考案する。この制御により、動画の通信では、端末が利用できる帯域幅に合わせた動画転送制御により、ネットワークの輻輳によって品質の劣化しない動画通信を目的とした。TCP 通信では、動画通信品質に影響を与えないような TCP 通信のバックグラウンド転送の実現を目的とした。

端末側、および、基地局側でトラヒック制御する方式の開発し、FPGA を用いた無線 LAN ボードに実装したテストベッド、および、コンピュータシミュレーションによる評価を行った。

### 4. 研究成果

#### (1) 端末による MAC 層の情報を用いた動画トラヒック制御方式

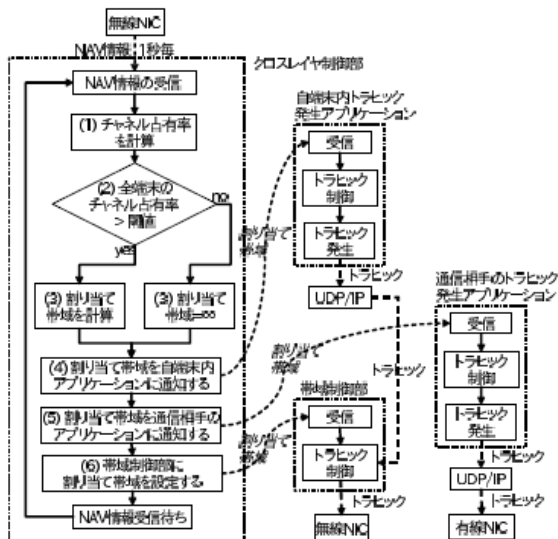


図1 提案システム構成

無線 LAN 評価ボードを改造し、無線の利用状況を NAV (Network Allocation Vector) 測定することで、推定できるようにした。無線 LAN ボードの情報を解析し、上位層に伝

えるためのクロスレイヤ制御プログラムを LINUX 上に実装した (図 1)。クロスレイヤプログラムは、トラヒック生成アプリケーションに対して、自端末で獲得できる帯域を伝えることで、アプリケーションで生成するトラヒック量を調節する適応制御方式を開発した。実機に評価実験により、端末から、サーバへの上り方向に対しては、通信品質が改善し、提案方式の有効性が確認できた。下り方向のトラヒック制御に関しては、基地局でのトラヒックのトラヒック制御方式が 1 つの FIFO のキューで行われており、パケットの破棄により、大きな通信品質の改善は見られなかった。

#### (2) 端末による MAC 層の情報を用いた TCP トラヒック制御方式

端末側の制御では、利用できる帯域幅に合わせた TCP 輻輳制御の開発し、動画通信と TCP 通信が 1 つの端末で行ったとき、動画品質を劣化させないことを目的とした。無線の利用状況を NAV (Network Allocation Vector) 測定を用いずに、推定できるように改良も行った。提案方式では無線の空き帯域幅に合わせて、端末からの上り方向に対しては TCP の輻輳ウインドウを制御し、下り方向に対しては TCP の広告ウインドウを制御することで、生成するトラヒックの制御をおこなった。輻輳/広告ウインドウの制御を動的に行うように改良することで、TCP のスループット向上と動画通信への影響を抑えることを可能とした (図 2)。Madwifi の改造により、無線 LAN カードに実装したテストベッド、および、コンピュータシミュレーションによる評価を行った。

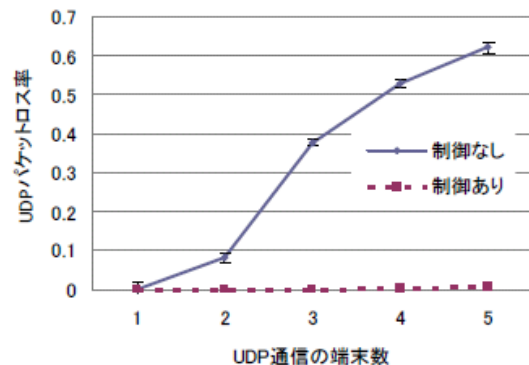


図2 TCP 通信と共存した場合の UDP 通信のペケットロス率

#### (3) 基地局による MAC 層の情報を用いた端末ごとのトラヒック割り当て方式

基地局がでは、端末が送受信するパケットを中継するため、トラヒックの制御をおこなうことが比較的容易である。サブテーマ 1、2

のエンド・トゥ・エンド制御をサポートするために基地局では、端末間での送受信量の合計が等しくなるような制御を提案した。基地局では、無線チャネルの利用状況を分析することで、各端末に割り当てる無線チャネル占有時間を上り、下り方向に対して合わせて割り当てる。これは、無線 LAN が半 2 重通信であり、基地局での制御よりも、端末側でのエンド・トゥ・エンドの制御優先するためである。端末側でのエンド・トゥ・エンドの制御を優先させるのは、通信品質を評価するのは、エンドユーザであり、そのエンドユーザからの情報を得やすい端末が制御の主導権を持つことで、通信品質を向上させることができると考えられるためである。基地局では、下りの帯域を十分に確保するために CSMA/CA 制御方式のコンテンションウィンドウサイズを動的に変更する。この制御の際に、各端末のチャネル利用率を考慮に入れることで、各端末に任意の帯域幅を割り当てることが可能となる。

コンピュータシミュレーションにより、評価を行い、TCP 通信では、上り、下りの通信、および、エンド・トゥ・エンドの異なるトラヒックが混在した場合でも、提案方式が有効に働くことを示した。UDP フローに関しては、上りトラヒックを極端に発生させる端末がない限り、有効であることを示した(図 3)。

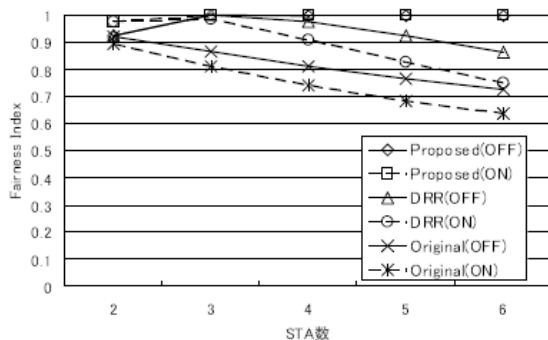


図 3 端末数を増やした時の Fairness index

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 15 件)

[1] Keiya Ijiri, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima, "TCP Window Control for QoS Improvement based on Channel Occupancy Information over Wireless LAN," IEEE INDIN 2010, 2010. (大阪, 2010 年 7 月, 採録済)

[2] 平井敏之, 大坐島智, 川島幸之助, リアルタイム通信の品質改善のための無線 LAN 端末における TCP 輻輳制御, 電子情報通信学会, NS 研究会, Vol. 110, No. 4, pp. 11-16, 2010 (鹿児島, 2010 年 4 月 15 日).

[3] 井尻恵也, 大坐島智, 川島幸之助, "無

線 LAN における通信品質改善のための MAC 層の情報を用いた TCP ウィンドウ制御," IPSJ 全国大会, 5ZB-1, 2010. (東京, 2009 年 3 月 11 日)

[4] 平井敏之, 大坐島智, 川島幸之助, "無線 LAN 端末におけるチャネル競合端末数と有線区間の遅延を用いる TCP 輻輳制御," IPSJ 全国大会, 5ZB-2, 2010. (東京, 2009 年 3 月 11 日)

[5] 吉岡俊博, 大坐島智, 川島幸之助, アクセスポイントにおける動的なコンテンションウィンドウ制御を用いた端末ごとの帯域割り当て方式, 電子情報通信学会, IN 研究会, Vol. 109, No. 449, pp. 7-12, 2010. (宮崎, 2010 年 3 月 4 日)

[6] Toshihiro Yoshioka, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima, "Fair Bandwidth Assignment to Each Terminal in Wireless LAN Access Point," IEICE ソサイエティ大会 2009, BS10-22, 2009. (新潟, 2009 年 9 月 17 日)

[7] Yoshihiro Yoshioka, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima, "Fair Bandwidth Assignment to Each Terminal by Adjusting Contention Window Size in Access Point," Proc. IEEE PIMRC'09, 2009. (東京, 2009 年 9 月 16 日)

[8] Kengo Mikoshiba, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima, "Adjusting TCP Window Flow Control based on Channel Occupancy Information of IEEE 802.11 Systems," Proc. IEEE PIMRC'09, 2009. (東京, 2009 年 9 月 15 日)

[9] 吉岡俊博, 大坐島智, 川島幸之助, IEEE 802.11 における基地局の動的なコンテンションウィンドウ制御による端末ごとの帯域割り当て方式, 電子情報通信学会, NS 研究会, Vol. 109, No. 3, pp. 59-64, 2009. (東京, 2009 年 4 月 17 日)

[10] 中島裕, 大坐島智, 川島幸之助, IEEE 802.11 における MAC 層の情報を用いた動画のための通信制御方式, 電子情報通信学会, NS 研究会, Vol. 109, No. 3, pp. 59-64, 2009. (東京, 2009 年 4 月 17 日)

[11] 御子柴健吾, 中島裕, 大坐島智, 川島幸之助, "IEEE 802.11 における MAC 層の情報を用いた広告ウィンドウ制御による TCP フロー制御", 電子情報通信学会, IN 研究会, Vol. 108, No. 458, pp. 37-42, 2009. (沖縄, 2009 年 3 月 3 日)

[12] Hiroshi Nakashima, Satoshi Ohzahata, Konosuke Kawashima, "A Traffic Control Method with Channel Occupancy Information from MAC Layer in IEEE802.11," Proc. of ICOIN2009, 2009. (タイ, 2009 年 1 月 23 日)

[13] 御子柴健吾, 中島裕, 大坐島智, 川島幸之助 IEEE 802.11 における MAC 層の

情報を用いた TCP ウィンドウ制御による通信品質制御方式 信学技報, vol. 108, no. 342, pp. 7-12, 2008. (広島, 2008 年 12 月 11 日)

[14] 中島 裕, 大坐島智, 川島幸之助, IEEE802.11 における MAC 層の情報を用いた通信品質制御方式の一検討, 情報処理学会 MBL 研究会 MBL46, pp. 59-65, 2008. (東京, 2008 年 9 月 25 日)

[15] 御子柴 健吾, 中島 裕, 大坐島智, 川島 幸之助, “無線 LAN における MAC 層の情報を用いた TCP ウィンドウ制御による通信品質制御方式の一検討,” FIT 2008, M-024, 2008. (神奈川, 2008 年 9 月 2 日)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大坐島 智 (OHZAHATA SATOSHI)

電気通信大学・大学院情報システム学  
研究科・准教授

研究者番号 : 30361744