

無線 LAN の多重化による広帯域化ネットワークとその応用

高野 尚恭[†] 柴田 義孝[†] 橋本 浩二[†][†] 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 ソフトウェア情報学科

1 はじめに

近年、無線 LAN はその利便性及通信速度の高速化により広く普及してきている。しかし、これまでの無線 LAN は単一の通信経路を利用していたため、利用できる帯域は制限されており、かつ伝送距離やネットワーク環境により帯域が大きく低下してしまうなどの問題や、安定性やパケットロス等の問題が存在している。

そこで本研究では通信を行う端末間で複数の無線 LAN を用いて、通信速度や伝送可能距離の異なる無線通信回線を組み合わせて [1] 端末間で利用者の必要帯域に応じて動的に多重化を行う [2] ことで柔軟かつ広帯域な通信を実現する。本研究では多重化された無線ネットワーク上でビデオストリームや VoIP を使用するアプリケーションを用いてその有効性について検証する。

2 システム構成

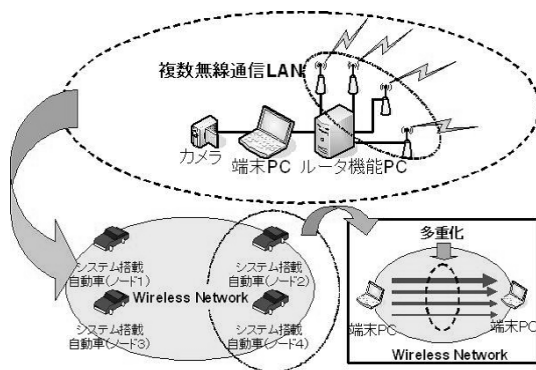


図1：システム構成

図1は本研究におけるシステム構成を示しており、複数の無線 LAN による通信経路をノードに持たせ、ノード間で通信回線を多重化することによって全体のスループットの向上と柔軟性の向上を図る。各ノードは複数の無線通信経路を持っているルータ機能 PC と、ルータ機能 PC に接続される端末 PC とで構成される。本システムはルータ機能 PC 上に実装され、アプリケーションは端末 PC 上で動作する。ルータ機能 PC はアプリケーションの通信を中継する形でノード間の通信を実現し、端末 PC 上のアプリケーションやネットワーク資源の状況、ユーザの要求などによって動的に回線を多重化し、必要帯域を確保する。また、通信可能距離が異なる無線通信方式を利用することにより、通信可能距離による通信の切断が起こりやすい車などの移動性を持つ環境での利用が可能となる。本研究の有効性を評価するためプロトタイプを構築しフィールド実験にて評価を行う。

3 システムアーキテクチャ

本システムは、ノード間においてアプリケーションを利用する端末 PC 同士を仲介するモバイルルータ的な機能を

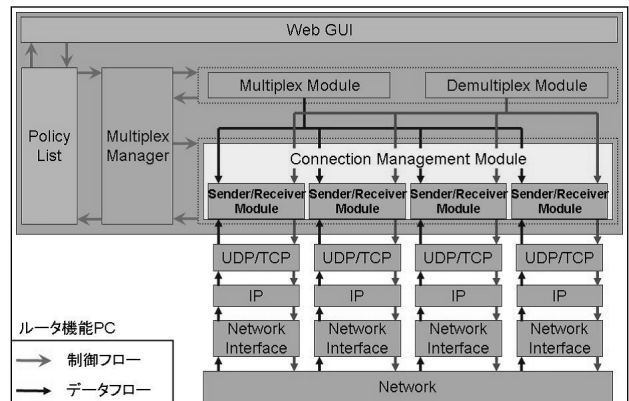


図2：システムアーキテクチャ

有するデータ中継を行うシステムとして実現される。図2に本システムのアーキテクチャを示す。本システムではルータ機能 PC に複数の NIC を用意して複数の無線通信の経路を持たせ、それらに必要に応じて多重化することでネットワークの柔軟性のある広帯域化を図る。本システムでは定期的に計測したスループットに基づいて利用可能な通信回線の多重化を行うことによって動的に帯域を割り当てる手法を提案する。

本システムのモジュールの概要を以下に示す。

- ・ Multiplex Manager：Multiplex Manager 同士で制御通信を行う。ポリシーに従った多重化方法の決定、切り替えを行う。
- ・ Multiplex Module：送信側から送られたデータをアプリケーションが動作している端末 PC に渡す。
- ・ Demultiplex Module：アプリケーションが動作している端末 PC から送られたパケットを多重化に使用する回線に振り分ける。
- ・ Sender/Receiver Module：多重化に使用する各回線におけるデータの送受信を行う。
- ・ Connection Management Module：回線の生存確認やスループットの計測を行う。
- ・ Policy List：ユーザが設定したポリシーを管理する。
- ・ Web GUI：Web ブラウザを介してルータ機能 PC のポリシーやメディア毎のスループットを設定する。

4 パケットレベル多重化方法

本研究では、異なる無線周波数による複数の無線 LAN を用いて複数の経路を用意し、その上でパケットレベルでの多重化を実現する。

このため、異なる無線方式を導入や、通信可能距離の異なる無線 LAN を利用することによって、通信可能距離が短い無線でロスが発生した場合に通信距離が長い無線でロスをカバーできるといったメリットが考えられる。

4.1 多重化のアルゴリズム

本システムでの多重化はノード上のルータ機能 PC において実現される。ルータ機能 PC では各通信回線について定期的にスループットを計測しておき、スループットと利用可能であるかを把握しておく。また、あらかじめ多重化に使用する回線を選択するポリシーや利用するメディアで必要とするスループットをブラウザを介して設定しておく。

多重化の開始は以下の手順によって行われる。

Broadband Network Using Multiplexing Wireless LAN and Its Application

[†] Naoyuki Takano(g031a094@edu.soft.iwate-pu.ac.jp)

[†] Yoshitaka Shibata(shibata@iwate-pu.ac.jp)

[†] Kouji Hashimoto(hashi@iwate-pu.ac.jp)

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University (†)

1. Multiplex Manager が利用するメディアの必要帯域を取得
2. 多重化が必要かどうか判断
3. 多重化が必要であればポリシーに基づき使用する回線
を決定
4. 送信側は受信側に使用する回線を通知
5. 受信側は送信側に準備完了応答を返す
6. 多重化通信開始

以降通信中に使用する回線の変更が必要な場合には手順3以降を繰り返す。図3に必要帯域が約25~30MbpsのDVやHDVビデオストリームを送信する場合のフローを示す。

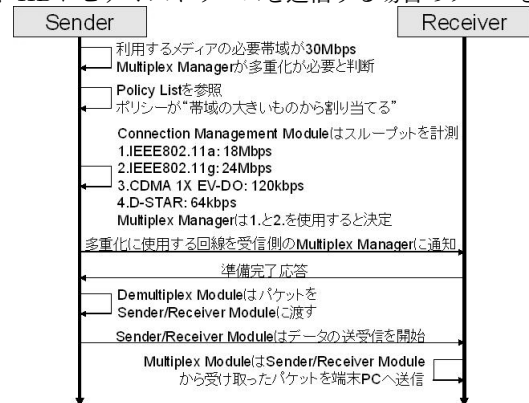


図3：多重化開始のフロー

・送信側

送信側では端末PCから送信されたパケットをDemultiplex Moduleが受け取り、複数の通信回線に振り分けてSender/Receiver Moduleから受信側へ送信する。回線の選択基準はあらかじめ定められたポリシーとその優先度に従い、Multiplexing Managerが決定する。ポリシーの例を次に挙げる。

1. 帯域の大きい回線から割り当てる
2. パケット到着間隔の小さい回線から割り当てる
3. パケットロスの低い回線から割り当てる
4. ユーザが指定した順に割り当てる

これらのポリシーとその優先度に応じて多重化を行い動的な帯域の割り当てを実現する。

・受信側

受信側ではMultiplex ModuleがSender/Receiver Moduleから受信したパケットを受け取り、接続している端末PCに送信する。受信側では各回線においてパケットの到着間隔を測定し、送信側のMultiplex Managerに通知することで回線を選択する際の評価基準とする。

5 プロトタイプ

本研究では先に述べた多重化手法によって実際に広帯域通信が実現できているかを確認するためのプロトタイプシステムを構築し、その有効性を評価する。プロトタイプシステムを図4に示す。ここではIEEE 802.11a (5.0GHz帯、転送速度54Mbps)、IEEE802.11b/g (2.4GHz帯、転送速度11Mbps/54Mbps)、アマチュア無線の周波数帯を使用するD-STAR (1.2GHz帯、転送速度128kbps)、AUのデータ通信カードCDMA 1x EV-DO (800MHz帯、転送速度144kbps)といった周波数や通信速度の異なる無線通信回線を使用する。

これらの中から複数の無線を組み合わせることで、多重化の必要がない場合は複数の経路から選択して使用し、より大きな帯域が必要なときには多重化によってスループットの向上を図るといった動的なシステムを構築し、システム上でビデオストリームやVoIPを利用して性能評価を行う。

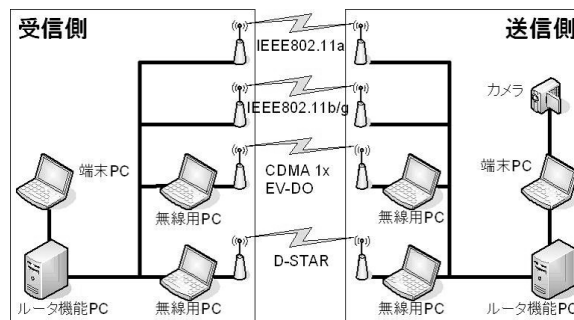


図4：プロトタイプシステム

6 性能評価

本研究では多重化ネットワークの評価方法としてビデオストリームを使用する応用例を用いて評価を行う。以下に本研究での評価項目を挙げる。

1. スループット (送信/受信)
2. CPU 使用率
3. 遅延
4. パケットロス率
5. 受信したDVの品質

二地点に本システムを実装したノードを用意し、DV[3]及び、MPEG4を用いて本システム上で送受信する。上記の評価項目を送信側、受信側両方のルータ機能PC、端末PCにおいて一経路で接続した場合と複数経路で接続した場合についてそれぞれ計測し、性能評価を行う。使用する映像はビデオカメラからリアルタイムで取得した画像を本システムを使用して送受信し、スループット等はTCP Monitor Plus[4]やiperf[5]を使用して計測する。

7 まとめ

本稿では複数の無線通信経路をスループットやパケットロス率、ユーザの要求等に基づいて多重化することによって無線通信の広帯域化を実現する手法について述べた。また、現在プロトタイプシステムとして複数の無線経路を持つ環境を構築し、システム上でビデオストリームを使用する例を挙げ性能評価を行っている。

今後の展開としては多重化アルゴリズムの改善によって、信頼性の向上や各無線通信経路の特性を考慮した多重化通信が実現できると考えられる。さらに、アドホックネットワークと組み合わせることでより柔軟なネットワークが構築でき、災害時の代替ネットワークとしての活用等が期待できる。

参考文献

- [1] L. Magalhaes and R. Kravets: "Transport Level Mechanisms for Bandwidth Aggregation on Mobile Hosts," Proc. on the Ninth International Conference on Network Protocols (ICNP'01) pp. 165-171, November 2001.
- [2] Ahmed Abd El Al, Tarek Saadawi, Myung Lee: "A Transport Layer Load Sharing Mechanism for Mobile Wireless Hosts," Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, p. 87, 2004.
- [3] DVTS(Digital Video Transport System) [http://www.dvts.jp/]
- [4] TCP Monitor Plus [http://hp.vector.co.jp/authors/VA032928/index.html]
- [5] A. Tirumala, F. Qin, J. Dugan, J. Ferguson and K. Gibbs, "iperf: The TCP/UDP Bandwidth Measurement tool," http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/, 1999.