

マルチインタフェースアドホックネットワークにおける チャンネル使用状態を考慮した経路制御手法の 提案と実装

梶岡慎輔† 若宮直紀† 佐藤弘起††
林正人†† 松井進†† 村田正幸†

†大阪大学 大学院情報科学研究科
††株式会社 日立製作所 システム開発研究所

Advanced Network Architecture Research Group

研究の背景

- 災害時ネットワーク, 監視システム
 - 音声, 映像などの情報のリアルタイム伝送

帯域, 遅延などのQoS制御が必要

経路制御のメトリックに利用可能帯域およびパケット転送遅延を用いることで, パケット棄却率が半減 [3]

無線通信資源の有効活用, 通信容量の向上が必須

複数の無線チャンネルの組み合わせ, 切り替えによりチャンネルあたりのスループットが向上 [6-9]

August 23, 2007 AN研究会 2

Advanced Network Architecture Research Group

研究の対象およびアプローチ

- 研究の対象

複数の無線チャンネルが利用可能なノードで構成されるネットワーク
(設置したノードはほぼ静止)
- 本研究のアプローチ

アプリケーションのQoS要求を考慮した経路制御手法

 - マルチチャンネルの統合的利用
 - OLSRによる帯域使用状態に関する情報収集・管理
 - オーバレイによる柔軟なQoS経路制御

August 23, 2007 AN研究会 3

Advanced Network Architecture Research Group

提案手法の主な機能

- チャンネル制御

通信容量の向上

 - チャンネルごとに送信データ量を集計, 利用可能帯域を推定
 - 送信パケットごとに最も空いているリアルタイム通信チャンネルを選択, パケット送信
- 拡張OLSRv2

低オーバーヘッドな帯域情報管理

 - 経路制御メッセージに帯域情報を付加, データ通信チャンネルを用いて送信
- 論理ルーティング

QoSを考慮した柔軟な経路制御

 - 拡張OLSRv2によって管理される物理トポロジ情報, 帯域情報をもとにQoSを満足する論理経路を決定

August 23, 2007 AN研究会 4

Advanced Network Architecture Research Group

提案手法の主な機能: チャンネル制御

- チャンネル割り当て

	ノード1	ノード2	ノード3
チャンネル0 (経路制御・データ通信)	192.168.0.1/24	192.168.0.2/24	192.168.0.3/24
チャンネル1 (リアルタイム通信)	192.168.1.1/24	192.168.1.2/24	192.168.1.3/24
チャンネル2 (リアルタイム通信)	192.168.2.1/24	192.168.2.2/24	192.168.2.3/24
- 利用可能帯域の推定 (総チャンネル数 K)
 - ノード k におけるチャンネル c ($1 \leq c \leq K-1$) の利用可能帯域 $B_k(c)$

$$B_k(c) = W(c) - B(c)/T.$$

$W(c)$ チャンネル c の理想的な通信容量 (例: 54Mbps)
 T 推定周期
 $B(c)$ 推定周期内にノード k がチャンネル c にて送信した総データ量

- ノード k における全てのリアルタイム通信チャンネルの利用可能帯域 B_k

$$B_k = \sum_{c=1}^{K-1} B_k(c).$$

August 23, 2007 AN研究会 5

Advanced Network Architecture Research Group

提案手法の主な機能: 拡張OLSRv2

- 帯域情報付き物理トポロジ情報の管理
 - チャンネル制御から得た帯域情報 (自ノードの総利用可能帯域) とトポロジ情報をあわせて管理
 - 論理ルーティングに帯域情報付きトポロジ情報を通知
- HELLOメッセージの交換
 - 隣接ノード同士で帯域情報付きトポロジ情報を交換
- TCメッセージの交換
 - 帯域情報付きトポロジ情報を広告, ネットワーク全体で帯域情報を共有

August 23, 2007 AN研究会 6

Advanced Network Architecture Research Group

提案手法の主な機能: 論理ルーティング

OLSRV2による物理トポロジ

1 ソースノード(S)で論理メッシュネットワークを構築

論理メッシュネットワーク

2 論理ネットワーク上でQoS要求に応じた論理経路を決定
例: 利用可能帯域が最大の論理経路

決定した論理経路

3 物理経路に従ったパケット転送

Legend: 論理パス (dotted line), 物理パス (solid line)

August 23, 2007 AN研究会 7

Advanced Network Architecture Research Group

提案手法の実装

- 実装システムのモジュール構成
 - LRモジュール: 論理ルーティング
 - SWモジュール: チャネル制御 (利用可能帯域の推定, パケット転送)
 - OLSRモジュール: 利用可能帯域の広告, 物理ルーティング

Real-time applications

LR (Logical Routing) 実装システム

OLSR

SW (Switcher)

UDP/IP CH_0, CH_1, CH_2, CH_3

Application Data flow (solid line), OLSR Message flow (dashed line)

August 23, 2007 AN研究会 8

Advanced Network Architecture Research Group

実装: LRモジュールの動作 (トポロジ情報取得)

- 帯域情報付き物理トポロジ情報の取得
 - OLSRモジュールから帯域情報が付加された物理トポロジ情報を定期的に取得
 - 論理ルーティングに利用

Real-time applications

LR (Logical Routing) 実装システム

OLSR

SW (Switcher)

UDP/IP CH_0, CH_1, CH_2, CH_3

Application Data flow (solid line), OLSR Message flow (dashed line)

August 23, 2007 AN研究会 9

Advanced Network Architecture Research Group

実装: LRモジュールの動作 (経路制御, データ転送)

- リアルタイムアプリケーションデータの転送
 - セッションごとに論理経路を設定
 - セッション状態はLRで管理
 - 論理経路をLRヘッダに格納し, データをカプセル化して, SWに転送

Real-time applications

LR (Logical Routing) 実装システム

OLSR

SW (Switcher)

UDP/IP CH_0, CH_1, CH_2, CH_3

Application Data flow (solid line), OLSR Message flow (dashed line)

August 23, 2007 AN研究会 10

Advanced Network Architecture Research Group

実装: LRヘッダの構造

0		7		15		23		31	
ヘッダ識別子									
メッセージタイプ	論理経路長				メッセージ長				
送信側ポート番号					受信側ポート番号				
フラグ#1									
IPアドレス#1 (送信側)									
フラグ#2									
IPアドレス#2 (中継ノード)									
...									
フラグ#n									
IPアドレス#n (受信側)									
アプリケーションデータ									

ヘッダ情報

例: 送信側ノードフラグ: 1, 受信側ノードフラグ: 0, 既達フラグ: 1

論理経路情報

例: 送信側ノードフラグ: 0, 受信側ノードフラグ: 1, 既達フラグ: 0

August 23, 2007 AN研究会 11

Advanced Network Architecture Research Group

実装: LRモジュールの動作 (中継, 受領)

- リアルタイムアプリケーションデータの中継, 受領
 - SW送出パケットのLRヘッダを参照, 自ノードのフラグを取得
 - 受信側ノードフラグがセットされている場合: 受領処理
 - リアルタイムアプリケーションにアプリケーションデータを転送
 - 受信側ノードフラグがセットされていない場合: 中継処理
 - 既達フラグをセットして, SWに転送

Real-time applications

LR (Logical Routing) 実装システム

OLSR

SW (Switcher)

UDP/IP CH_0, CH_1, CH_2, CH_3

Application Data flow (solid line), OLSR Message flow (dashed line)

August 23, 2007 AN研究会 12

Advanced Network Architecture Research Group

実装: SWモジュールの動作(送信)

- パケットの送信
 - LR送出パケットのLRヘッダを参照し、論理経路の次ノードのIPアドレスを取得
 - システムの経路表を参照し、論理経路の次ノードに対応する物理経路の次ノードを決定
 - 利用可能帯域がもっとも大きいチャンネルを選択、送信

August 23, 2007 AN研究会 13

Advanced Network Architecture Research Group

実装: SWモジュールの動作(中継, 受信)

- パケットの中継, 受信
 - 受信パケットのLRヘッダから、論理経路の次ノードのIPアドレスを取得
 - 自ノードの場合: 受信処理 LRに転送
 - 自ノードでない場合: 中継処理 次ホップにパケット送信

August 23, 2007 AN研究会 14

Advanced Network Architecture Research Group

実装: OLSRモジュールの動作

- 帯域情報付キトポロジ情報の管理
 - 利用可能帯域に関する情報を管理するテーブルを追加
 - SWから通知される自ノードの利用可能帯域
 - 制御メッセージにより取得される他のノードの利用可能帯域
 - LRからの要求に応じてLRに通知
 - HELLOメッセージでの交換
 - 隣接ノード同士で帯域情報付キトポロジ情報を交換
 - TCメッセージでの交換
 - MPRノードによって帯域情報付キトポロジ情報を広告

August 23, 2007 AN研究会 15

Advanced Network Architecture Research Group

動作検証実験の構成

- 日立情報通信エンジニアリング製 小型アドホック中継端末(右図)に組み込み
 - 4つの独立した無線インタフェースのうち アドホック通信では3つを使用

アドホック中継端末の仕様

無線インタフェース	IEEE 802.11b/g x 4 (うちアドホック通信用 x 3)
CPU	SH4
RAM	DDR-SDRAM (64 MB)
OS	Linux Kernel 2.6

4ノードからなるネットワーク

August 23, 2007 AN研究会 16

Advanced Network Architecture Research Group

実験による動作検証

- データ送信実験 - 送信ノード(S), 受信ノード(D)
 - 1,024バイトのアプリケーションデータを500ミリ秒おきに送出
- 実験により動作を確認した事項
 - LRモジュール
 - 帯域情報にもとづいた論理ルーティング, 論理経路にもとづくパケット転送
 - SWモジュール
 - 利用可能帯域推定, 空きチャンネルの選択とパケット送信
 - OLSRモジュール
 - 帯域情報の交換, 管理, 帯域情報を付加したトポロジ情報の生成

August 23, 2007 AN研究会 17

Advanced Network Architecture Research Group

まとめと今後の課題

- まとめ
 - チャンネル使用状態を考慮した経路制御手法の提案
 - 実装実験により動作を確認
- 今後の課題
 - 実機を用いて実際に使用される環境を想定した実験, 提案手法の効果の測定
 - 実装システムの処理オーバーヘッドの測定
 - 64Kbps音声データの伝送を想定したエンド間遅延の測定, 収容可能セッション数の測定
 - 経路制御手法, チャンネル制御手法の改良

August 23, 2007 AN研究会 18

