



IEEE 802.11n無線メッシュネットワークにおける 複数アンテナの受信信号強度を 利用した送信レート制御

片山研究室
吉本明人

無線メッシュネットワーク

ノードが構築する網目状の無線LANバックボーン

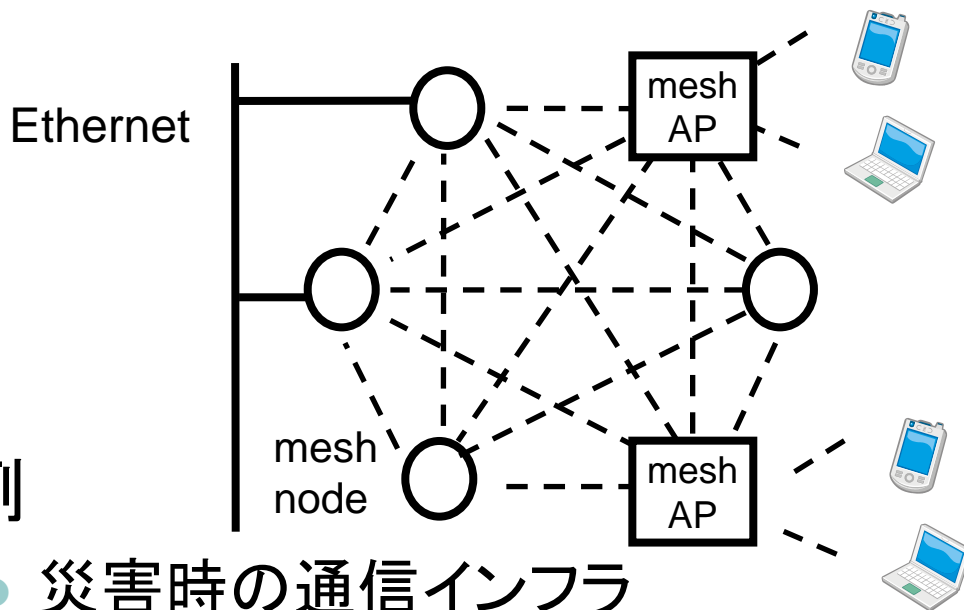
- 有線に比べてネットワークが容易に構築可能
- ノードが固定でリンク品質変化小

例

- 災害時の通信インフラ
- 期間の限られたイベントのネットワーク

IEEE 802.11規格を主に利用

- 送信レートを選択可能



送信レート制御方式

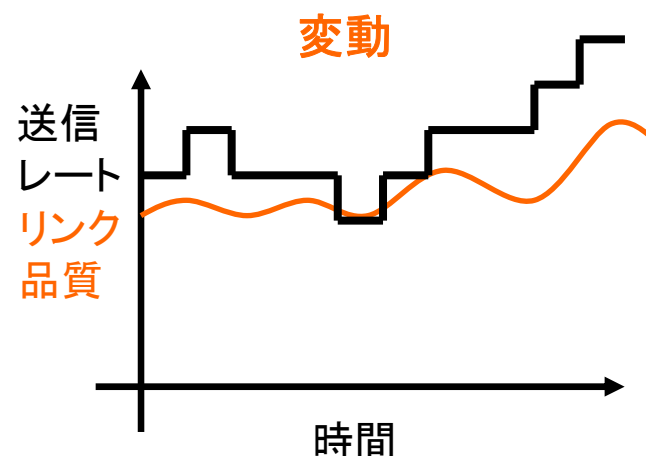
- 最もスループットが高くなる送信レート(最適レート)を選択

オートレート方式

- 通信成功回数等で送信レート制御

利点 リンク品質の変化に対応可能

欠点 常に送信レート探索により
スループット低下

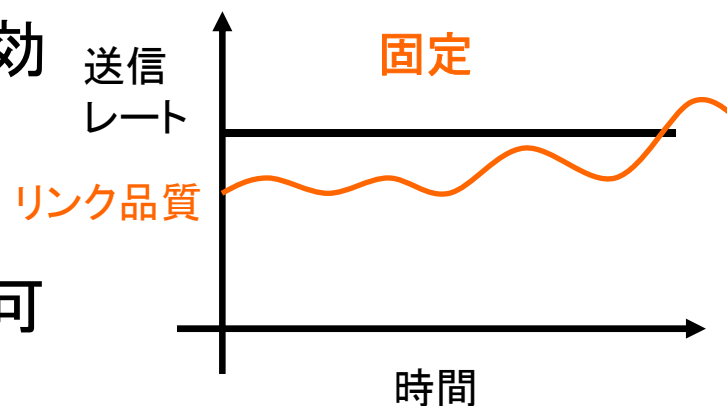


固定レート方式

- リンク品質が変化しない場合有効

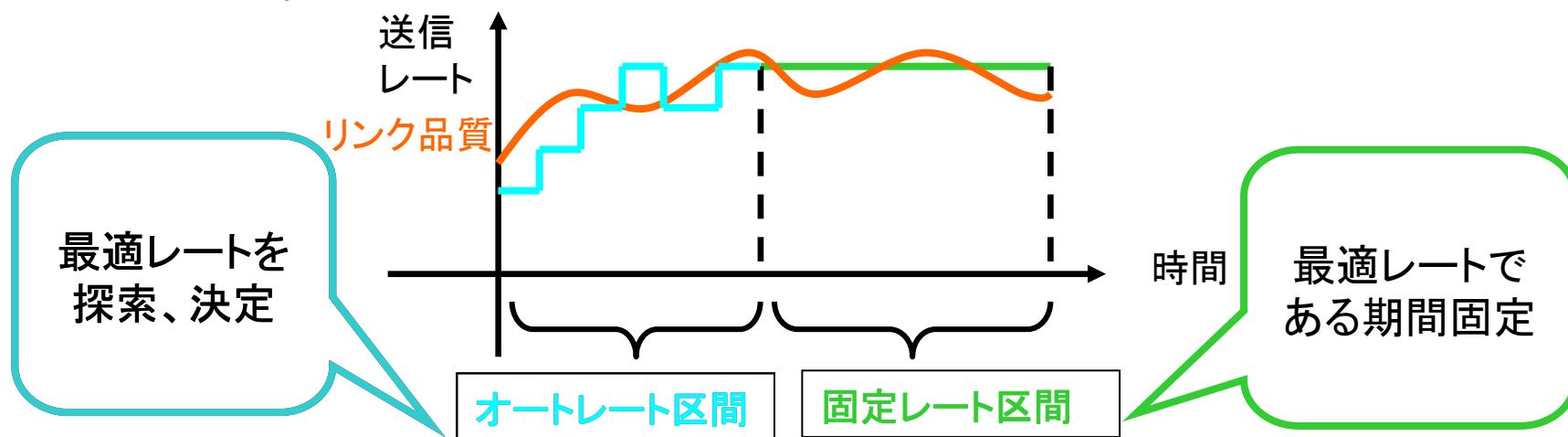
利点 高スループットが得られる

欠点 事前測定が必要
リンク品質の変化に対応不可



半固定レート方式

- オートレート方式と固定レート方式を組み合わせた方式[7]
 - ノードが固定でリンク品質が大きく変化しない場合有効
 - 最適レート事前測定が不要
 - リンク品質の変化に対応可能
 - 高スループット

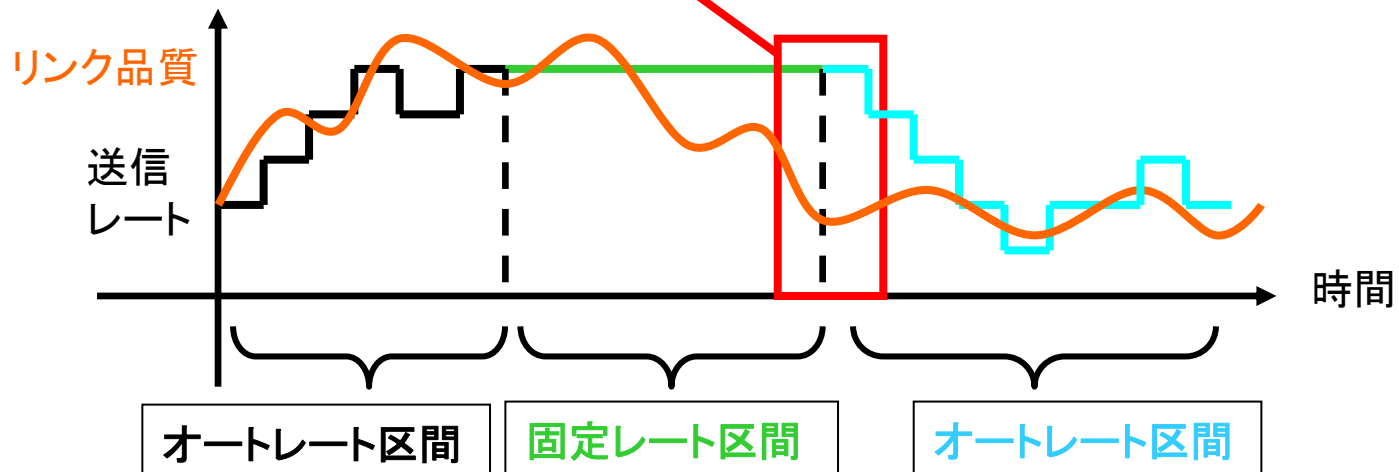


[7] T.Togashi, K.Mase, H.Okada, "Experimental evaluation of rate switch control in wireless mesh networks,"
IEEE VTC-Spring 2011.

● ● ● 半固定レート方式の課題

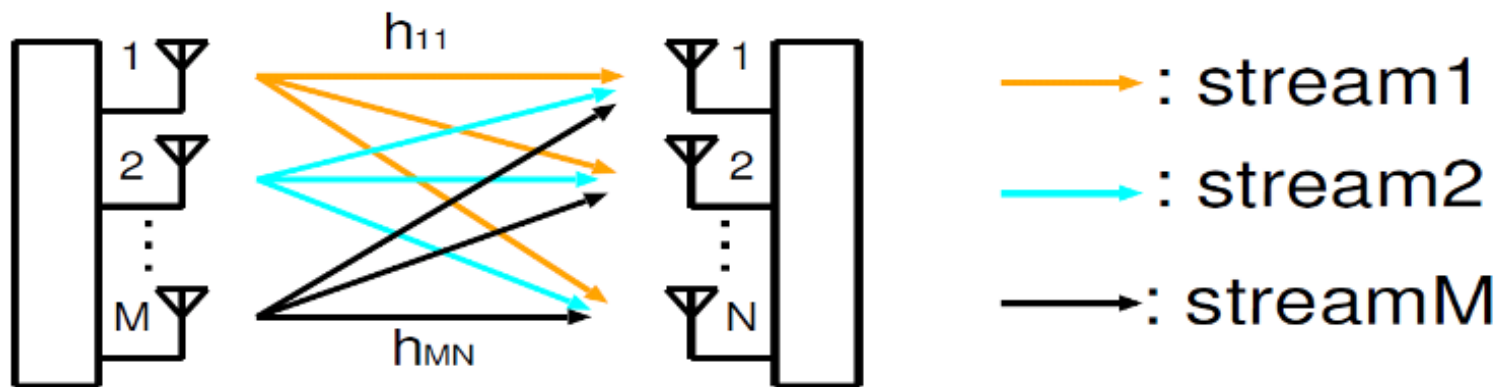
○ リンク品質は長期的に変化

- 固定レートからオートレートへの切替方法に注目



MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) の送信レート制御

- IEEE 802.11nはMIMOにより高スループットを達成
 - MCS(Modulation and Coding Scheme)
によって定まる送信レートを選択可
MCS0-MCS7(1stream)
MCS8-MCS15(2streams)
- ストリーム数による特性の違いを考慮する必要有
 - 通信成功回数やパケット誤り率では判定困難
 - 受信信号強度(RSSI)を用いる場合複数アンテナを考慮



研究目的

IEEE 802.11n無線メッシュネットワークにおいて
複数アンテナのRSSIを利用した送信レート制御

- RSSI特性調査
 - 距離特性
 - 時間特性
- RSSIと最適レートの相関調査
 - 相関測定実験
- RSSIを利用したオートレート切替手法の提案・評価
 - 1アンテナ利用する手法
 - 2アンテナ利用する手法
 - ストリーム数を考慮した手法

● ● ● RSSIを用いた送信レート制御

- フレームのプリアンプルの強度がRSSI
 - 常に測定しているものを利用可能
 - オーバーヘッド小
- MIMOでRSSIを用いた最適レート選択は困難
 - 固定レートからオートレートの切替への利用を検討
 - 最適レートとRSSIに相関があれば
RSSIを用いてリンク品質を判定可能



相関測定実験

目的

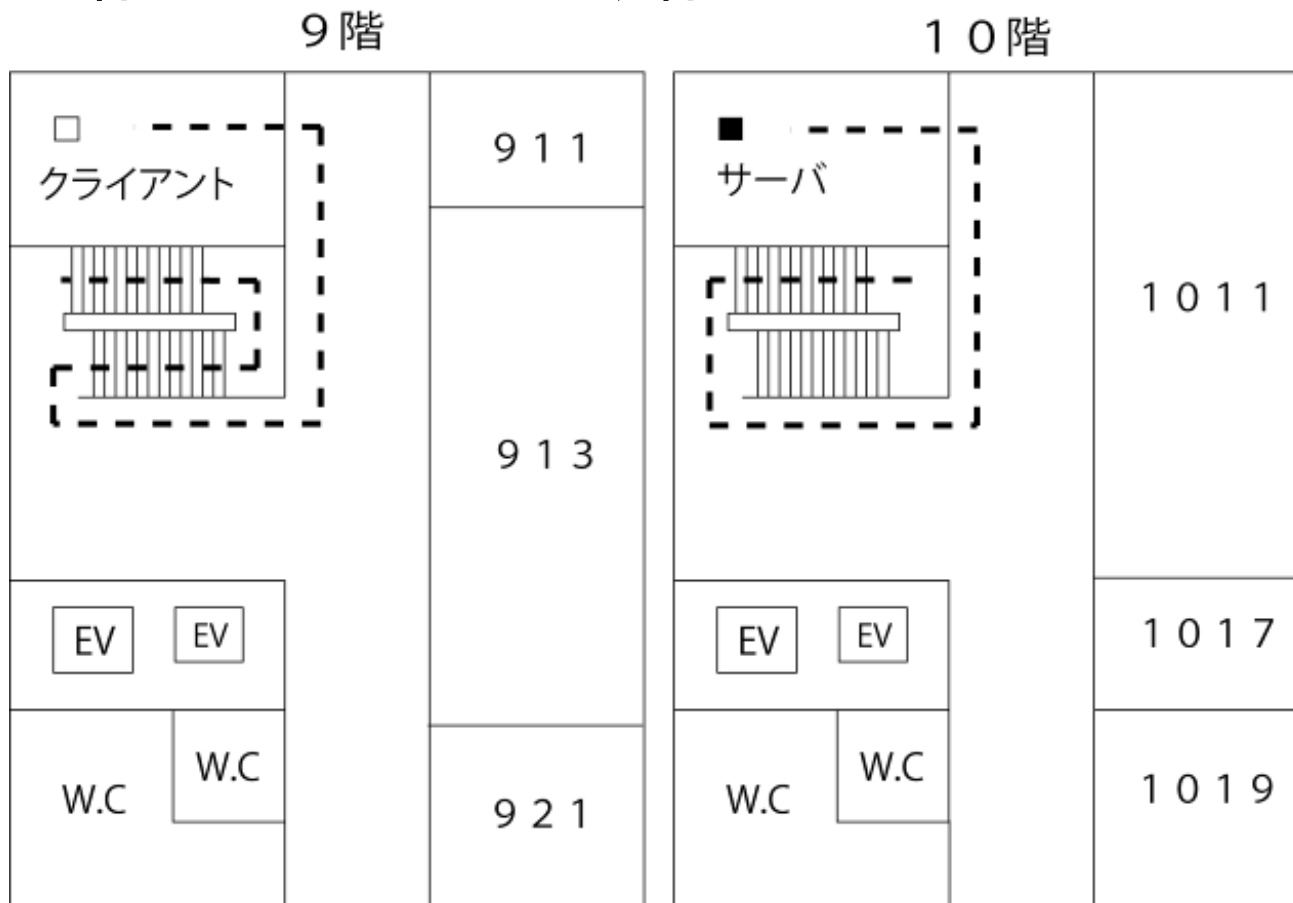
- RSSIの変化と最適レートの変化の相関測定

内容

- 2台のノートPC間、各送信レートで通信
- 各送信レートのスループット、各アンテナのRSSI、最適レートを測定
- クライアントを移動させ恣意的にRSSI、最適レートを変化

実験環境(1/2)

- サーバ固定
- クライアントの向き、場所を変えながら測定
- 破線はクライアントの動線



実験環境(2/2)



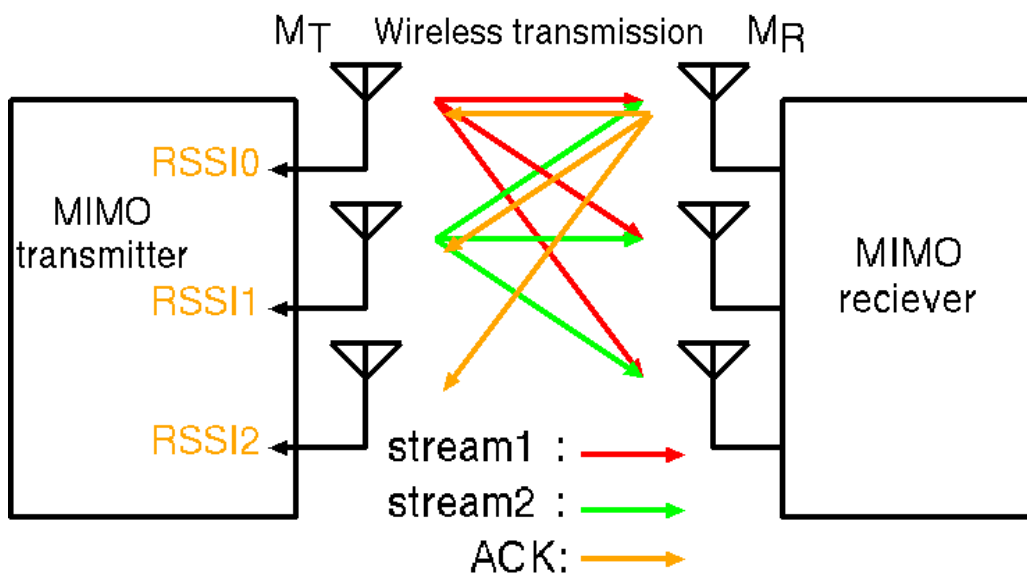
クライアント 9F給湯室



サーバ 10F給湯室

実験諸元

- 3つのRSSIを測定できるようにドライバを改造



ドライバ	Math9k
測定ツール	Iperf
送信レート	MCS0-MCS7 (1stream) MCS8-MCS15 (2streams)
チャネル	1(2.4GHz) 36(5GHz)
トランスポート プロトコル	UDP
送信パケット サイズ	1472[byte]
送信電力	20dBm
測定時間	5秒
サンプル数	13

実験結果(5GHz)

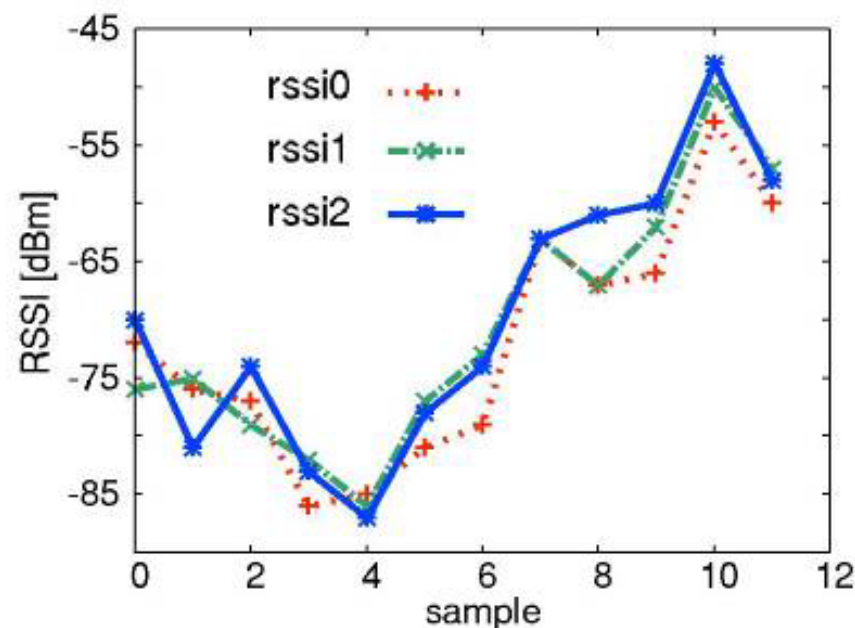
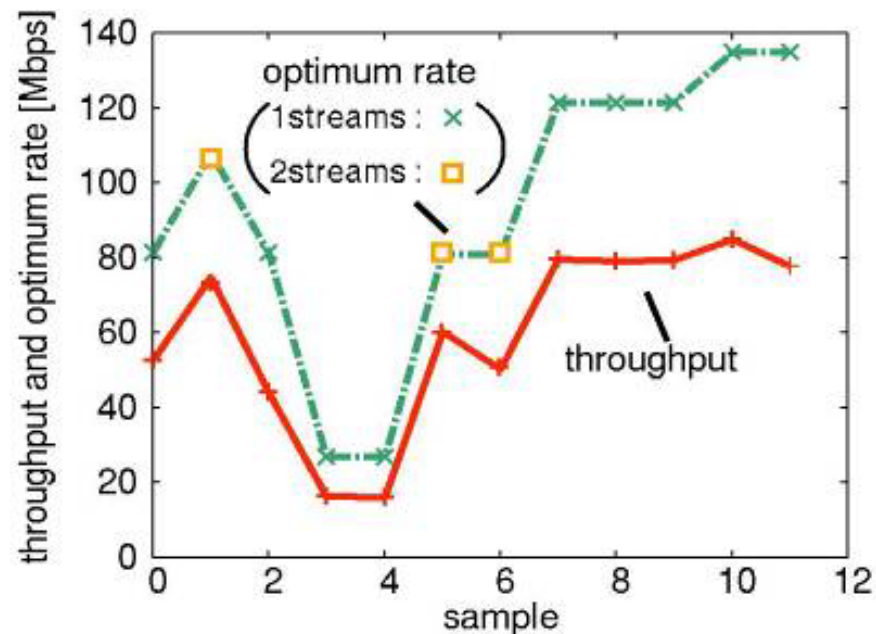
- 各RSSIと最適レートとの相関係数

rss0:0.90

rss1:0.89

rss2:0.86

- 高い正の相関



実験結果(5GHz)

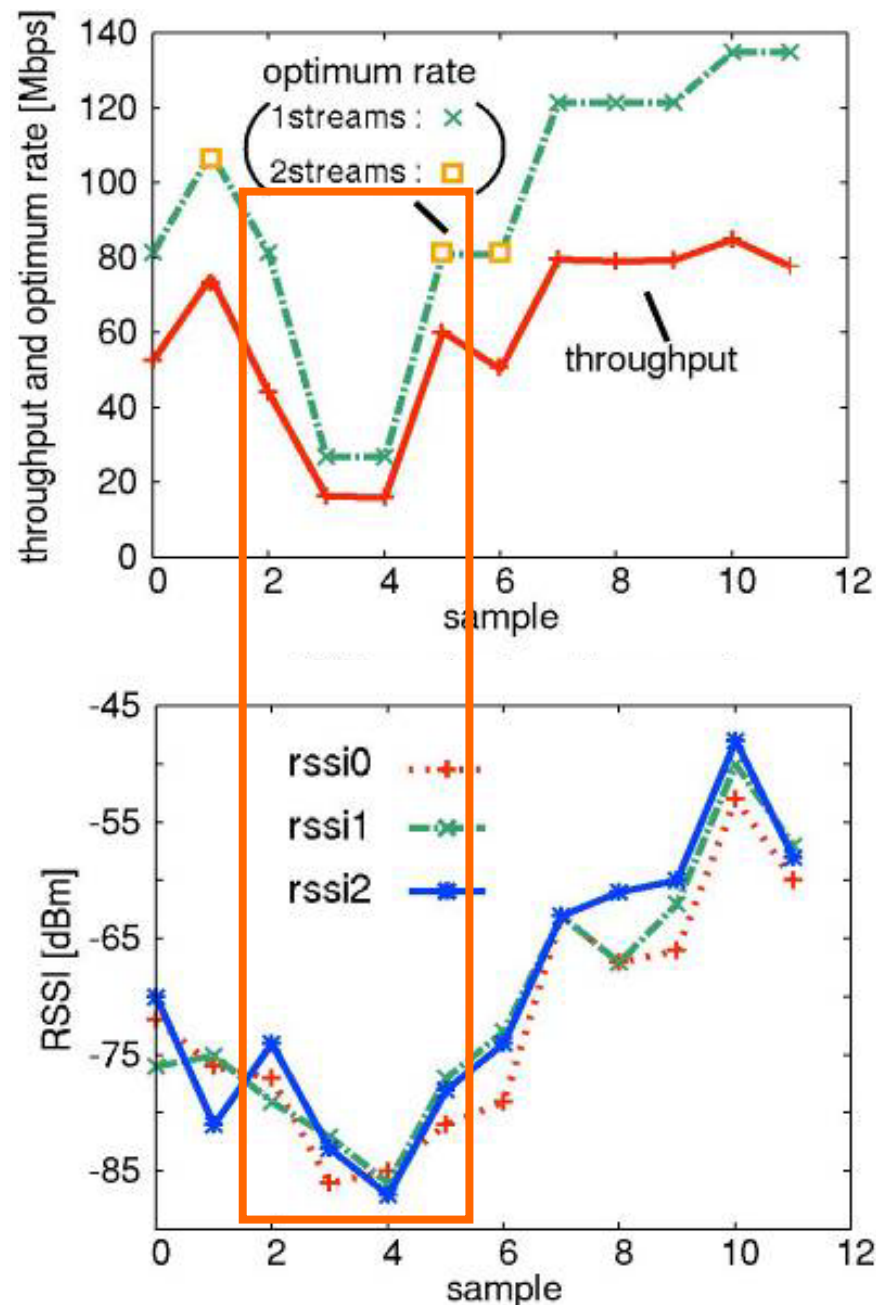
- 各RSSIと最適レートとの相関係数

rssi0:0.90

rssi1:0.89

rssi2:0.86

- 高い正の相関



● ● ● 固定レート-オートレート切替

- RSSIの変化から最適レートの変化を検出し、固定レートからオートレートへ切替る手法を提案
- 3つの手法を提案・比較
 - 1アンテナを使用した手法
 - 2アンテナを使用した手法
 - ストリーム数を考慮した手法

● ● ● 1アンテナのみ使用する手法

- 複数アンテナ中、RSSIが最大のアンテナのみを使用
- 最大RSSIの変化が閾値を超えた場合、最適レートが変化したと判定し、オートレートへ切替

$$|M_1[n] - M_1[n-1]| \geq T$$

n番目のサンプルで

各アンテナ中最大のRSSI: $M_1[n]$ [dBm]

閾値: T [dB]

2アンテナを利用する手法

$$|M_1[n] - M_1[n-1]| \geq T$$

かつ

$$|M_2[n] - M_2[n-1]| \geq T$$

n番目のサンプルで各アンテナ中
2番目に大きいRSSI: $M_2[n]$ [dBm]

● ● ● ストリーム数を考慮した手法

○ ストリーム数によって使用するアンテナが異なる

- 1ストリーム: 送信アンテナ1本
- 2ストリーム: 送信アンテナ2本

○ 1ストリームで通信する場合

$$\left| M_1[n] - M_1[n-1] \right| \geq T$$

○ 2ストリームで通信する場合

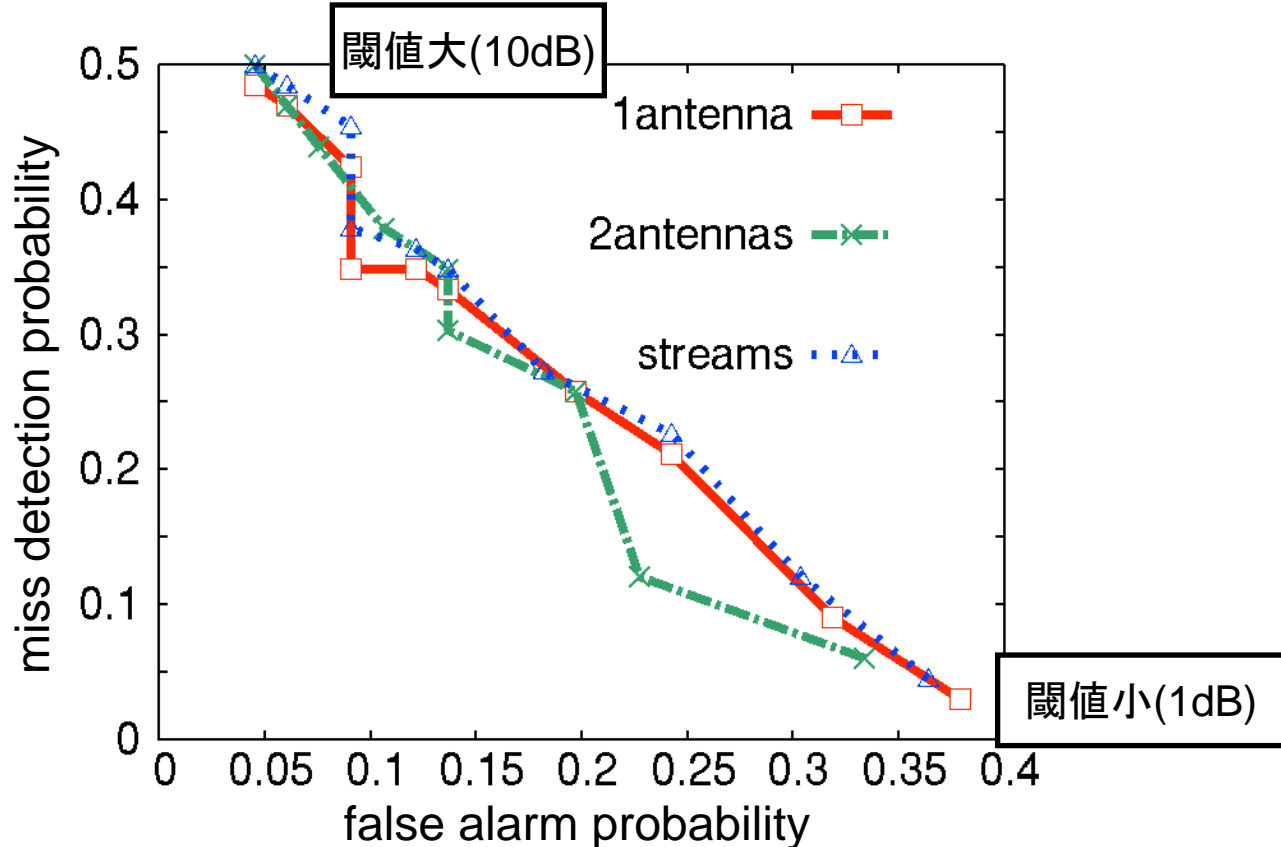
$$\left| M_1[n] - M_1[n-1] \right| \geq T$$

かつ

$$\left| M_2[n] - M_2[n-1] \right| \geq T$$

● ● ● 誤警報確率に対する見逃し確率

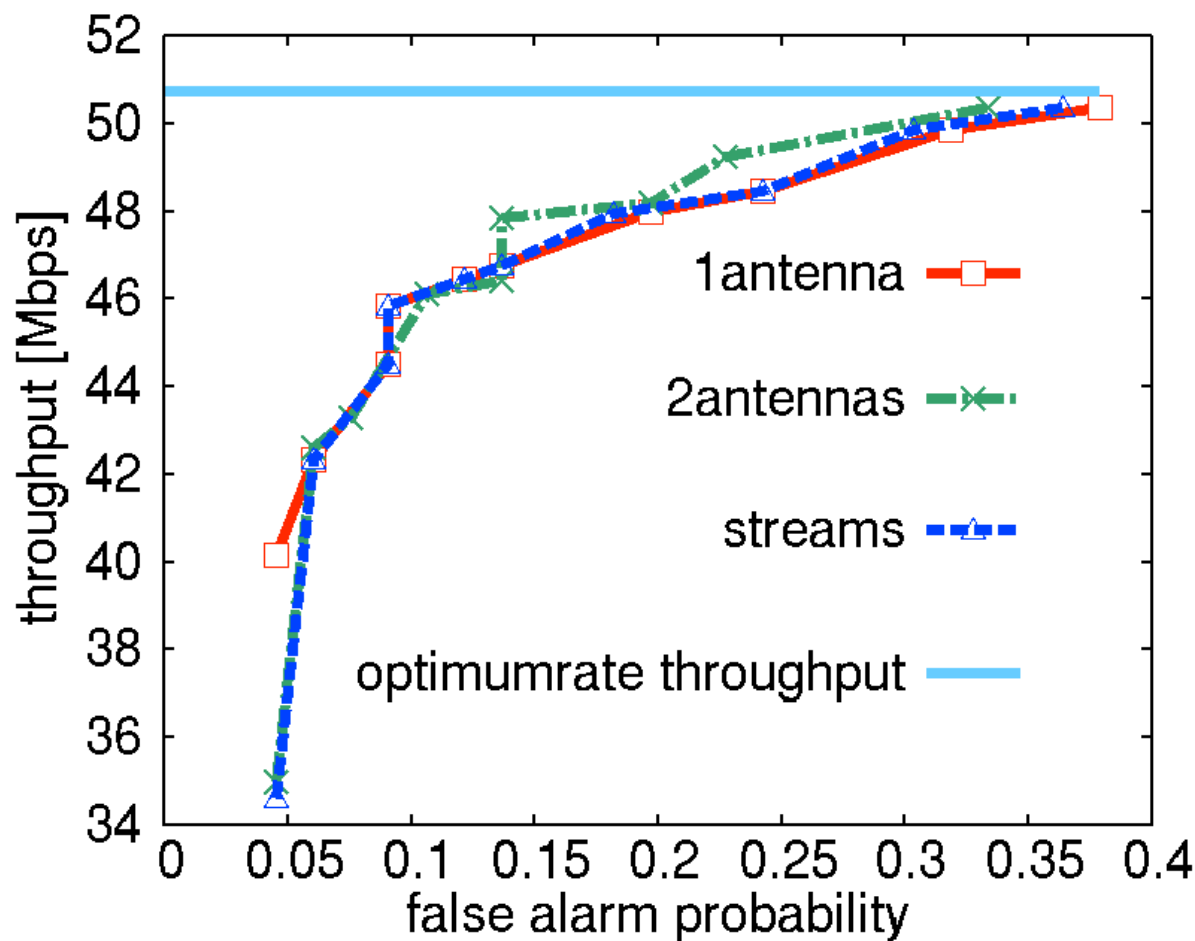
- 見逃し: オートレートに切替なかったが最適レートが変化した状態
- 誤警報: オートレートに切替たが最適レートが変化していない状態



- 1 antenna、streams、2 antennasの順で見逃し確率が高く、誤警報確率が低い

誤警報確率に対するスループット

- 誤警報確率が高いほどスループット高
- 2アンテナを使用した手法が最もスループット高



● ● ● まとめ

複数アンテナのRSSIを利用した送信レート制御

- 複数アンテナのRSSIと最適レートの相関測定
 - 5GHz、2.4GHzともに高い正の相関
- 複数アンテナのRSSIを用いた切替検出
 - 同じ閾値に対して1アンテナを使用した場合とストリーム数を考慮した場合はほぼ同性能
 - 誤警報確率に対しては2アンテナを使用した場合が最もスループット高

<発表業績>

- 電子情報通信学会 AN研究会 :2012年5月
- 電子情報通信学会 CCS研究会 :2012年9月
- 電子情報通信学会 AN研究会 :2013年1月