

無線メッシュネットワークにおける セッション分配方式の検討と評価

060428459 水上 剛宏
渡邊研究室

1. はじめに

無線 LAN の普及に伴い AP(Access Point)間をアドホックネットワークによって接続する無線メッシュネットワークに注目が集まっている。無線メッシュネットワークにおいてインターネットなど外部ネットワークと通信を行う際に、GW(Gateway)付近でボトルネックが発生するという課題がある。これを回避するため、トラフィックを複数の GW にセッション単位で分配する方式を提案する。

2. 既存の分配方式

複数の GW にトラフィックを分配する既存の方式としてパケット分配方式がある。AP は各 GW に対する適切な転送比率を計算しておく。端末からパケットを受け取ると転送比率に従って各 GW へパケットを分配し転送する。GW は MGW(MasterGateway)へ向けてパケットを転送し、外部ネットワークへ転送する。

しかし、この方式ではセッションに関係なくパケット単位で異なる GW を利用するため、MGW での集約時に同一セッション内のパケット到達順序に乱れが生じ、TCP の輻輳制御の機能により通信効率を低下させてしまうという課題がある。

3. 提案方式

トラフィックの分配をパケット単位ではなく、送信元 IP アドレスやプロトコル番号、ポート番号などの通信識別子を元にセッション単位で行う。これにより MGW での集約時に同一セッション内でのパケット到達順序の乱れるのを避け、TCP の輻輳制御によるウィンドウサイズの低下を抑える。以後、この方式をセッション分配方式と呼ぶ。

セッション分配方式の概要を図 1 に示す。内部の端末から外部ネットワークへ通信を行う場合、AP は配下端末からパケットを受け取ると、各 GW 付近のトラフィックとホップ数から最適な GW を一つ選択する。セッションと選択した GW の関係を記憶し、以後同一セッションのパケットは同一の GW へ転送する。GW は受け取ったパケットを MGW へ転送する。MGW はセッションと転送元の GW の関係を記憶し外部ネットワークへ転送する。外部ネットワークからのパケットは MGW に到着し、記憶した内容に従って同一経路で宛先ノードまで転送する。

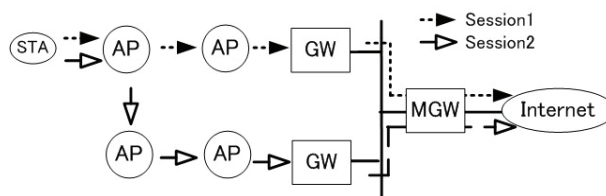


図 1: セッション分配方式

4. シミュレーション

4.1 予備シミュレーション

パケットを各 GW へ分配する際、各方式において GW への転送比率、あるいは最適な GW を選択する方法が必要になる。そこで、事前にシミュレーションを実施し、判別式を算出する。ここで得た判別式を元にメインシミュレーションを実施し性能評価を行う。

4.2 メインシミュレーション

無線メッシュネットワーク内における特定端末 1 台に注目し、内部から外部に対し TCP 通信を開始するシナリオを作成した。また、背景負荷となる通信を変化させ、それぞれの状況におけるスループットの測定を行った。図 2 に各方式のスループットの比較を示す。この結果、提案方式の方が高いスループットを実現できることが確認された。

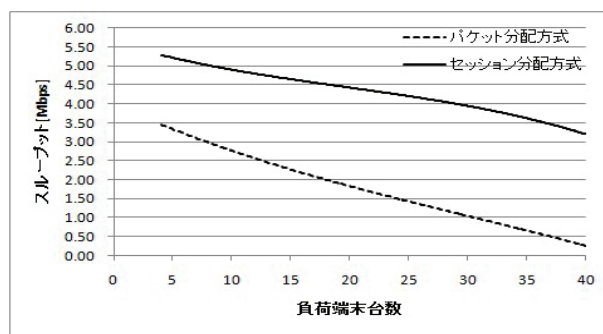


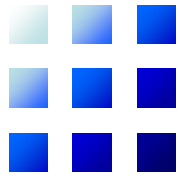
図 2: スループットの比較

5. むすび

GW を複数配置し、セッション単位で分配を行う方式を提案した。シミュレーションの結果、提案方式の有用性が証明された。

参考文献

- [1] 伊藤将志, 鹿間敏弘, 渡邊晃: 無線メッシュネットワークにおけるゲートウェイ分散方式の提案と評価, DICOMO シンポジウム論文集, Vol.2008, No.1, pp.1873-1879, Jul.2008.



無線メッシュネットワークにおける セッション分配方式の検討と評価

渡邊研究室

060428459

水上剛宏

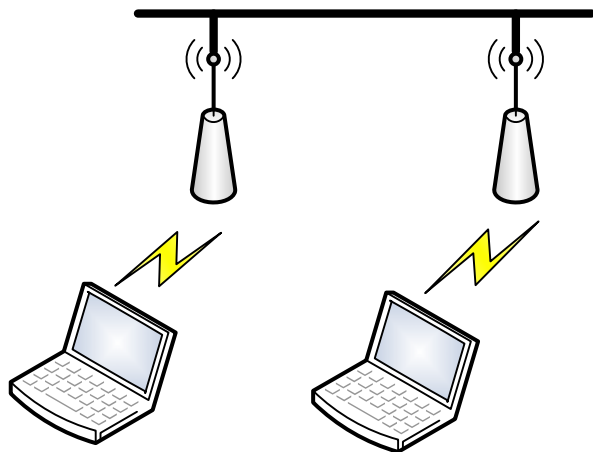


- 無線LANの普及

- 配線が不要
- 端末の移動や設置が容易

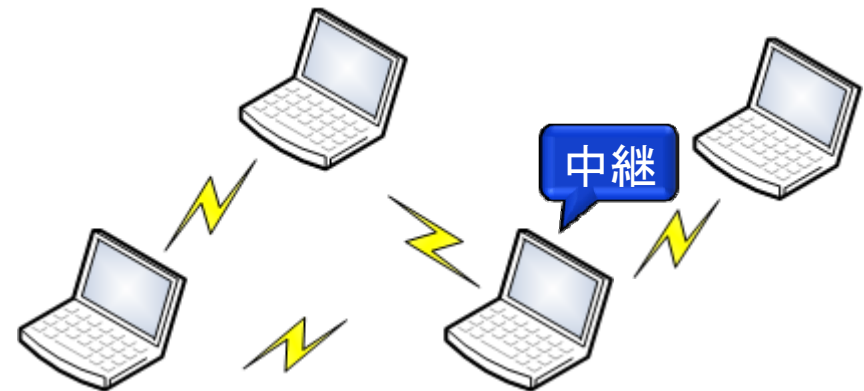
- インフラストラクチャモード

- 各端末は有線で接続されたアクセスポイント(AP)を中継して通信を行う



- アドホックモード

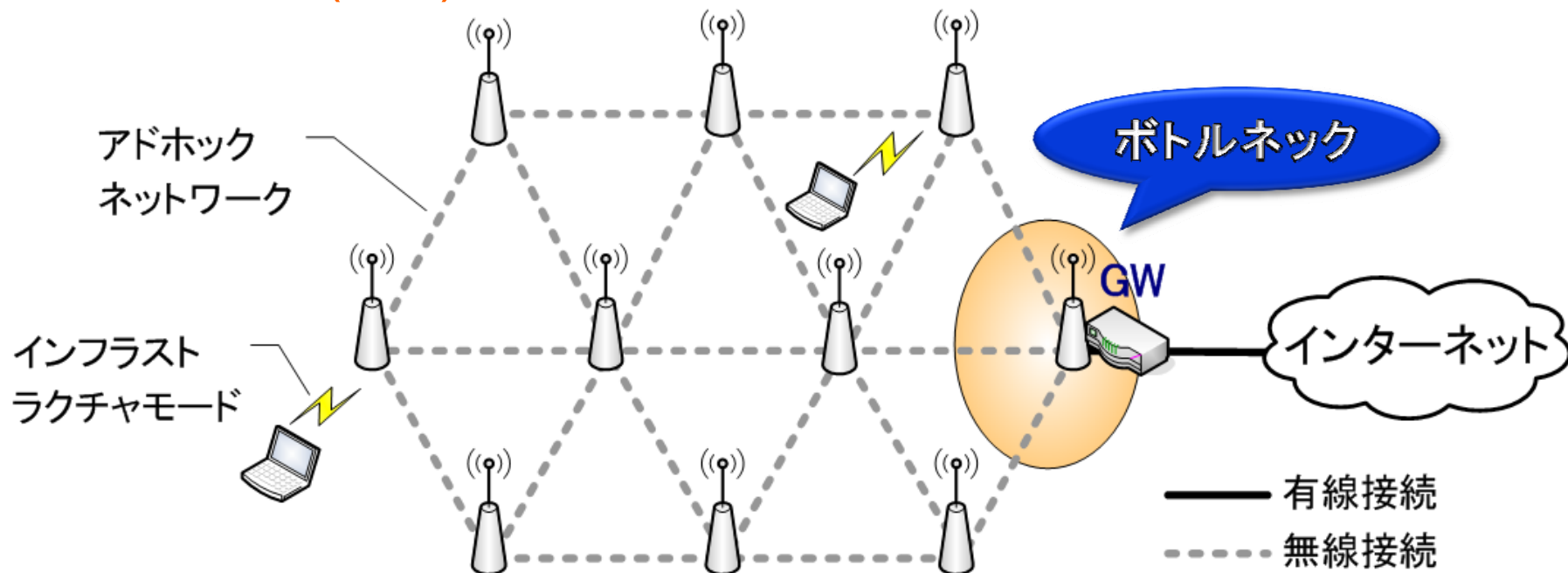
- 各端末はAPを介さず無線端末同士で直接通信を行う





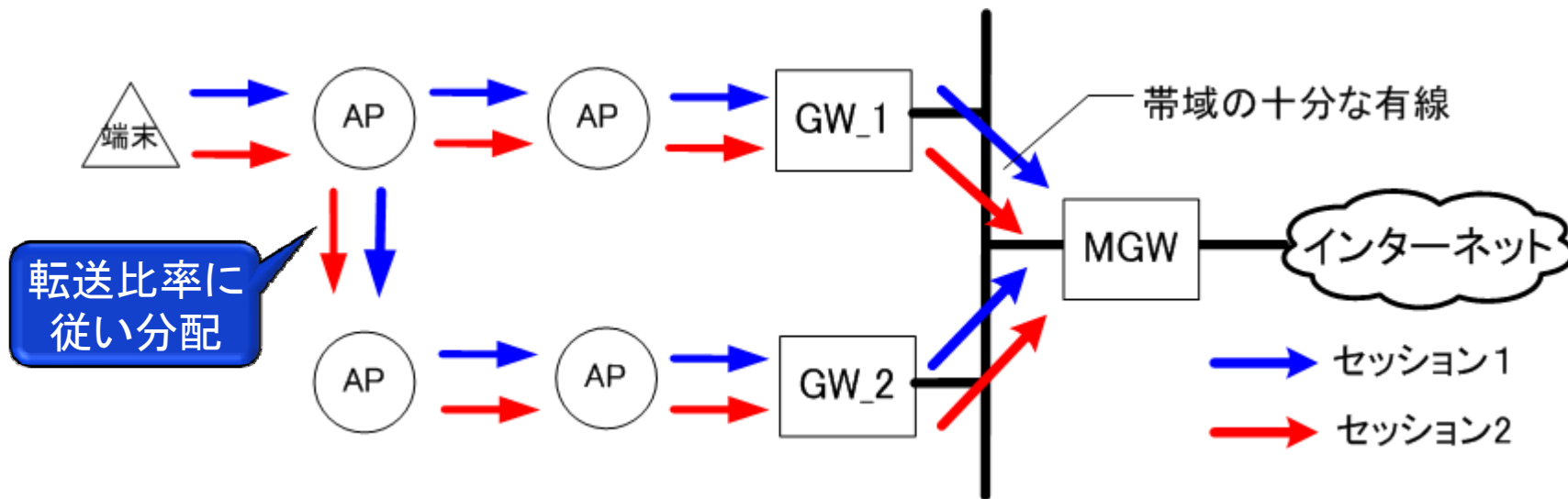
- 無線メッシュネットワーク

- AP間をアドホックネットワークにより接続
- 端末とAP間はインフラストラクチャモード
- インターネットなど外部と通信を行う際に無線内のゲートウェイ(GW)付近でボトルネックが発生する課題がある



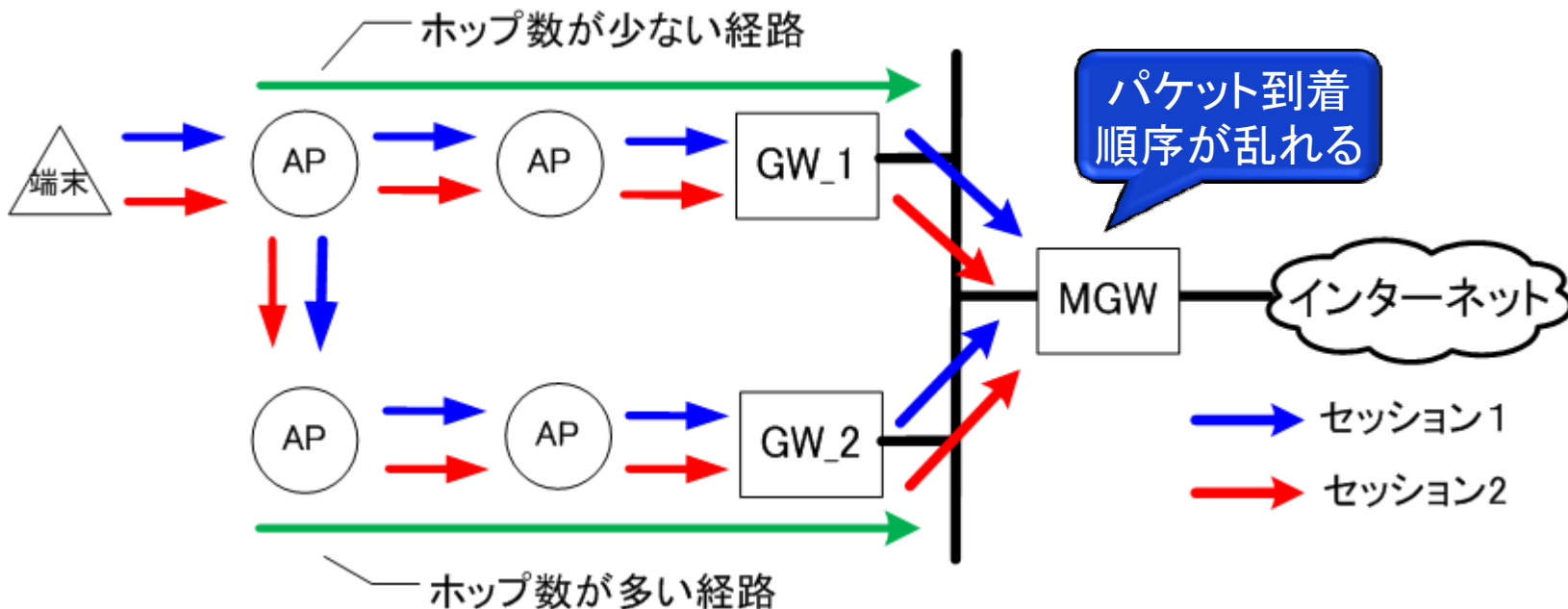


- 複数GWを用意しパケット単位で分配を行う
 - APはフラッディングによりGWの情報を定期的を取得
 - APは取得したGWトラフィック、ホップ数の情報から各GWへの転送比率を決める
 - 決定した転送比率に従いパケット単位で分配
 - MGW (Master gateway)がパケットを集約、順序制御を行ない、外部ネットワークへ転送





- セッションに関係なくパケット単位で2つ以上の異なる経路に分ける
 - パケット到着順序に乱れが生じる
 - TCP通信の場合パケットロスしていなくてもロスと判断
- ➡ TCP通信のスループットの低下を招く





- セッション分配方式

- TCP通信の特性を考慮し、セッション単位で通信経路を定める
- 同一セッションにて経路を一つにまとめるためパケット到着順序に乱れが生じない

➡ スループットの向上に繋がる

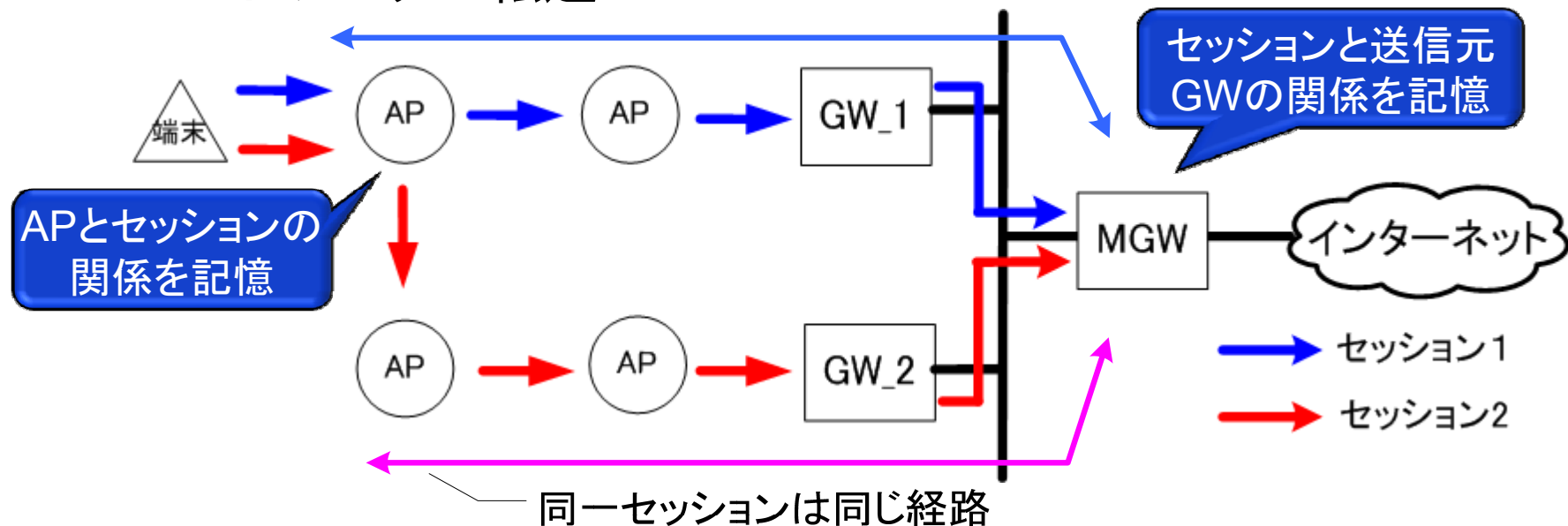
同一セッション

通信識別子となる送信元IPアドレス、宛先IPアドレス
プロトコル番号、ポート番号が同一のトラフィック



動作概要

- APはフラッディングによりGWの情報を定期的を取得
- APは取得したGWトラフィック、ホップ数の情報からスループットの期待値を求め最適なGWを1つ選択
- APは最適なGWとセッションとの関係を記憶し転送
- MGWはセッションと転送元GWとの関係を記憶し外部ネットワークへ転送

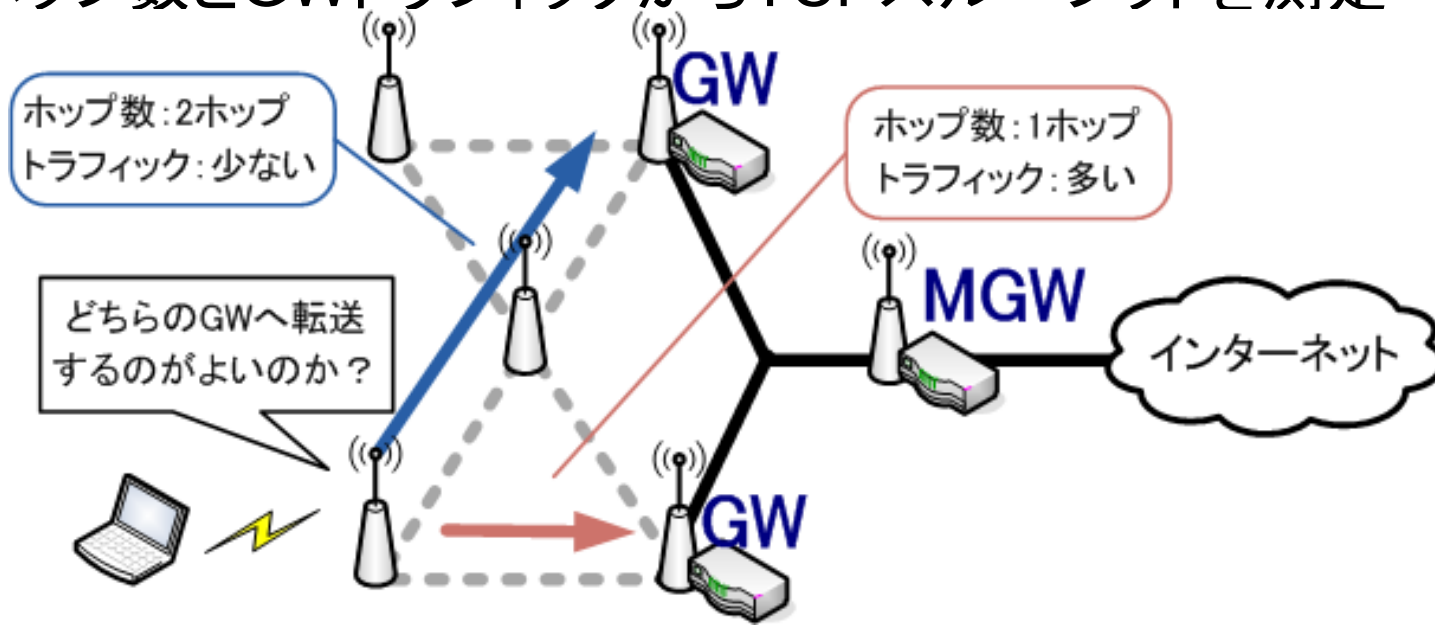


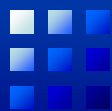


- 評価には無線メッシュネットワークとして“WAPL”の機能を施したns-2を用いる
- WAPL(Wireless Access Point Link)
 - 無線メッシュネットワークの実現手段の一つ
 - WAPL独自のAPをWAP(Wireless AP)と呼称
- WAPLの利用
 - 既にこれまでの研究により無線メッシュネットワークとしてのシミュレーション環境が整っている
 - 基本的な機能は一般的な無線メッシュネットワークと同様であり、他の無線メッシュネットワークにも適用可能

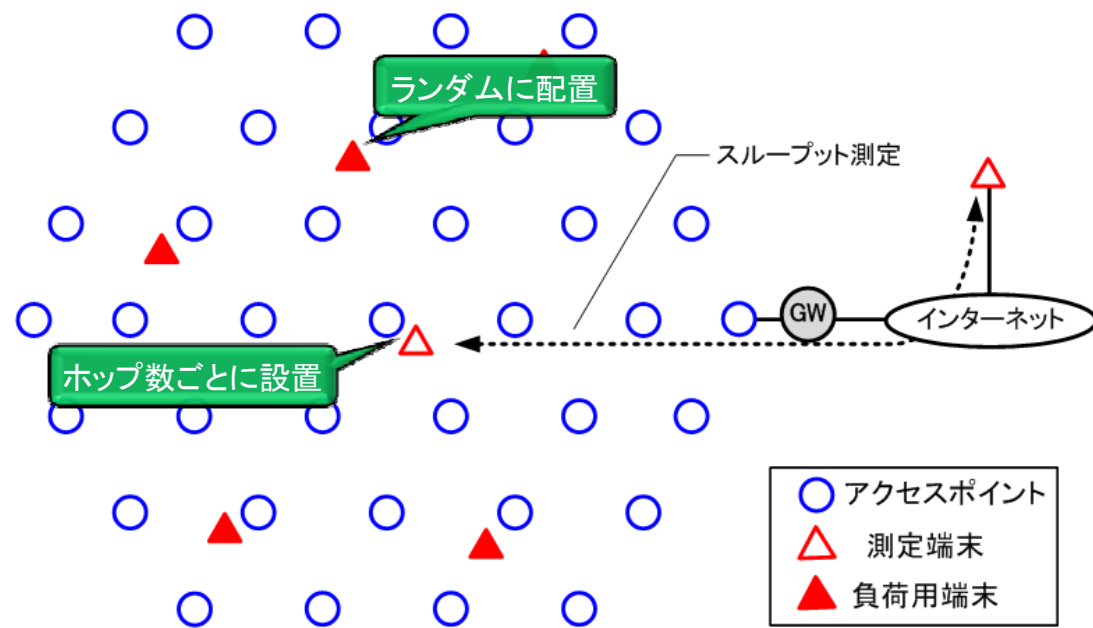


- 分配時にGW選択の指標が必要
 - パケット分配方式→各GWに対する転送比率
 - セッション分配方式→最適なGWの選択
- 判断が難しく適切な方式が確立されていない
- シミュレーション結果をもとに判別式を求める
 - ホップ数とGWトラフィックからTCPスループットを測定





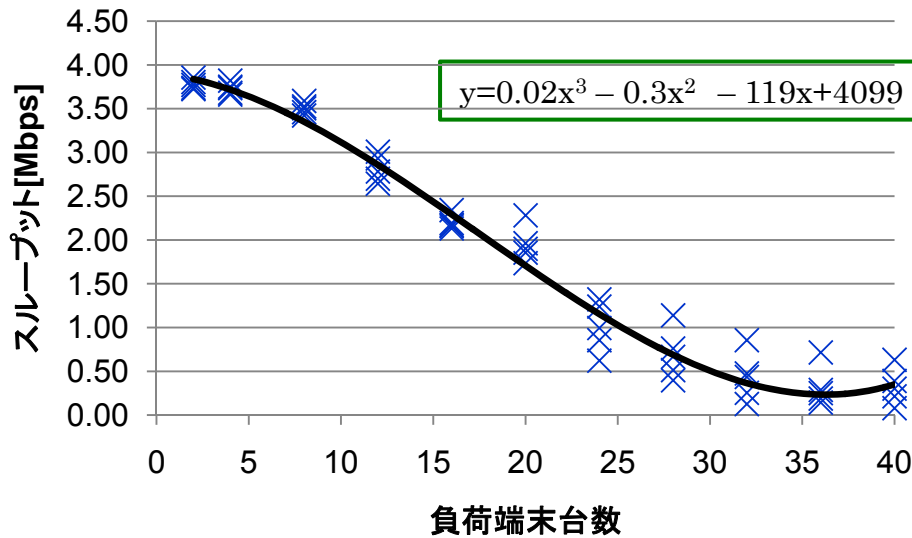
- 負荷を発生させる端末を無線メッシュネットワーク内にランダムに配置、外部と通信を行う
- 負荷はUDP通信、TCP通信、UDP&TCP通信の3パターン
- 負荷用の端末台数を増加させ、ホップ数ごとに測定端末を設置しTCPスループットをそれぞれ測定



シミュレーション諸元	
電波到達距離	100m
WAP間の距離	80m
WAPの台数	37台
有線帯域	100Mbps
有線遅延	20ms
MACプロトコル	IEEE802.11g
アドホックルーティングプロトコル	OLSR



- シミュレーションにより得られたTCPスループットをプロット
- ホップ数ごとに3次の近似曲線を算出
- APはホップ数とトラフィックからスループット期待値を得る
- ここで得られた判別式をGW選択の指標とし、各GWに対する転送比率、及びGWの選択を行う



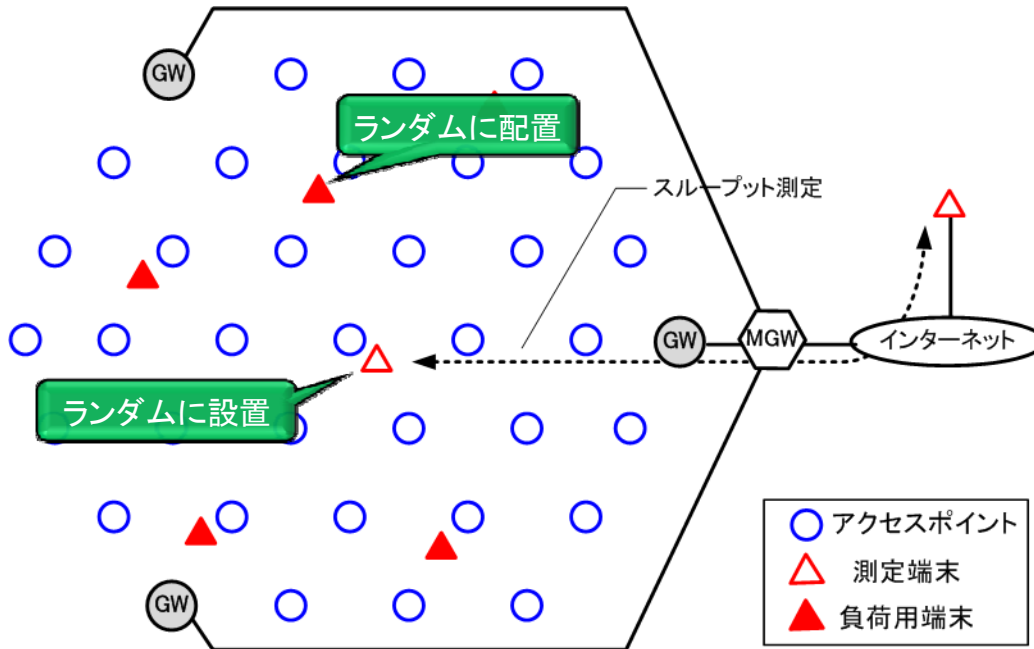
例: 3ホップの場合(背景負荷: UDP通信)

ホップ数	判別式
1	$y=0.04x^3 - 2.9x^2 + 15.8x + 4005$
2	$y=0.06x^3 - 4.2x^2 - 8.3x + 4012$
3	<u>$y=0.02x^3 - 0.3x^2 - 119x + 4099$</u>
4	$y= -0.02x^3 + 3.4x^2 - 195x + 3549$
5	$y= -0.02x^3 + 3.4x^2 - 187x + 3259$
6	$y= -0.02x^3 + 2.9x^2 - 167x + 3013$

x: 負荷用端末台数 y: スループット期待値



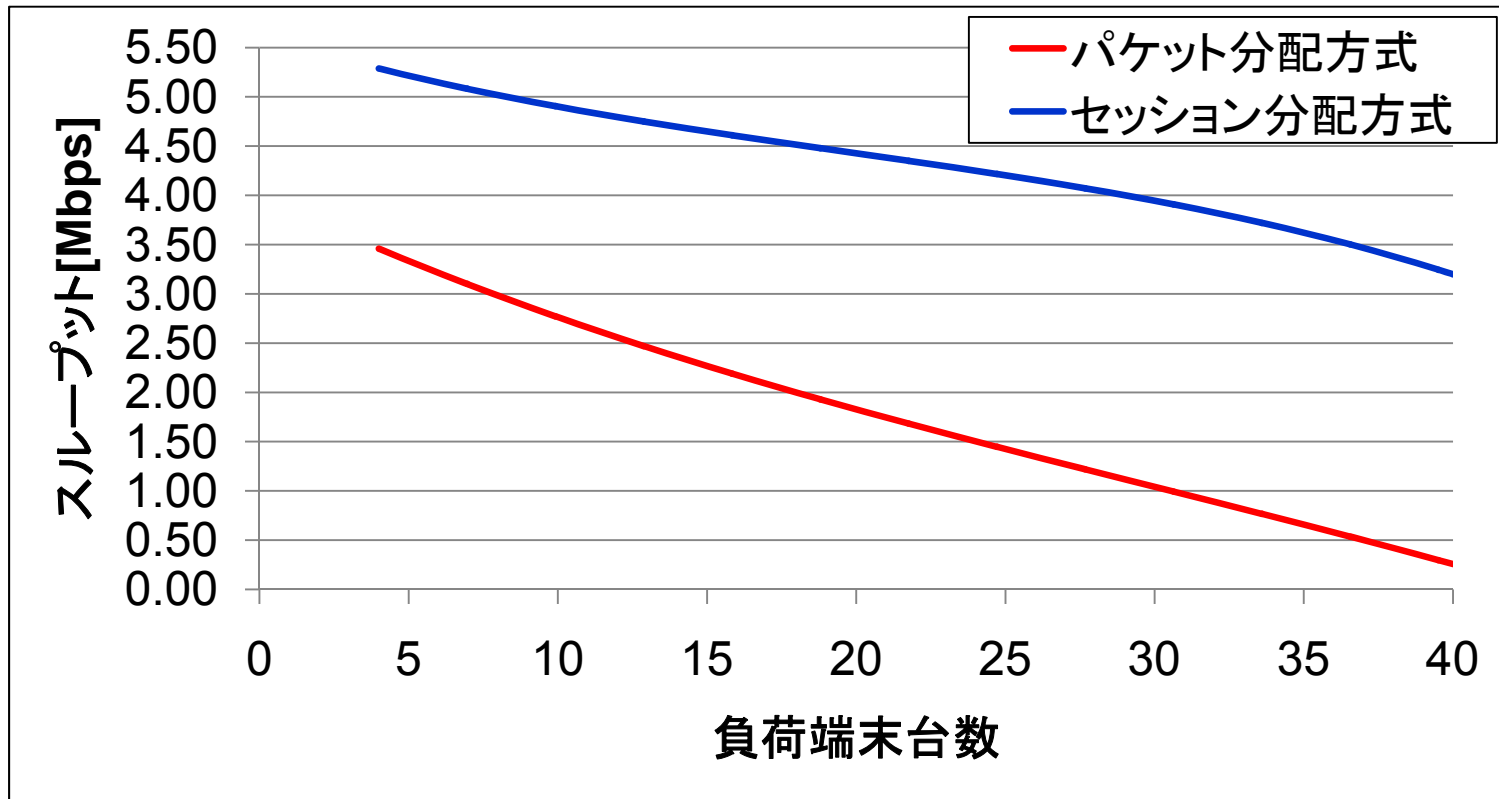
- GWを3つ配置し、測定端末は無線メッシュネットワーク内にランダムに設置
- 背景負荷の条件は判別式を求めるときと同様
 - 負荷端末の位置はランダム、外部と通信
 - 背景負荷はUDP通信、TCP通信、UDP&TCP通信の3パターン



シミュレーション諸元	
電波到達距離	100m
WAP間の距離	80m
WAPの台数	37台
有線帯域	100Mbps
有線遅延	20ms
MACプロトコル	IEEE802.11g
アドホックルーティングプロトコル	OLSR



- 2つの方式における平均スループットを比較
背景負荷(UDP通信)

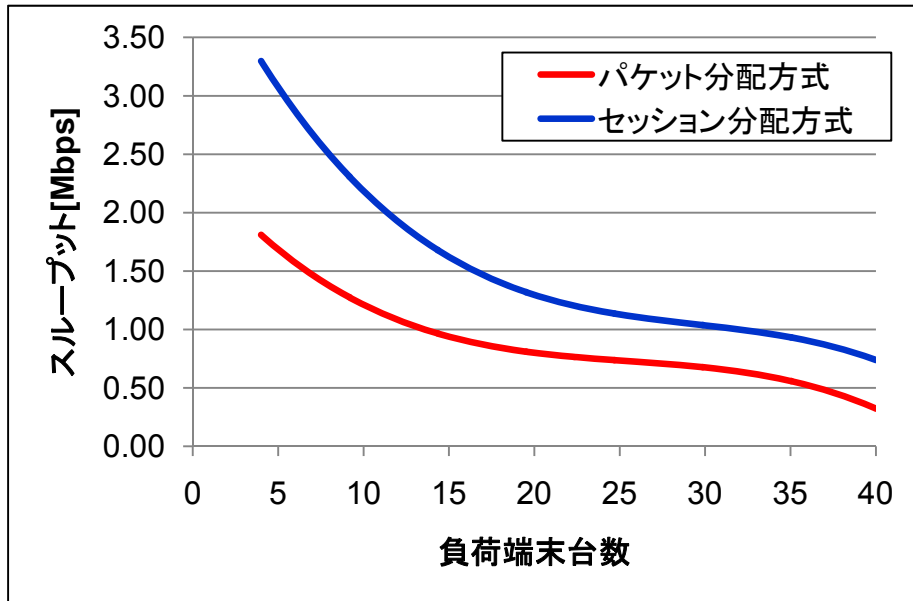


	パケット分配方式	セッション分配方式
平均スループット	1.74Mbps	4.30Mbps



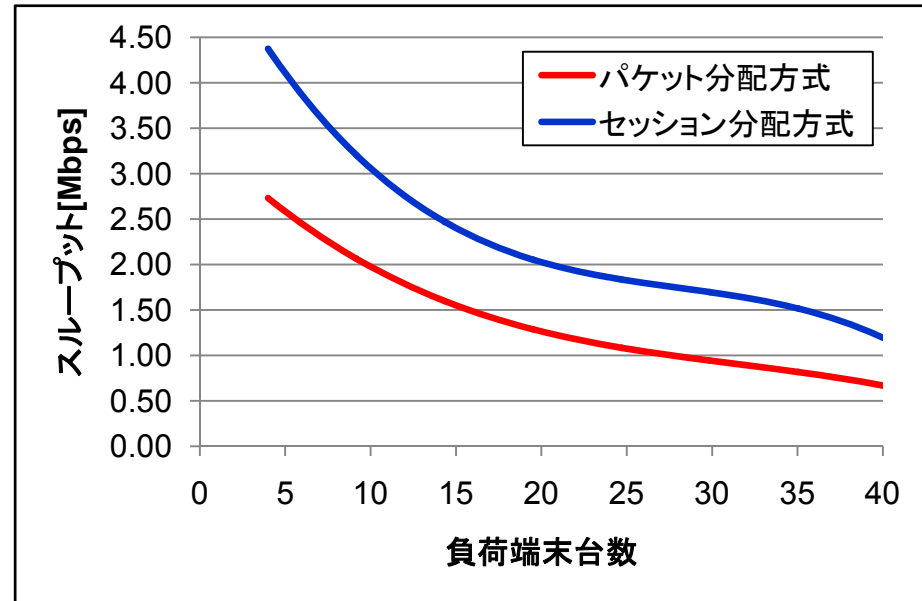
- 2つの方式における平均スループットを比較

背景負荷(TCP通信)



	パケット分配方式	セッション分配方式
平均スループット	0.89Mbps	1.54Mbps

背景負荷(UDP & TCP通信)

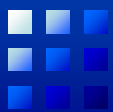


	パケット分配方式	セッション分配方式
平均スループット	1.39Mbps	2.28Mbps

全ての条件においてセッション分配方式の方が高スループット



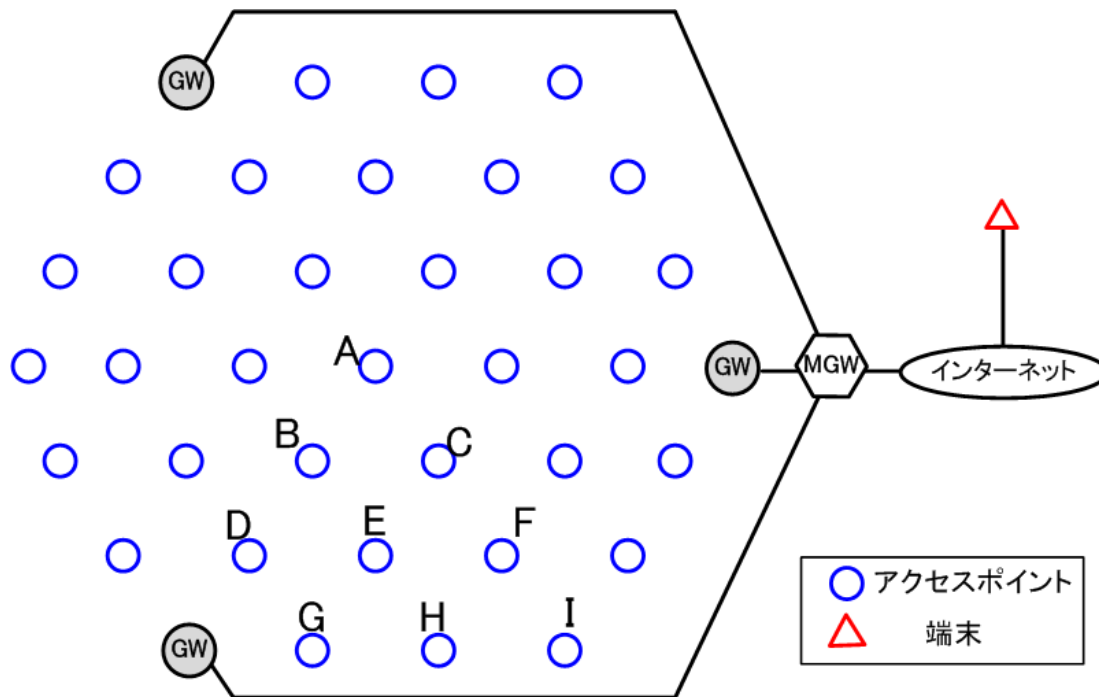
- セッション分配方式を提案
 - 複数のGWを用意しセッション単位で分配
 - APはGWの情報をもとに最適GWを選択
- シミュレーションによる評価
 - セッション分配方式はTCP通信において通信効率を改善させる事を確認
- 今後
 - 公平性の検証
 - 分配単位が粗いためトラフィックの偏りが生じる可能性

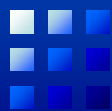


補足資料



- 測定端末をA~I付近に順次設置
- 各位置において5回の試行
- 負荷端末は4台ずつ増加(40台まで)





スループットの揺らぎ

	パケット分配方式	セッション分配方式
UDP通信		
TCP通信		
UDP&TCP通信		



• Fairness Index

- FI(FairnessIndex)の値は1に近いほど公平性が高い
 n は全APの台数, n_i はAP $_i$ のトラフィックを示す

$$FI = \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i)^2}$$

