アクセスポイントの無線化を実現する WAPL の方式

市川　祥平　　渡邊　晃
名城大学大学院理工学研究科

A realization method of WAPL; Wireless Access Point Link

Shouhei Ichikawa　　Akira Watanabe
Graduate School of Science and Technology, Meijo University

1.　はじめに

インターネットの急速な普及に伴い，いつでも，どこからでもインターネットへ接続できる無線 LAN の需要が高まってきている．しかし，無線 LAN エリアを広げるためにはアクセスポイント（Access Point 以後 AP）の整備が不可欠である．現在 AP 間は有線で結合されているのが一般的であり，AP の設置に多大な工事費や時間を伴うのが現状である．そこで，AP 間を無線で結合できれば，無線エリアの拡大が容易になることが想定できる．

無線エリアの拡大を簡易に実現する方式として，ネットワーク内のすべての端末がアドホックモードで通信するという方法が考えられる．しかし，この方法では，参加する端末数が増加すると，各端末間でやり取りされる制御パケットのトラヒックが増大するうえ，中継を担う端末は常時電源を投入しておく必要があり，消費電力が増大する．また，すべての端末が統一したアドホックプロトコルを使用する必要があるなどの課題がある．

このような問題を解決するため，端末がインフラストラクチャモードで通信できることを目的とした Multihop-Wireless LAN（以後 M-WLAN）という方式が提案されている[1]－[4]．M-WLAN では，AP 間通信にのみ MANET のルーティングプロトコル[5]－[7]を利用し，端末は最寄りの AP とインフラストラクチャモードで接続する．しかし，M-WLAN では，ネットワーク内の端末と AP との位置関係を示すテーブルを全ての AP が保持している必要があり，端末数が増加すると，テーブル量が膨大になる．また，ルーティング情報を交換するための制御パケットのトラヒック量が増大するという課題がある．

そこで我々は，端末間通信に必要なリンクテーブルをオンデマンドで生成することにより，テーブル量の増加を抑える Wireless Access Point Link（以後 WAPL）を提案している[8]．WAPL では，全ての AP が全ての端末の情報を保持する必要がない．AP は通信に必要な最小限の情報のみを随時生成するだけでよい．

WAPL はアドホックルーティングプロトコルと独立させており，ルーティングプロトコルをシステムに応じて入れ替えることが可能である．そのようにしても WAPL の考え方は全く変わることがなく，様々な応用が可能である．例えば，災害発生時のように通信設備が破壊されたような状況下において，通信環境を即座に回復させるようなことが可能になると考えられる[9]．また，車車間通信に適用すれば，利用者は普段使っている PC を車内に持ち込むだけで，他車の端末と通信を行なうことができる[10]．

以下，2 章で既存技術とその課題について述べる．3 章では WAPL の方式を，4 章では WAPL の評価について述べ，5 章でまとめとする．

2.　既存技術

本章では無線エリアを拡大するための既存技術として，ネットワーク内の全端末がアドホックモードで通信する場合と，M-WLAN をとりあげ，その概要と課題について記述する．

2.1.　全端末アドホックモード

ネットワーク内の全ての端末がアドホックモードで通信することで，AP のないエリアでも無線通信エリアを拡大することができる．各端末には同一のアドホックルーティングプロトコルを導入する必要がある．各端末はルーティングテーブルを自動的に生成し，マルチホップ通信を行う．

しかし，この方式では，ネットワーク内の全ての端末がルーティングテーブル生成のための制御パケットを送受信することになり，トラヒックを圧迫する．しかも，パケットを中継する端末は常時電源を投入しておく必要があり，端末の稼動・移動状態によってはネットワークの偏り・分断がおきてしまう．

2.2.　M-WLAN

図 1 に M-WLAN のネットワーク構成図を示す．この図は提案方式である WAPL にも適用できる基本概念である．AP は無線 LAN のインタフェースを 2 つ持つ．一つは AP 間の通信用，もう一つはユーザ端末との通信を行う．AP 間通信はアドホックモードであり，MANET のルーティングプロトコルにより，適切な経路情報を生成する．ユーザ端末との通信はインフラストラクチャモードで行うため，ユーザ端末はアドホック機能を保持しない一般の端末でよい．AP はユーザ端末のパケットをカプセル化/デカプセル化することにより，AP エリアをまたいだユーザ端末間の通信を実現する．

図 2 に M-WLAN の動作概要を示す．AP は配下端末の情報（IP アドレス，MAC アドレス）をアソシエーション情報として保持している．M-WLAN では，自分の配下にいる全端末のアドレスを MANET のルーティングプロトコルでやり取りされる制御パケットの中に付加する．これにより，すべての AP がシステム内のすべての端末の情報をルーティングテーブルとして持つことができる．

図 2 において，AP『A』と AP『D』が保持するルーティングテーブルの内容は図 3 の通りである．このように宛先アドレスとしてシステム内に存在する全 AP 及び端末の IP アドレスが格納される．次アドレスは次に送信すべき AP の IP アドレスを示す．

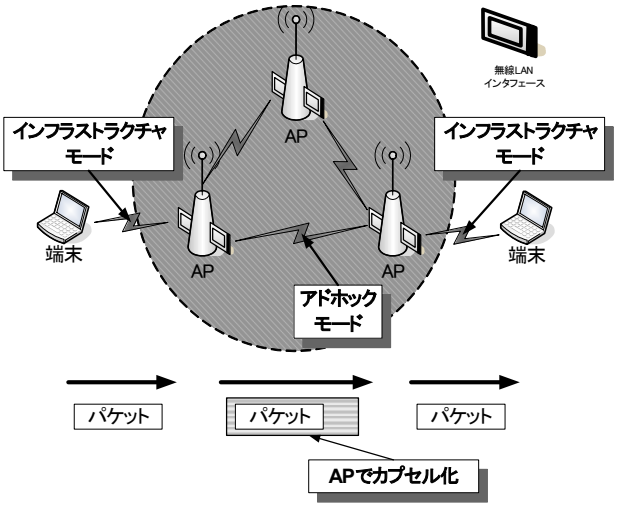


図 1　ネットワーク構成図

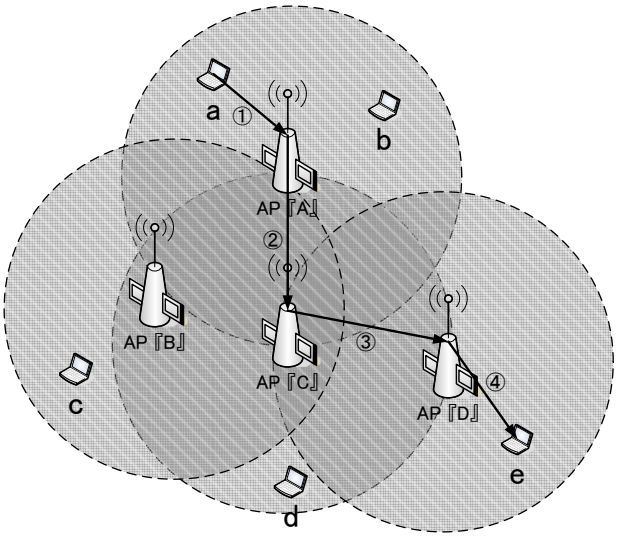


図 2　M-WLAN の動作概要

端末 a から端末 e まで通信を行うときの動作は以下の通りである．端末 a は自分の所属する AP『A』へパケットを送信する（①）．AP『A』は受け取ったパケットの宛先アドレスが e であるため，ルーティングテーブルを参照し，端末 e を配下に持つ AP『D』のアドレスでパケットをカプセル化する．カプセル化されたパケットは，ルーティングテーブルに従い，AP『D』までカプセル化されたまま届けられる（②・③）．上記パケットを受け取った AP『D』は，カプセル化を解除し，宛先端末 e に送信する（④）．

AP『A』

ルーティングテーブル

宛先アドレス	次アドレス
B	B
C	C
D	C
a	A
b	A
c	B
d	C
e	D

AP『D』

ルーティングテーブル

宛先アドレス	次アドレス
A	C
B	C
C	C
a	A
b	A
c	B
d	C
e	D

図 3　M-WLAN の保持するテーブル

2.3.　M-WLAN でのハンドオフ

端末が他の AP へハンドオフしたときの動作については，AP が Gratuitous ARP を用いることで解決している．Gratuitous ARP とは，ARP キャッシュを書き換えるのに用いる特殊な ARP メッセージである．端末の移動を感知した AP は，移動してきた端末へ Gratuitous ARP を送信することで，端末の ARP キャッシュを書き換える[11]．以降，Gratuitous ARP を受け取った端末は，ハンドオフ先の AP へパケットを送信するようになる．

2.4.　M-WLAN の課題

AP 間はアドホックネットワークのルーティングプロトコルに従い，所持している情報すべてを制御パケットに乗せ，定期的に送受信する．したがって，小規模なネットワークでは大きな問題はないが，ネットワーク規模が大きくなると，AP で管理するルーティングテーブル量が多くなる．ルーティングテーブルは定期的にフラッディングされるため，トラヒックへの影響が無視できない．また，ハンドオフが発生するたびにそのことをフラッディングにより全端末に広告しなければならないなどの課題がある．

3.　WAPL

WAPL は，端末間の通信開始時に通信に必要なリンクテーブルをオンデマンドで生成する．WAPL における AP を以後 WAP（Wireless Access Point）と呼ぶ．

WAPL においても，WAP に無線インタフェースを 2 つ搭載し，端末－WAP 間はインフラストラクチャモード，WAP－WAP 間はアドホックモードで通信する．このため，端末はアドホックネットワークを意識する必要がない．端末からは WAP 全体が一つのルータのように見え，WAPL 全体が LAN のような働きをする．

WAP 間通信は MANET のルーティングプロトコルを使用するが，WAPL では，端末側の情報とは全く切り離し，WAP に関する情報のみによりルーティングテーブルを生成する．このため，無線エリアに接続する端末数が増加しても，WAP 間の制御トラヒックの量は変わらない．

3.1.　動作概要

WAPL では，ルーティングテーブルとは別に，端末と WAP 間のリンク情報としてリンクテーブルを保持する．これを端末からの通信要求が発生した段階で，オンデマンドで自動生成する．リンクテーブルの生成トリガーにはアドレス解決プロトコル ARP（Address Resolution Protocol）を利用する．図 4 にリンクテーブル生成シーケンスを示す．

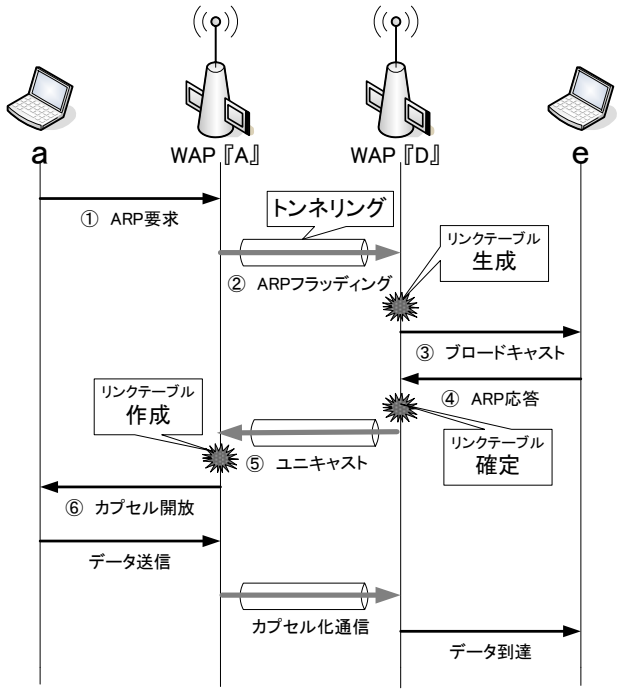


図 4　リンクテーブル作成シーケンス

WAP『A』

ルーティングテーブル

宛先アドレス	次アドレス
B	B
C	C
D	C

リンクテーブル

通信相手端末	通信先WAP
e	D

WAP『D』

ルーティングテーブル

宛先アドレス	次アドレス
A	C
B	C
C	C

リンクテーブル

通信相手端末	通信先WAP
a	A

図 5　WAP の保持するテーブル内容

WAP『A』はユーザ端末『a』より送信された ARP 要求パケットをカプセル化して WAPL 全体にフラッディングする（ARP フラッディング）. 上記パケットを受け取った各 WAP はパケット情報から，送信元端末（端末 a）と送信側 WAP（WAP『A』）とを関連付けたリンクテーブルを生成すると共に，カプセル化を解除して ARP 要求パケットを配下の端末にブロードキャストする．このリンクテーブルは一定時間内に配下の端末から ARP 応答パケットが返ってこなければ消去される．配下に宛先端末 e を持つ WAP『D』は，端末からの ARP 応答パケットを受け取る．上記により，受信側 WAP のリンクテーブルが確定される．WAP『D』は，リンクテーブルを参照し，送信側 WAP のアドレスで ARP 応答パケットをカプセル化して，ユニキャストで送り返す．これを受け取った送信側 WAP『A』は，そのパケット情報から宛先端末と宛先側 WAP を関連付けたリンクテーブルを生成する．WAP『A』と WAP『D』が保持するテーブルは図 5 の通りとなる．以後はリンクテーブルに基づいて，パケットを宛先の WAP アドレスでカプセル化/デカプセル化することにより，端末間通信が可能になる．

3.2.　WAPL でのハンドオフ

端末がハンドオフしたときは，WAP 間でリンクテーブル情報を更新する必要がある．図 6 に端末 e がパケット送信中に WAP『D』から WAP『C』へハンドオフしたときのシーケンスを示す．端末 e は無線レイヤの機能により，電波強度の強い WAP『C』へアソシエーションが張り直される．従って，端末 e からの送信パケットは WAP『C』に届けられる．

端末 e のパケットを WAP『C』が受信すると，リンクテーブルに宛先アドレス情報がないので，端末 a のリンクテーブルを生成するための擬似 ARP をフラッディングする．上記パケットを受け取った WAP は，ARP フラッディング時の動作と同様に，仮リンクテーブルを生成し，カプセル解除し配下へブロードキャストする．端末 a からの ARP 応答を受け取った WAP『A』は，リンクテーブルを更新する．ARP 応答を受け取った WAP『C』は，その ARP パケットからリンクテーブルを生成することができる．また，WAP では配下の端末の存在を確認する端末調査パケットを定期的に送信する．WAP『D』では，端末調査パケットにより端末 e が移動したことを知ると，リンクテーブルから該当データを削除する．端末 e がパケットを送信しない場合は，擬似 ARP を送出するタイミングが作れない．この場合は WAP『D』が端末調査パケットにより端末 e の移動を検出した後に，擬似パケットが送信される．

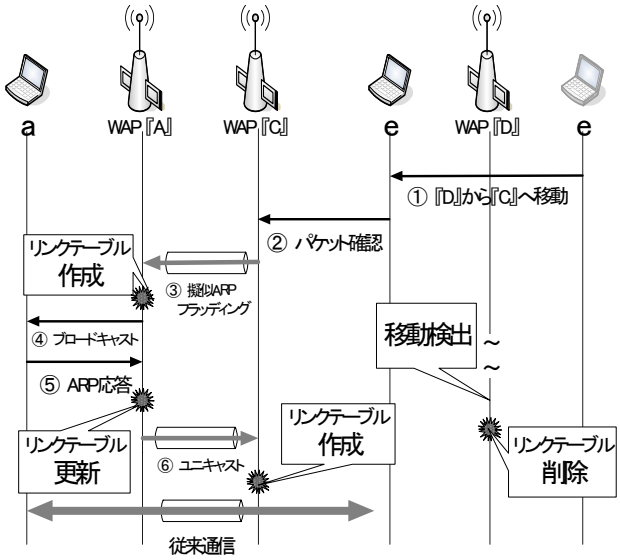


図 6　ハンドオフ時のシーケンス

4.　評価

表 1 に全端末アドホックモードでの通信，M-WLAN，WAPL の比較を示す．保持するテーブル量において，全端末アドホックモードでは，全ての端末が全ての情報を保持しなければならない．M-WLAN では，端末はルーティングテーブルを保持しないが，AP がネットワーク内の全ての端末と全ての AP の情報を保持する必要がある．WAPL では，WAP の情報のみを MANET のルーティングプロトコルで管理すればよい．制御パケットによるトラヒック量において，全端末アドホックモードでは，ネットワーク内の全ての端末が制

御パケットを送信する．M-WLAN では，AP 間での制御パケットに全ての情報を付加するので，端末数が多くなると，トラヒックが増大する．WAPL では，WAP の情報だけを付加するので，端末数が増加しても，トラヒックに与える影響は少ない．端末の通信要求があってから，相手端末へ最初のパケットが届くまでの時間（初期遅延）において，全端末アドホックモードと M-WLAN では，予めテーブル情報を保持しているので初期遅延は少ない．WAPL では，ARP フラッディングを送信してから ARP 応答が返ってくるまでの遅延分だけ初期遅延が増加するが，実質的な影響はほとんどないと考えられる．

表 1　評価

	全端末 アドホックモード	M-WLAN	WAPL
保持するテーブル量	×	△	○
制御パケットによるトラヒック量	×	△	○
初期遅延	○	○	△

5.　まとめ

AP 間を無線で結合する WAPL の方式について検討した結果を示した．WAPL では，通信開始に先立ってオンデマンドでリンクテーブルを生成するので，MANET の制御パケットによるトラヒックを大幅に削減することができる．また，全ての端末の情報を保持する必要がないので、テーブル量を削減することができる．

今後は WAPL の実装を進めていくと同時に, 様々な状況でのシミュレーションを行っていく予定である．

参考文献

[1] K.Mase, et al., “Wireless LAM with Wireless Multihop Backbone Network”, IEEE ICWLHN 2001.pp349-358，2001

[2] 大和田 泰伯, 間瀬 憲一, “無線マルチホップ LAN の通信方式の検討とスループット評価”, 電子情報通信学会信学技報（2002）

[3] 大和田 泰伯, 間瀬 憲一, “M-WLAN における LAN エミュレータの実装と性能評価”, 電子情報通信学会総合大会, SB-9-4 (2002)

[4] 朴 鐘甲, 須田 利章, 大和田 泰伯, 照井 宏康, 間瀬 憲一 “アドホックネットワークの通信実験-経路制御方式の性能評価-“ 信学技法，IN/MoMuC/MVE2003-11, pp13-18, Nov. 2003

[5] T.Clausen P.jacquet, “Optimized Link State Routing Protocol” (OLSR) RFC3626 Oct.2003

[6] C.Perkins S.Das, “Ad hoc on-Demand Distance Vector” (AODV) RFC3561 July 2003

[7] R. Ogier M，Lewis, “Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwardin” (TBRPF) RFC3684 February 2004

[8] 市川 祥平, 渡邊 晃, “アクセスポイントの無線化を実現するシステム”WAPL”の提案”, 第 30 回 MBL 研究報告会, Sept.2004

[9] 竹山 裕晃, 渡邊 晃, “災害時における電子メールによる安否通信方法の検討”, 情報処理学会第 67 回全国大会, March.2005

[10] 大石 泰大, 渡邊 晃, “WAPL を適用した車車間通信の実現”, 情報処理学会第 67 回全国大会, March.2005

[11] C.Perkins, “IP Mobility Support”, RFC2002, IBM, Oct.1996

[12] MASH Research Group, University of California, Berkeley: The Network Simulator ns-2 (2000)

[13] J.Jeong, J.park, H.kim, “Ad Hoc IP Address Autoconfiguration”draft-jeong-adhoc-ip-addr-autoconf-03.txt July 2004

[14] A.Hills, “Large-Scale Wireless LAN Design” IEEE Commun. Mag, Vol39, No.11, pp98-103, Nov.2001

アクセスポイントの無線化を実現するWAPLの方式

名城大学大学院理工学研究科
市川祥平　渡邊晃

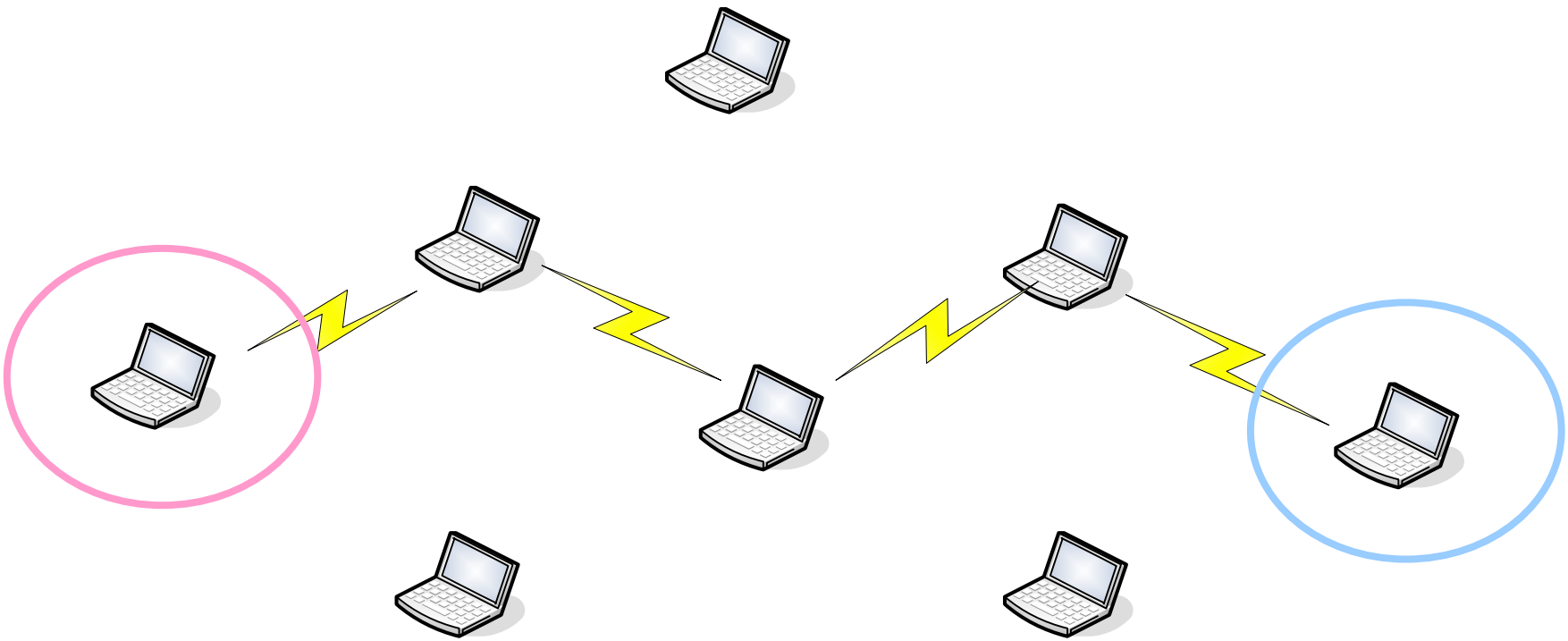
研究背景

- インターネットの急速な普及
  - いつでもどこでもインターネットに繋がりたい
    - 無線LANへの需要が高まる
- 無線ＬＡＮ
  - 無線エリア拡大にはAPの整備が不可欠
    - ＡＰは有線で接続されていることが一般的
      - インフラを新たに整備するには多大な工事費や時間を要する

ＡＰ間を無線で接続することで、
無線エリアのインフラを容易に拡大することが可能

無線エリアを拡大する方式

- 全端末アドホックモード
  - ネットワーク内の全端末がアドホックモードで通信
    - 各端末がデータ中継を担う



全端末アドホックモードの課題

端末数増加に伴う制御パケットの増加

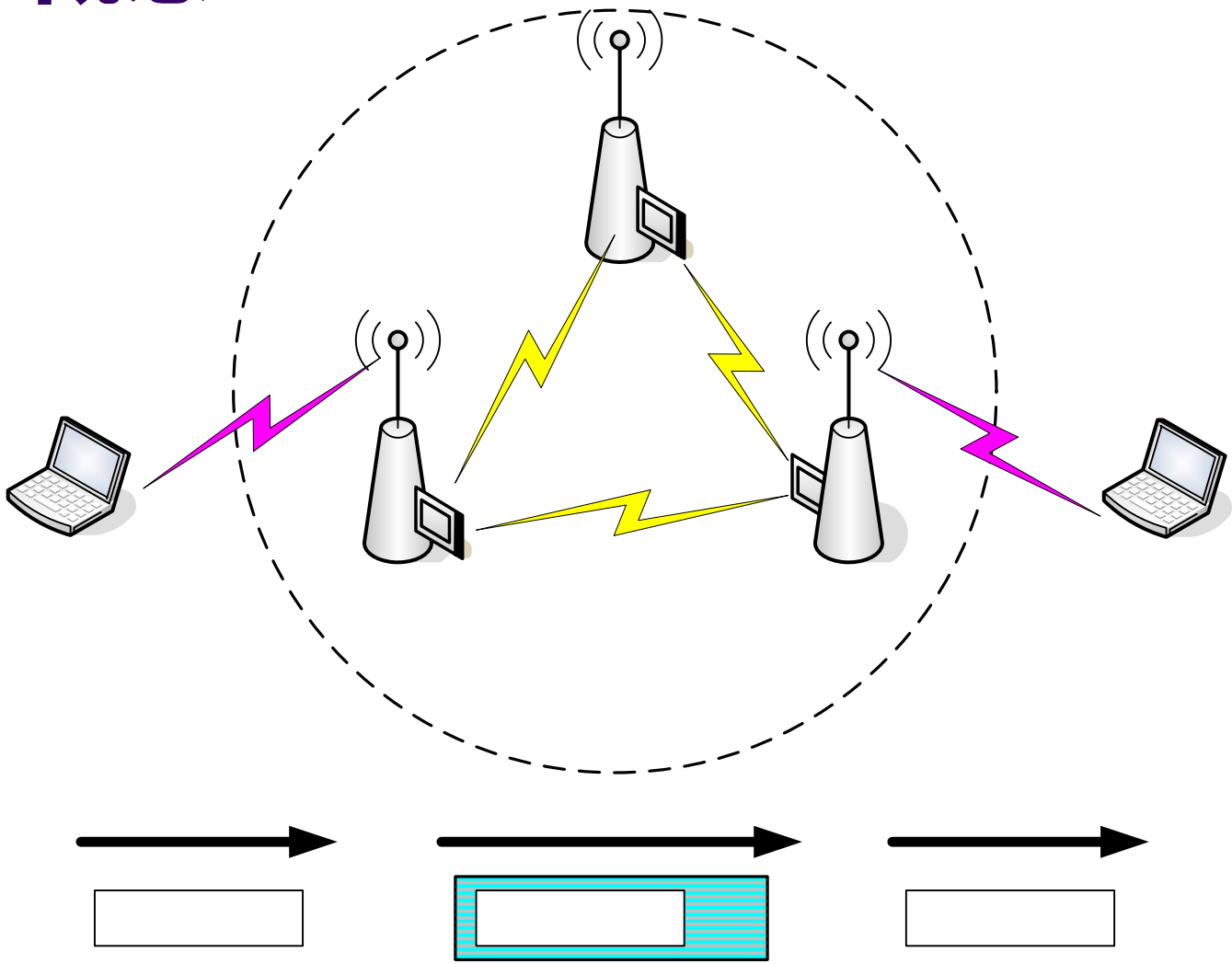
消費電力

アドホックルーティングプロトコルを統一する必要

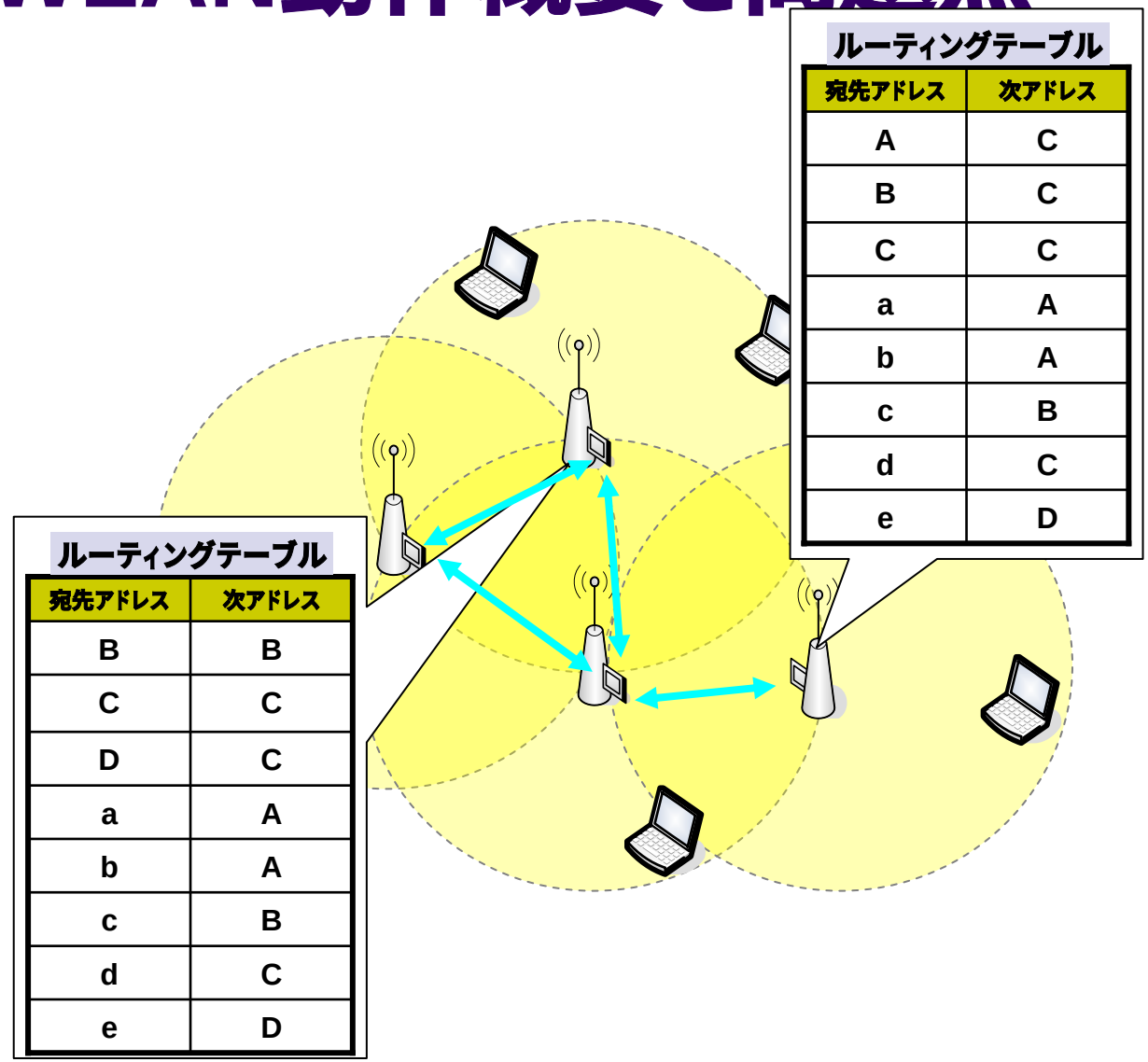
無線エリアを拡大する方式

- M-WLAN (Multihop-Wireless LAN)
  - 特徴
    - 無線インタフェースを2つ搭載
    - ＡＰ間通信はアドホックモード
      - MANETのルーティングプロトコルを使用
    - 端末はインフラストラクチャモードでＡＰと通信
      - アドホック機能を保持しない一般端末を想定
      - 端末はネットワークへ自由に参加･離脱･移動可能
    - 端末からのパケットをカプセル化/デカプセル化

基本概念



M-WLAN動作概要と問題点



a

M-WLANの課題

ＡＰで管理するルーティングテーブル量

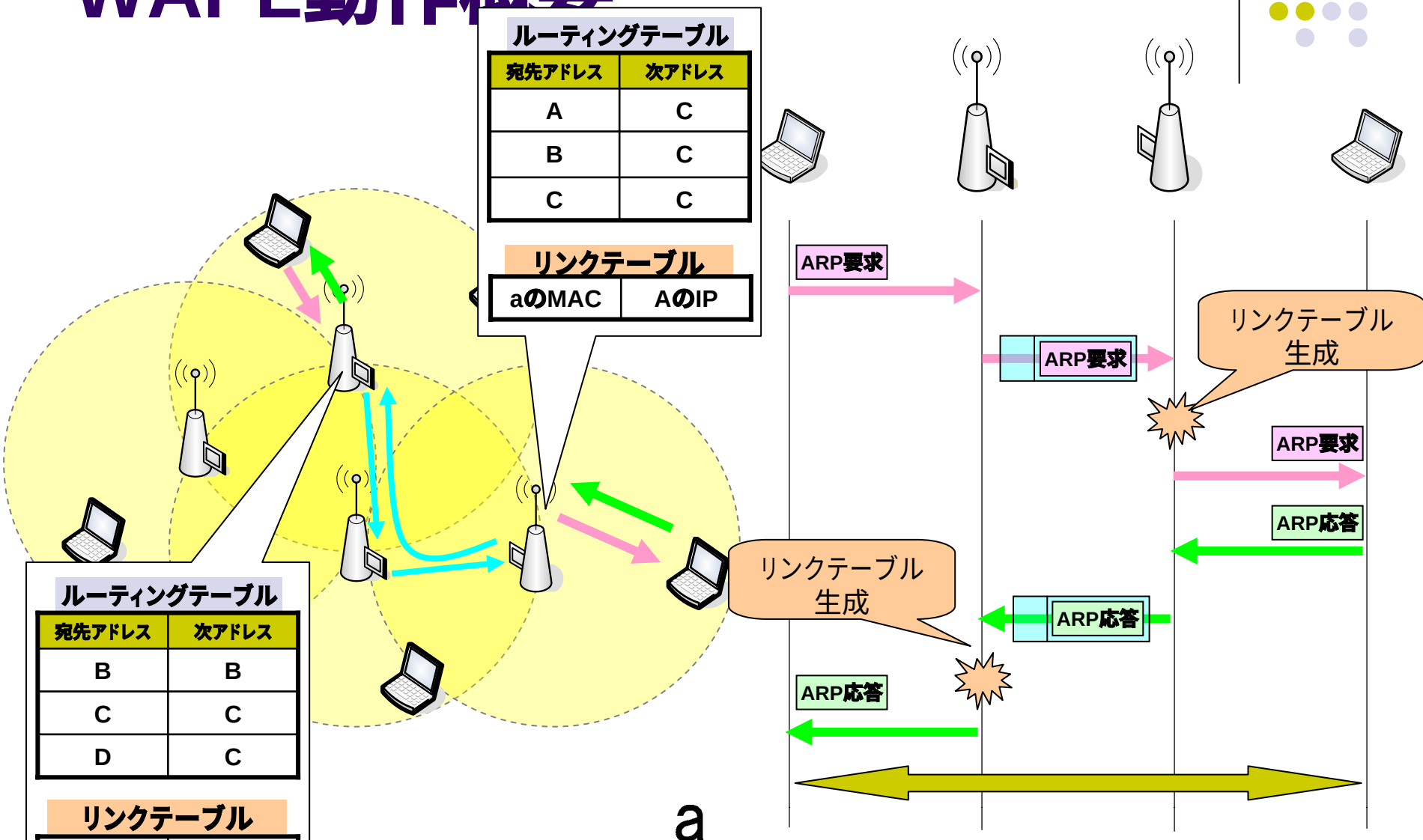
テーブル情報をフラッディングすることによる
トラヒックへの影響

アドホックルーティングプロトコルの改造が必要

提案方式

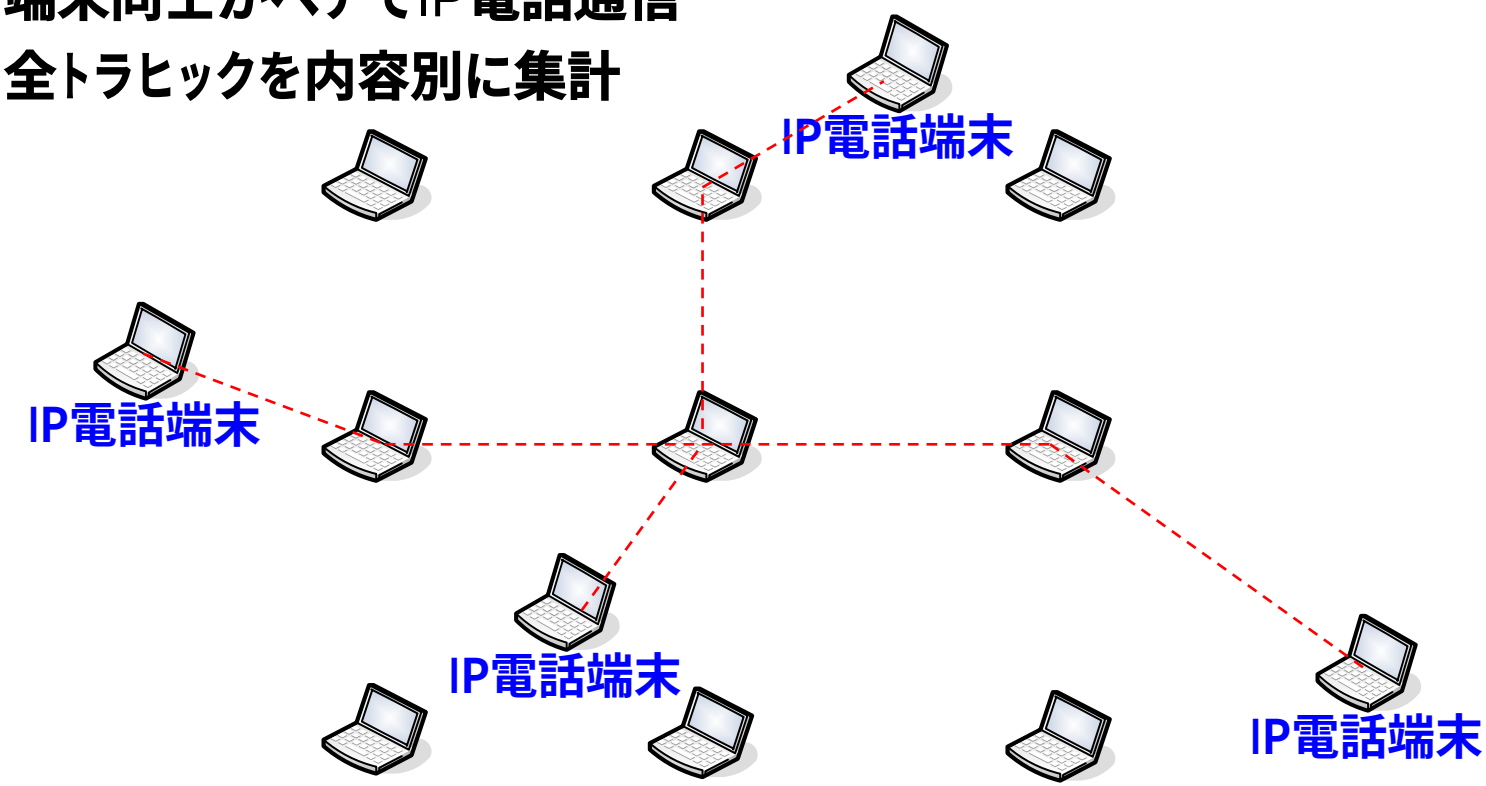
- WAPL (Wireless Access Point Link)
  - 特徴
    - 端末の通信開始時にリンクテーブルをオンデマンドで生成する
    - Ethernetフレームをアドホックネットワークでカプセル化
      - 有線に接続されたAPを完全にエミュレート
    - MANETのルーティングプロトコルをそのまま使用
      - ルーティングプロトコルに手を加える必要がない

WAPL動作概要


ルーティングテーブル
宛先アドレス
次アドレス
A
C
B
C
C
C
リンクテーブル
aのMAC
AのIP
ルーティングテーブル
宛先アドレス
次アドレス
B
B
C
C
D
C
リンクテーブル
eのMAC
DのIP
ARP要求
ARP要求
リンクテーブル
生成
ARP要求
ARP応答
リンクテーブル
生成
ARP応答
ARP応答
a

シミュレーションによる動作検証

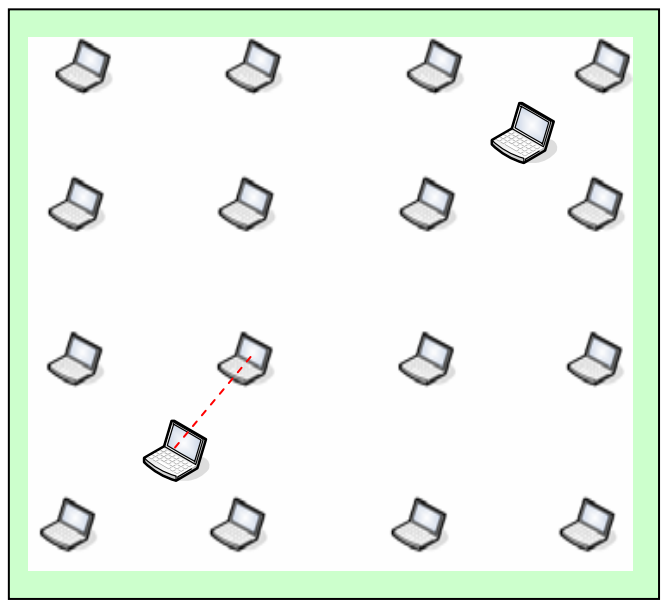
- ns2 (ns2.28) を用いたシミュレーション
  - アドホック端末をWAPと同じように配置
  - 端末同士がペアでIP電話通信
  - 全トラヒックを内容別に集計



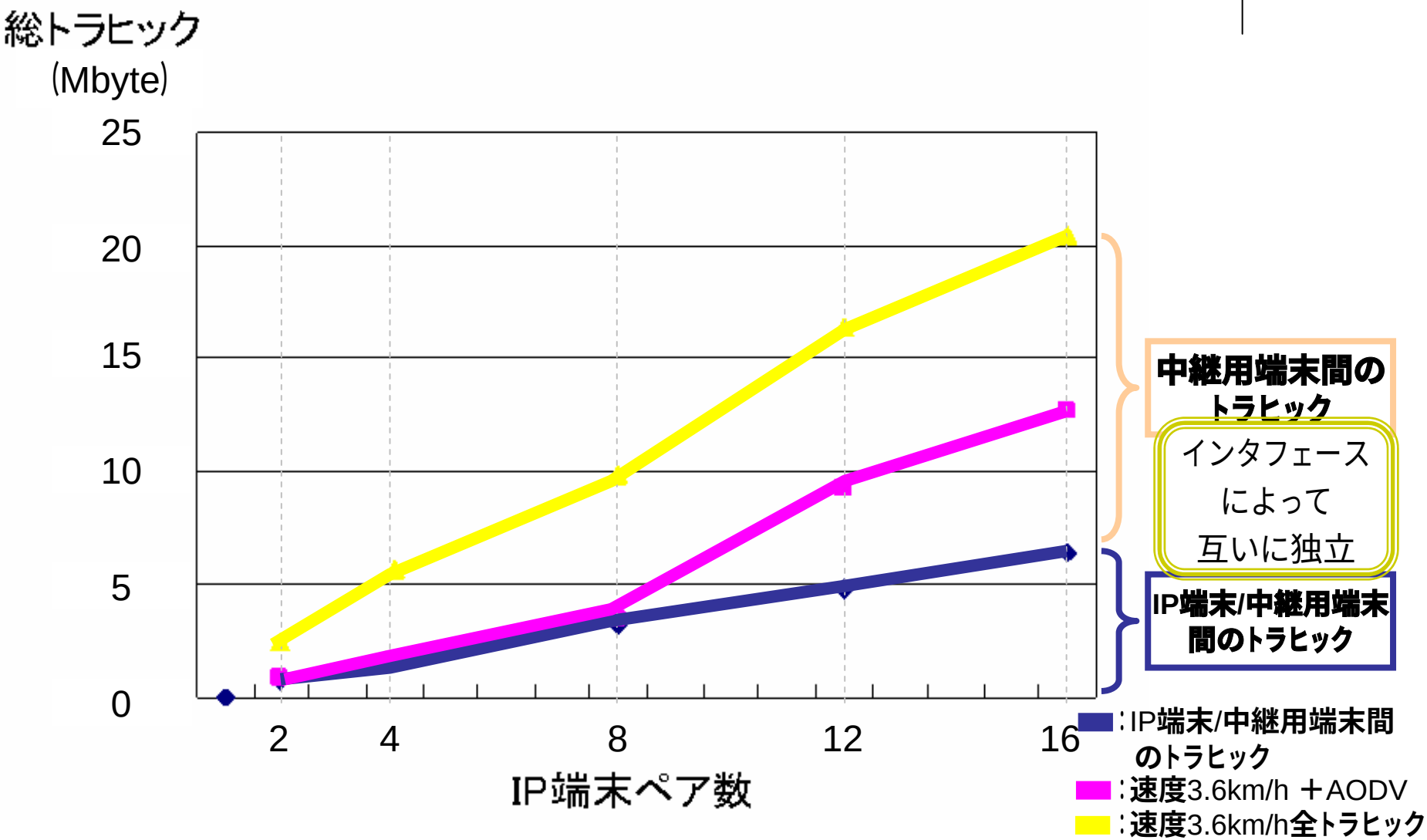
シミュレーション条件

- シミュレーション条件
  - 範囲　：1km×1km
  - パケットサイズ　：200byte (IP電話を想定)
  - 1秒間に送信するパケット数　：20パケット
  - 中継用に配置した端末数　：16
    間隔　：200m
  - 端末の電波到達範囲　：250m
  - アドホックルーティングプロトコル　：AODV
  - IP電話端末の初期配置　：ランダム
    移動　：直進 (方向はランダム)
  - IP電話端末のペア数　：2・4・8・12・16
  - 移動速度　：３．６km
  - 測定時間：５０秒
  - 無線帯域：５４Mbps

シミュレーション図



シミュレーション結果


総トラヒック
(Mbyte)
25
20
15
10
5
0
2
4
8
12
16
IP端末ペア数
中継用端末間のトラヒック
インタフェースによって互いに独立
IP端末/中継用端末間のトラヒック
：IP端末/中継用端末間のトラヒック
：速度3.6km/h ＋AODV
：速度3.6km/h全トラヒック

まとめ

- WAPLの提案
  - トラヒックの削減
  - テーブル量の削減
- シミュレーション
  - WAPLの有効性を推測
- 今後
  - WAPLの実装
  - 車車間通信、災害用通信設備への応用
  - 様々な状況でのシミュレーション

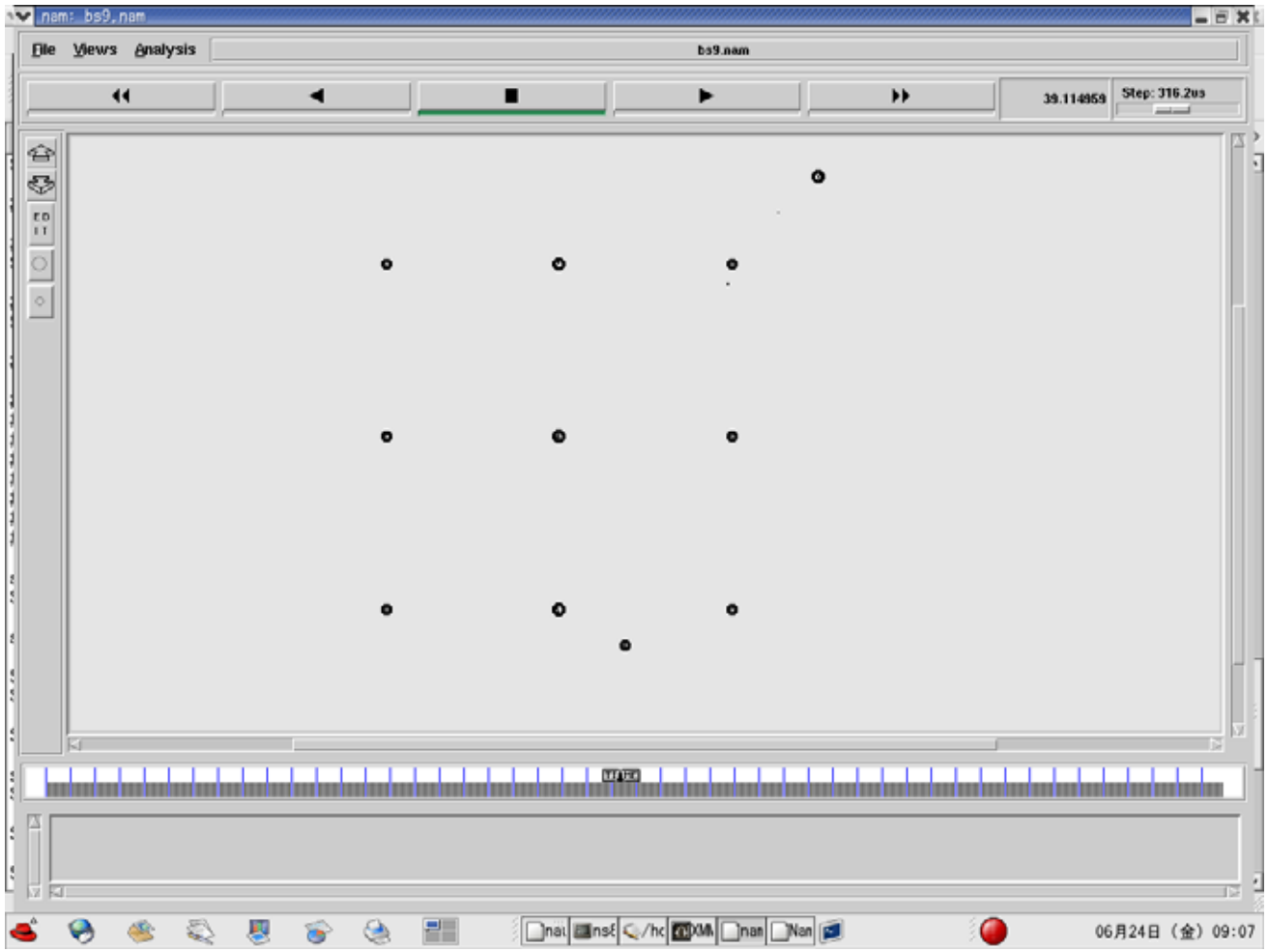
おわり

評価

- 無線インタフェースごとに周波数を変更
  - トラヒックの削減
- アドホックはWAPの情報のみ
  - テーブル量の削減
- ARPによる初期遅延
  - リンクテーブルを生成するための時間
    - 実質的な影響は少ないと考えられる

	全端末 ｱﾄﾞﾎｯｸﾓｰﾄﾞ	M-WLAN	WAPL
保持するﾃｰﾌﾞﾙ量	×	△	○
制御ﾊﾟｹｯﾄによる ﾄﾗﾋｯｸ量	×	△	○
初期遅延	○	○	△

NS2


nam: bs9.nam
File
Views
Analysis
bs9.nam
39.114959
Step: 316.2us
06月24日（金）09:07