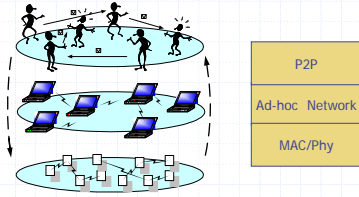


近年の無線デバイス及び携帯端末の発展と普及により、各端末がボトムアップ的にネットワークやシステムを構成する**無線アドホックネットワーク**及び**ピアトゥピア(P2P)**技術が注目されています。

本ワークショップではこれら無線アドホックネットワークとP2Pの融合を目指し、技術的課題や今後どのように使われていくかを探ります。



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線アドホックネットワークの現状

ATR適応コミュニケーション研究所

小菅, 堀沢, 昌山, 渡辺, 門, 張, 板谷, Davis, 田中

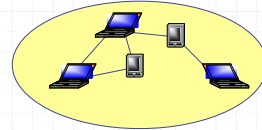
<http://www.acr.atr.co.jp/acr/>

## 無線アドホックネットワークとは？

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線アドホックネットワークとは？

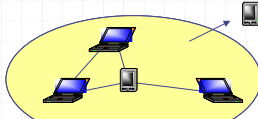
- ◆無線デバイスを備えた端末によってその場的にできるネットワーク



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線アドホックネットワークの特徴

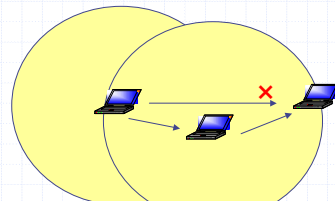
- ◆ダイナミックなシステム / ネットワークの変動
  - 端末の移動
    - 端末の自由参加 / 離脱
  - 端末の消滅
    - 電力切れ, 異常終了 (信頼性の低い端末)



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

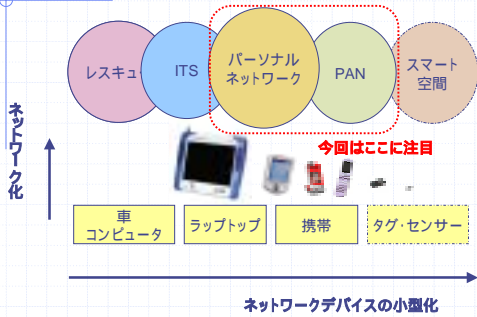
## 無線アドホックネットワークの特徴

- ◆マルチホップ通信
  - 他の端末を中継して通信エリアを拡大可能
  - 経路をどう決めるかが問題



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線アドホックネットワークの領域



## 無線アドホックネットワーク

- ◆ パーソナルネットワーク
  - IEEE802.11
  - 通信半径が広い(100m)  
オフィス    ホーム    街角
- ◆ PAN(Personal Area Network)
  - Bluetooth
  - 通信半径が狭い(10m)  
周辺機器の接続が主流

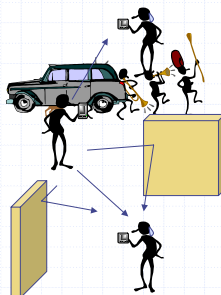
## 無線デバイス

- ◆ 端末間で直接通信できる無線デバイス
  - IrDA
  - PHS
  - IEEE802.11
  - Bluetooth
  - 独自方式

## 無線ネットワークの特徴

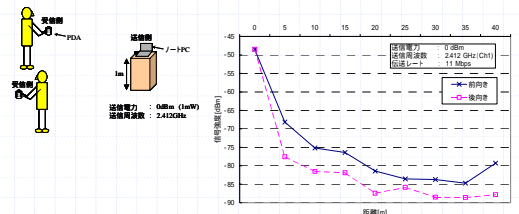
## 無線ネットワークの特徴

- ◆ 無線特性の影響  
複雑な電波環境
  - シャドーイング
    - 人や物による遮蔽
  - マルチパスフェージング
    - 場所変動
    - 時間変動
  - 室内と屋外では異なる



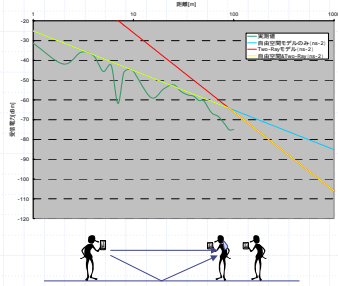
## 無線の特徴(1)

- ◆ シャドーイングの影響
  - 人自身も影響



## 無線の特徴(2)

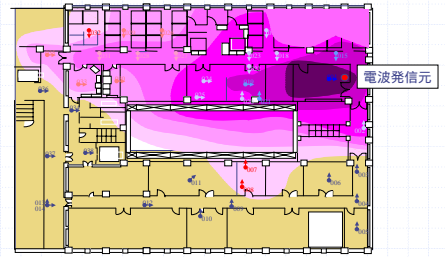
### ◆マルチパスフェージングの影響



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線の特徴(3)

### ◆屋内の電波環境例



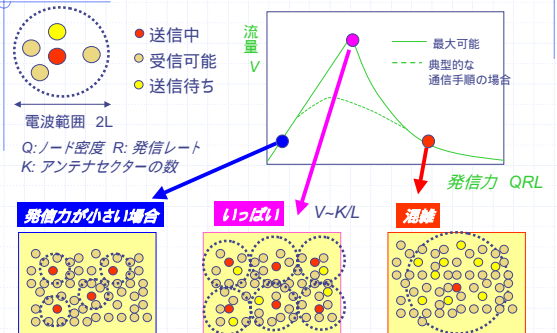
無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 通信半径

- ◆通信半径(送信電力)が大
  - 同時に話せるのは1台のみ
- ◆通信半径(送信電力)が小
  - つながらない
  - 情報が広がらない

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

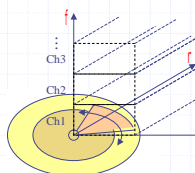
## 発信力と流量



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 密度上昇への対応

- ◆無線デバイスの性能向上
  - チャンネル割り当て -  $f$
  - パワーコントロール -  $r$
  - 指向性 - 空間分割(SDMA)



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## MACの問題

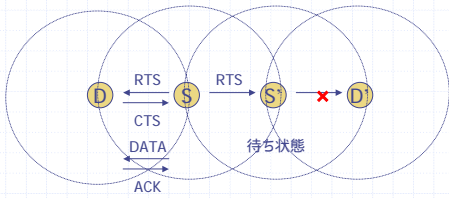
- ◆お互い見えている場合
  - 隠れ端末問題 RTS/CTSで解決
- ◆お互い見えていない場合
  - Exposed terminal問題
  - パケット受信閾値とキャリアセンス閾値が異なることによる隠れ端末問題

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## MACの問題

### ◆ Exposed terminal問題

- RTS/CTSによって、S' D'の通信中にS' D'の通信ができない

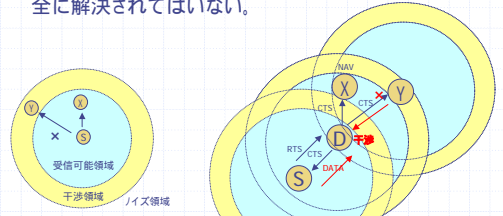


無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## MACの問題

### ◆ パケット受信閾値とキャリアセンス閾値が異なる

- この影響によりマルチホップでは隠れ端末問題が完全に解決されてはいない。



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線アドホックネットワークの課題

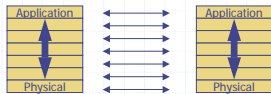
### ◆ 複雑な電波環境にどう対処するか？

- アンテナや物理層での対応
- 電波環境(SINR等), 特性の利用

### ◆ マルチホップ通信での経路制御

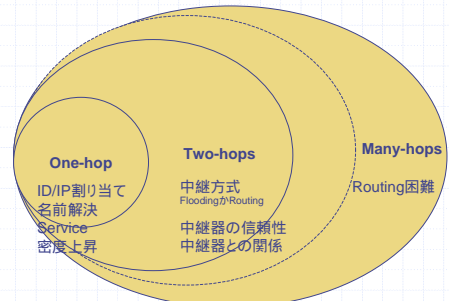
### ◆ 限られたネットワークリソース

- これまでのインターネット技術は有線向き
  - プロトコルのオーバーヘッドよりは相互接続性階層間の情報を利用しましょう



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## 無線アドホックネットワークの課題



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## シングルホップでの課題

## シングルホップの課題

### ◆ 有線での基本技術は確立しつつある。

- IETF Zero Configuration Networking (ZEROCONF)
  - Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses
  - Multicast DNS
  - Zeroconf Multicast Address Allocation Protocol (ZMAAP)
  - ...

### ◆ すでに製品に組み込まれている

- UPnP (MS)
- Rendezvous (Apple)

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

## UPnP(Universal Plug and Play)

- ◆ Step 0: アドレス付け
  - AutoIP
  - multicast DNS
- ◆ Step 1: 発見
  - SSDP
- ◆ Step 2: 記述
  - XML
- ◆ Step 3: 制御
  - SOAP
- ◆ Step 4: イベント
  - GENA
- ◆ Step 5: 表示
  - HTML

ブロードキャストの多用

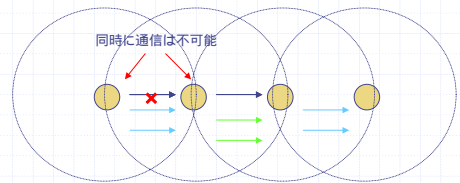
## シングルホップの課題 (contd)

- ◆ 既に技術は確立しつつある
- ◆ 使い方はパーソナルorホーム = 小規模
  - ブロードキャストの多様
  - マルチホップではスケールしない
- ◆ SOAP(XML表記)はオーバーヘッドが大きい

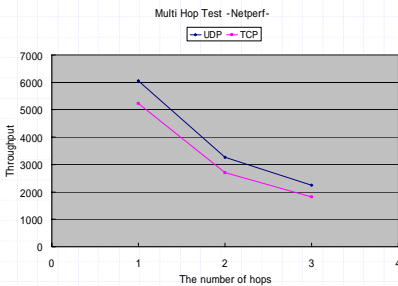
## マルチホップ通信の課題

## マルチホップ通信の特性

- ◆ バケツリレー
  - 論理的には、通信帯域は1/2以下



## Throughput



## TCP on wireless ad-hoc networks

- ◆ 無線環境における問題点
  - 無線リンクロスと輻輳ロスの区別ができない
- ◆ UDPよりも課題が大きい
  - ホップ数の増大(2倍)
  - Ackの衝突(双方向通信の問題)
  - ルート/リンクの切断、変更によるTCPの大幅な性能劣化(タイムアウトによる通信の中断)



## 無線アドホックネットワーク

### ◆経路制御の必要性

- 2つのアプローチ
  - ◆ IP/MANETルーティング
    - これまでのインターネットのアプリケーションが利用可能
  - ◆ その他のルーティング, ブロードキャスト
    - これまででない新しい使い方を模索
    - ユーザ向けの経路制御

## IP/MANETルーティング

- ◆ IETF のmanet WGにて検討中
- ◆ 課題

- 移動によるルート及びトポロジの変更
  - ◆ いかに迅速にルートを切り替えるか?
- 無線媒体のブロードキャスト特性 (ループが出来やすい)
  - ◆ パケットがどうどう巡りにならないための工夫
- モバイル端末ゆえのバッテリー制限
  - ◆ 制御パケットの抑制

- ◆ 様々なルーティングプロトコルが提案済み

## ルーティングプロトコルの分類

- ◆ Proactive型 (Table-Driven型) プロトコル
  - 各宛先へのルートを予め (Tableのエントリとして) 構築しておくプロトコル
- ◆ Reactive型 (On-Demand型) プロトコル
  - ルートが必要になったときに (On-demandに) 宛先までのルートを作成するプロトコル
- ◆ Hybrid型プロトコル
  - 上記2方式の組み合わせ (空間的、時間的に使い分ける)

## ルーティングプロトコルの現状

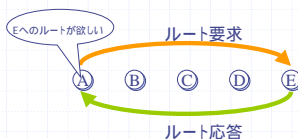
- ◆ それぞれのプロトコルで得意な条件がある
  - 端末数
  - 端末密度
  - 端末の移動速度 など
- ◆ 今のところあらゆる状況で他に勝っているというルーティングプロトコルは今のところない (今後もないでしょう)

## ルーティングプロトコルの現状

ネットワークの条件とそれに適したプロトコル
比較的低移動度のネットワーク ... DSR, AODV
端末密度の高いネットワーク ... OLSR, TBRPF
大規模なネットワーク ... FSR

### ◆ DSR, AODV

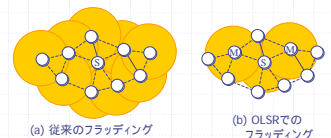
- オンデマンド型は定期的な制御オーバーヘッドが発生しないため、大規模かつ低密度でノードの移動速度が小さいようなネットワークに適している。



## ルーティングプロトコルの現状

### ◆ OLSR

- フラッドイングの転送を行うノードを適切に選択することにより制御オーバーヘッド量を減らしている。



## ルーティングプロトコルの現状

### ネットワークの条件とそれに適したプロトコル

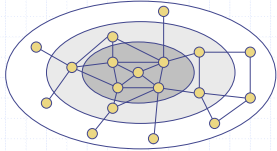
比較的低移動度のネットワーク  
... DSR, AODV

端末密度の高いネットワーク  
... OLSR, TBRPF

大規模なネットワーク  
... FSR

### ◆FSR

- 速くのノードに関する情報を配布する頻度を小さくする。



本当に大規模(100台程度?)でないとうまくいかない?

## ルーティングプロトコルの現状

### ◆階層型ルーティング

- フラット型に比べテーブルサイズや処理オーバーヘッドを格段に低減

### ◆GPS等による位置情報を利用

- 無駄な制御オーバーヘッドの配送を低減

### ◆マルチパスルーティング

- 複数のパスを利用
- 再送を防ぐことで遅延を抑制(QoS)

## ルーティングプロトコルの現状

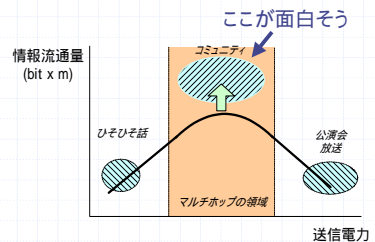
- ◆ MANETでの標準化においてはオンデマンド型のプロトコル(特にAODV)が数歩リード
  - 政治的な部分もある?(IP層の大御所によるプロトコル)
- ◆ 小規模や数ホップのネットワークでは多くは特性が出にくい?

## ATRの取り組み

## ATRの取り組み

- ◆ CoCoNUT
- ◆ TrailMail
- ◆ Whizbe
- ◆ WACNet
- ◆ ルーティング
- ◆ TCPの性能改善

## ATRの取り組み



**CoCoNUT (Contiguous Communication Network on Ubiquitous Transmission)**

研究内容

CoCoNUTとは？

◆ 情報機器が移動する至る所で、利用者が意識しない間に近接する他の情報機器を認識しデータ転送を実行。必要に応じて利用者に得られた結果を提示する情報ネットワーク

- 用途
- ◆ 口コミ情報配信
  - ◆ コミュニティ支援
  - ◆ 機会発見



問い合わせ: {kado, kosuga}@atr.co.jp

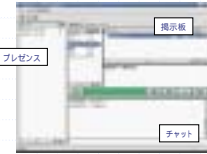
試作・実験

以下の機能を実装

- ◆ 掲示板
- ◆ チャット
- ◆ プレゼンス(プロフィール交換)

検証実験

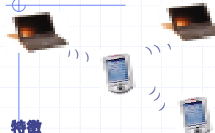
- ◆ どのように情報が伝わるか
- ◆ トラフィック測定



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

**TrailMail**

応用シナリオ



特徴

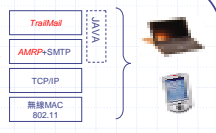
- ◆ コンテンツ「ルーチング」
  - タグ方式(アドレス不要)
  - 送信・受信フィルター
  - フィルター学習機能
- ◆ 自動転送・マルチホップ

応用例

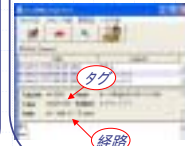
- ◆ グループ・チーム連絡
- ◆ ホットスポット情報配信

試作

タグ検知などの通信手順



メール インタフェス



フィルタ インタフェス



問い合わせ: {miyamoto, davis}@atr.co.jp

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

**Whizbe**

応用シナリオ



特徴

- ◆ 無線情報ブロードキャスト
- ◆ 受信した情報をフィルター・告示

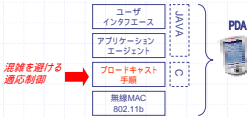
応用例

- ◆ 人発見
- ◆ ホットスポットセールス
- ◆ 物々交換

問い合わせ: {pavel, davis}@atr.co.jp

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

試作



混雑を避ける適応制御

ユーザー インタフェス

知っている人を見つけたらデータベース情報を表示



**WACNet**

研究内容

◆ 特徴

- ◆ 指向性アンテナを使ったアドホックネットワークテストベッド
- ◆ 電波到来方法がわかる
- ◆ SDMAの実現



問い合わせ: {watanabe}@atr.co.jp

試作

- ◆ [アンテナ] アダプティブにアンテナ指向性及びヌル点の制御が可能
- ◆ [MAC] 802.11bベースで、Angle Signal Table (角度毎の隣接端末の受信電力値一覧) 情報の取得及びビームパターン制御
- ◆ [ルーチング] 受信電力等の無線品質情報を活用したルーチングプロトコル



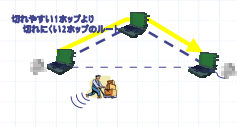
無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

**アドホックネットワーク用ルーティング**

研究内容

特徴

- ◆ 電波環境情報を利用したルーティング
- ◆ ノード間の電波環境情報をルーティングのメトリックに利用することで切断の起こりにくい安定したルートを構築する
- ◆ 「急がば回れ」方式



問い合わせ: {horisawa}@atr.co.jp

無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21

試作・実験

試作

- ◆ GSR/FSRをベースとして提案方式をシミュレータ及び実機に実装

実験

- ◆ 他のルーティング実装との比較・検討
  - 性能(スループット、遅延 etc...)
  - 使用感(使い心地)



**TCPの性能改善**

研究内容

◆ 概要

- ◆ 無線リンクロスと輻輳ロスが区別できるEnd-to-End 輻輳制御方式
  - 明示的無線リンクロス通(EWLN)
  - 明示的輻輳通知(ECN)
- ◆ TCPとルーティングの協調
  - ✓ ルーティングの失敗(ERDN)
  - ✓ ルーティングの成功(ERSN)

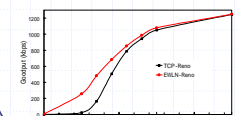


問い合わせ: {chang}@atr.co.jp

実験

◆ 特徴

- ◆ MACレイヤでビット誤りのため破棄されたIPパケットをTCP層に通知する新たなEWLN方式を提案。
- ◆ End-to-Endプロトコルとリンクプロトコルの組み合わせによるTCPの性能改善



無線アドホックネットワークとP2Pミニワークショップ プレゼン資料 2002.10.21