

InternetWeek2003 チュートリアル

ネットワーク管理者のためのP2P入門  
アドホックネットワーク

株式会社スカイリー・ネットワークス 代表取締役  
GMO総合研究所 研究員

梅田英和

## アジェンダ

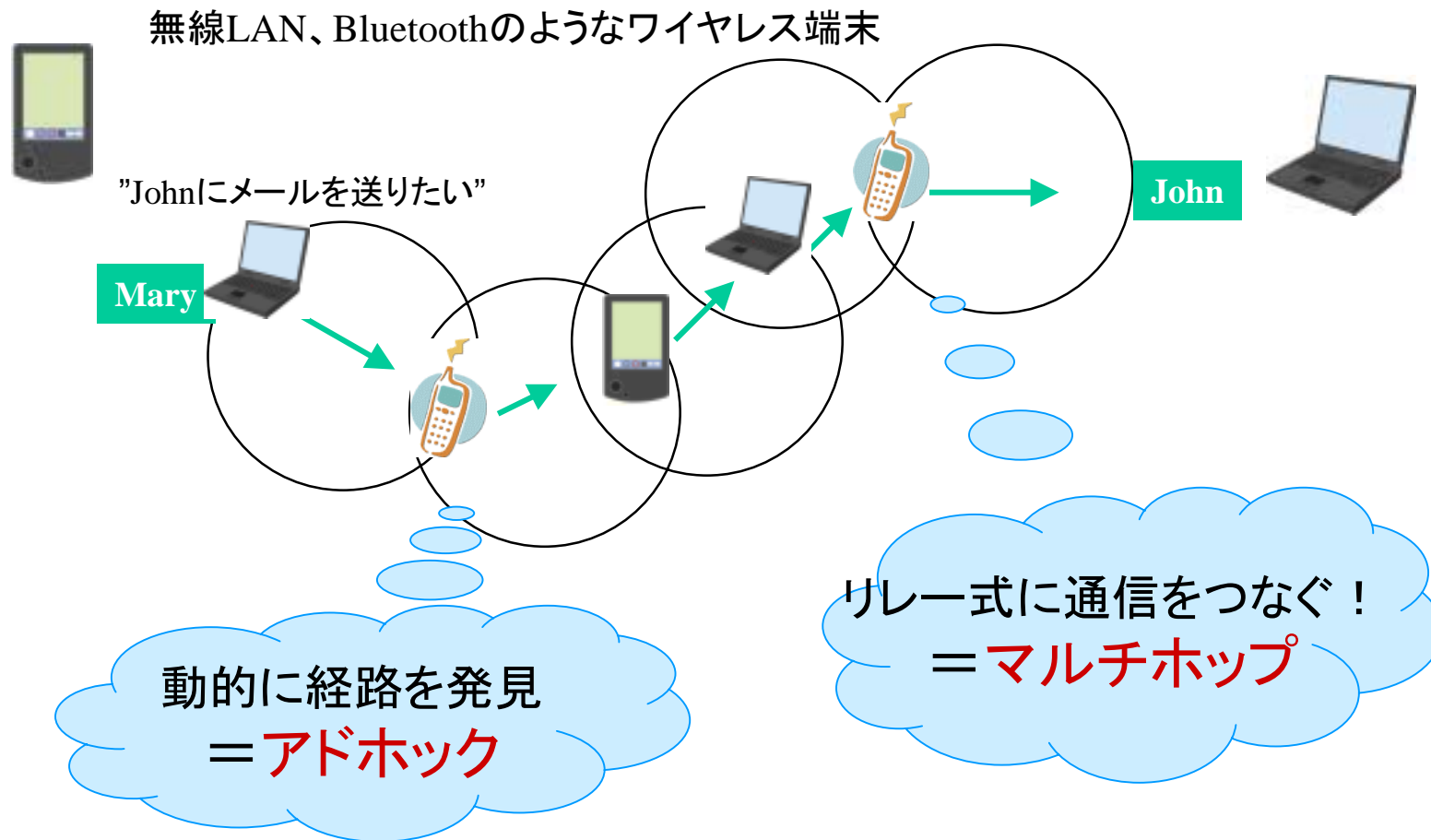
アドホックネットワークとは何か

経路制御、名前解決

センサーネットワーク

運用における現実的課題

## 無線アドホックネットワーク



## 無線アドホックネットワーク

複数の無線端末が自律的かつ最小限の設定でネットワークを構成しなくてはならない(アドホック)

→アドレス解決・名前解決

各端末は他の端末のデータを適切に中継しなくてはならない(マルチホップ)

→経路制御

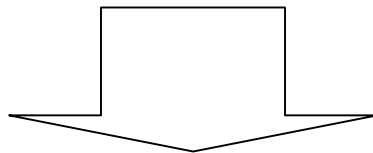
端末は常に移動または消滅する可能性があるが、それでもネットワークは維持されなくてはならない

## 課題

### マルチホップの難しさ

移動体を含めたアドホックネットワークで**マルチホップ**を実現するためには、経路制御が必要

端末の流動性が高く、経路が不安定で、有線（インターネット）の経路制御がそのまま利用できない



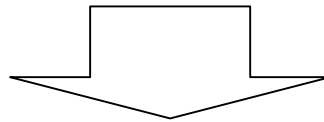
MANET (Mobile Ad hoc NETWORK) で提案されているいくつかのルーティングプロトコルを研究

<http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>

## 課題

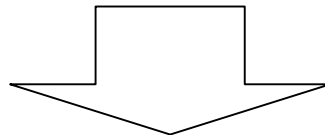
### アドホックの難しさ

未知の端末がネットワークの一部を形成するかもしれない



例えばIPを例にとると...

- あらかじめIPが適切に設定されているとは限らない
- DHCP、DNSのような解決機構が利用できるとは限らない
- 通信相手のアドレスがあらかじめ分かっているとは限らない



ZeroConf、IP Auto Configuration、分散名前解決

## MANET

### Reactive Type

- DSR (The Dynamic Source Routing Protocol)
- AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector Protocol)

### Proactive Type

- OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)
- TBRPF (Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding)

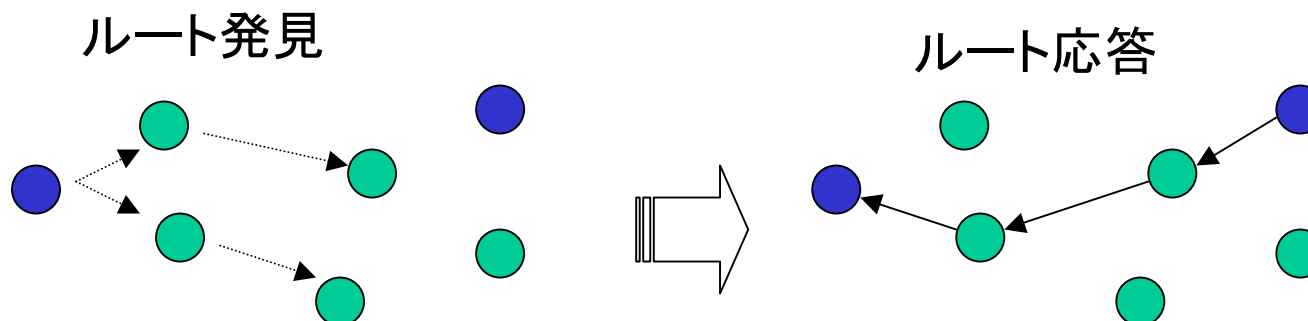
### Hybrid Type

- ZRP (Zone Routing Protocol )
- JPPP, DECENTRA

## Reactive Type

- DSR (The Dynamic Source Routing Protocol)
- AODV (Ad Hoc On Demand Distance Vector Protocol)

大規模、低密度、移動速度が早いネットワークに向いている

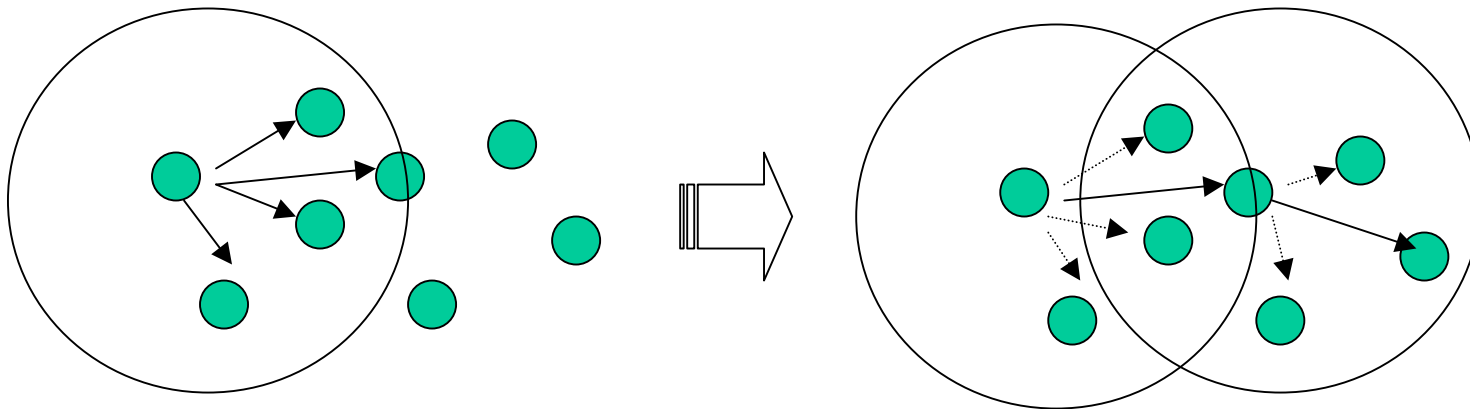




## Proactive Type

- OLSR (Optimized Link State Routing Protocol)
- TBRPF (Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding)

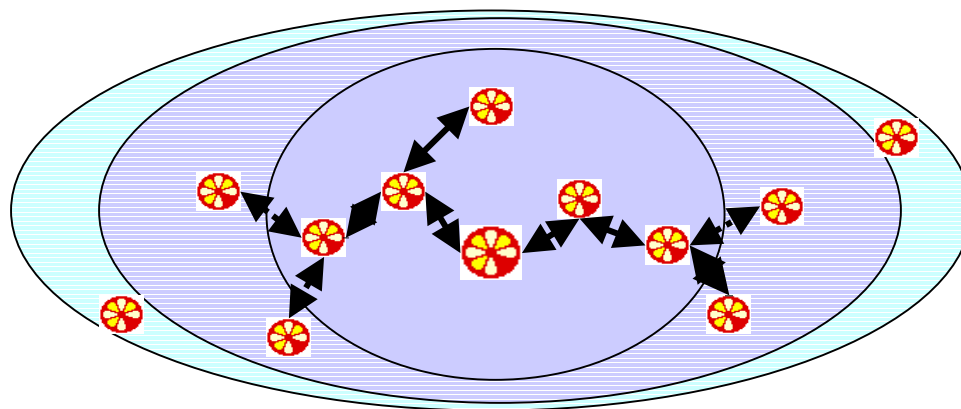
高密度、移動速度が低いネットワークに向いている



## Hybrid Type

- ZRP (Zone Routing Protocol )
- JPPP, DECENTRA

両方の良さを兼ね備えた柔軟なプロトコルだが、実装が複雑  
(商用でも研究用でも実装がほとんど存在しない)



アドホックネットワークとは何か

経路制御、名前解決

センサーネットワーク

運用における現実的課題

## DECENTRAとは？

無線アドホック通信を可能にする商用のプロトコルスタックです。

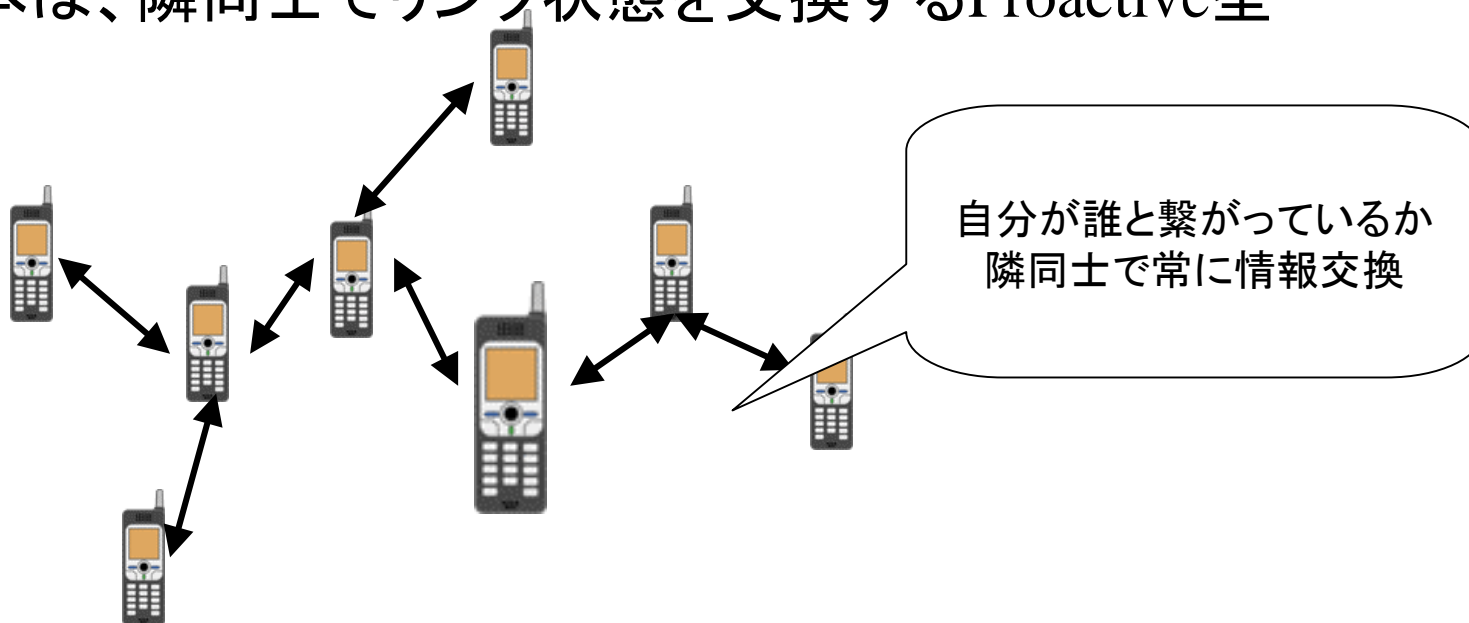
アプリケーション作成を容易にするミドルウェアで、経路制御だけでなく、データ送受信、暗号化、ピア発見など多くのAPIを提供します。

原則としてすべての無線端末に搭載されることを動作の前提にしています。

## DECENTRAの詳細

Jnutella Routing Protocol

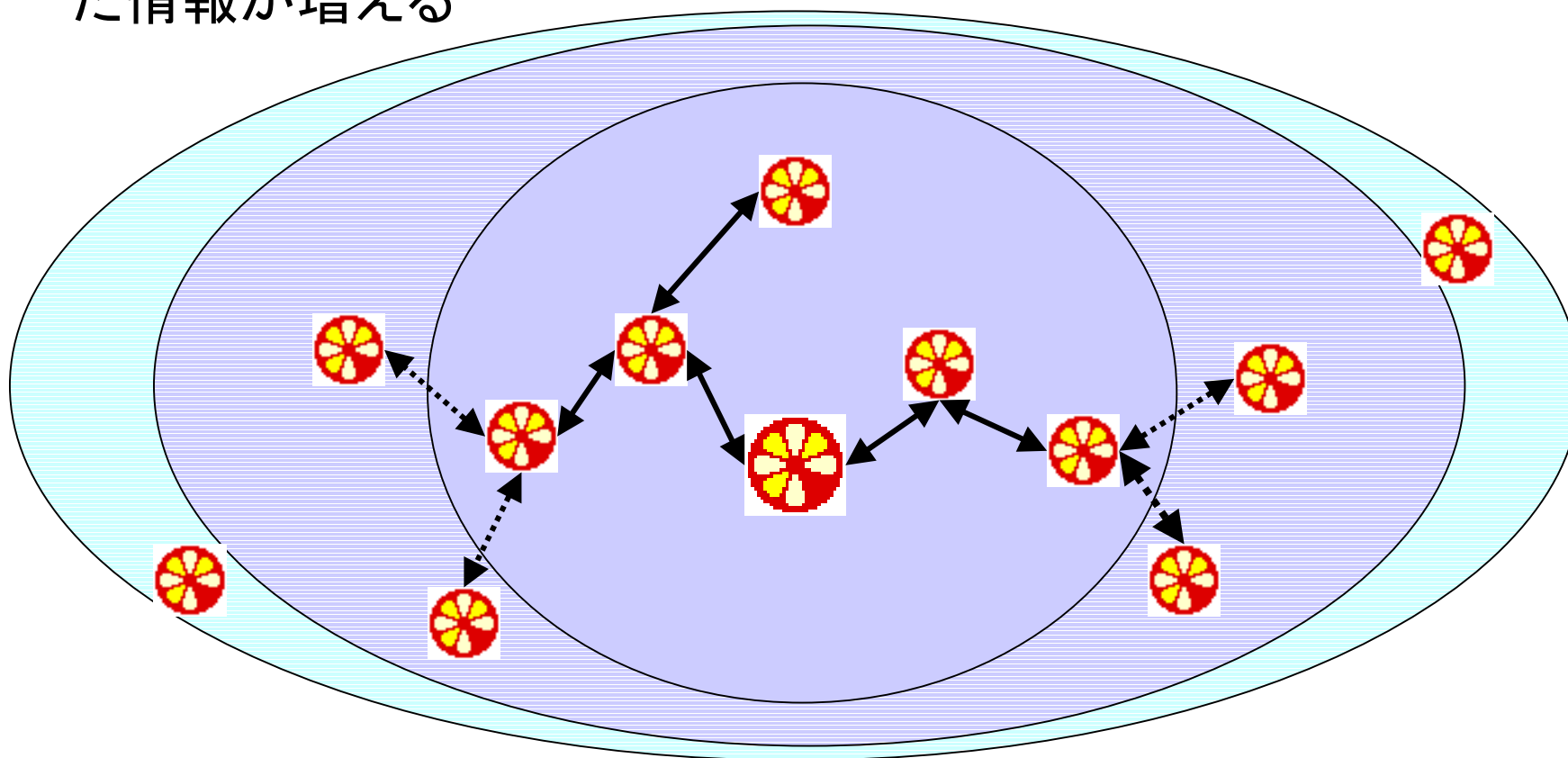
基本は、隣同士でリンク状態を交換するProactive型



**スコープ**によって更新サイクルを変化させることで通信量を減らす

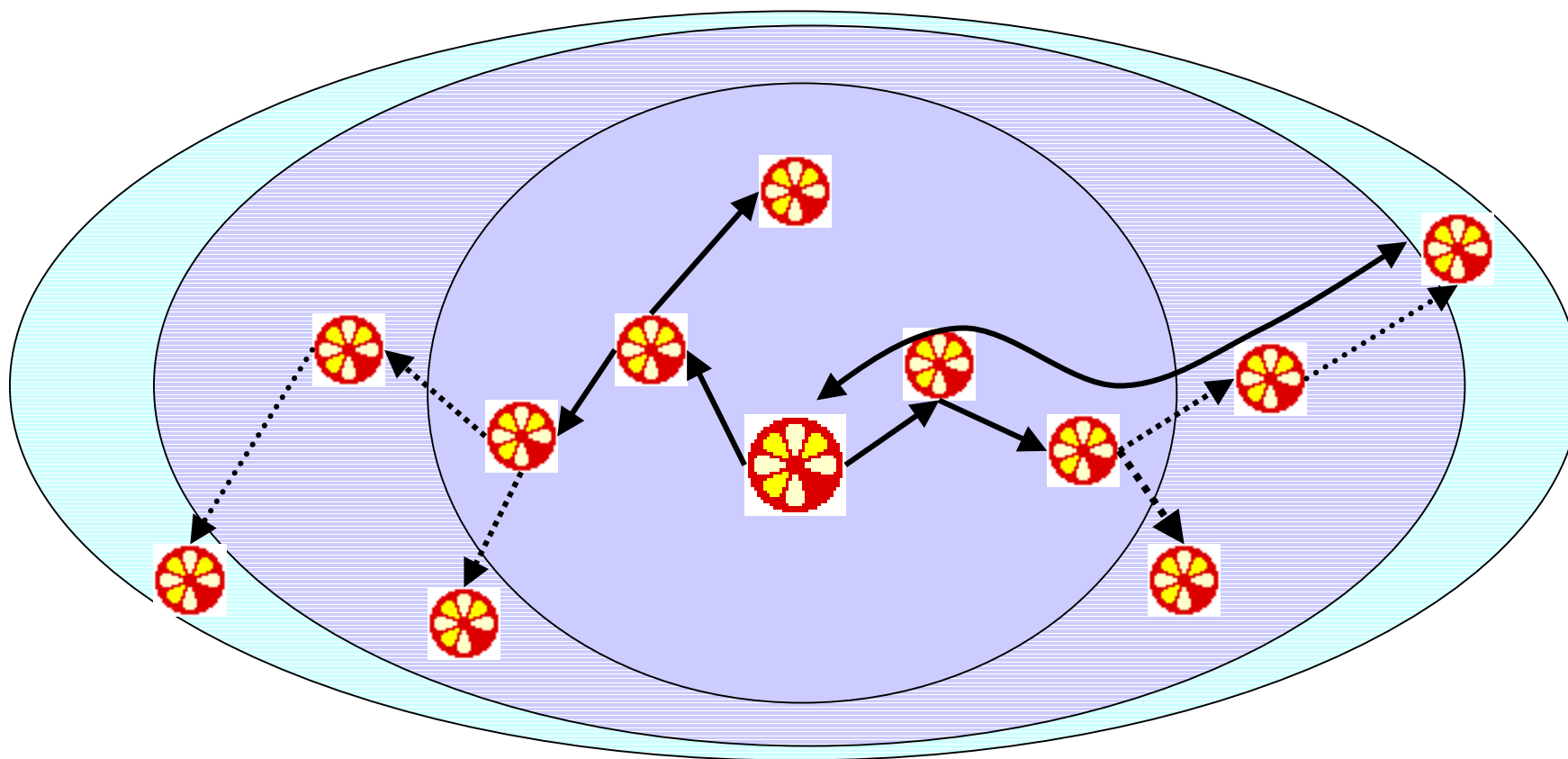
## DECENTRAの詳細

自分に近いほど良く見え、周辺にいくほど確率的に過った情報が増える



## DECENTRAの詳細

スコープ外の相手へブロードキャストでメッセージを送信。戻ってきたメッセージの経路スタックを使って通信



## DECENTRAの詳細

アドレスの代わりに128bitの乱数を利用

→これによってアドレスを競合なく付与する問題を解決

アドレス解決には、Napster、Gnutella、Freenetといったファイル交換ソフトから分散検索の原理を利用

→これによってDNS、DHCPに頼ることなくアドレス解決が可能

→通信相手のアドレスが不明な場合もその場で動的検索



## 「ワイヤレスP2P」の重要性

無線アドホックネットワークは、経路制御を考えただけでは足りない。

- アドレス配布
- 名前解決
- マルチホップ向けTCP
- マルチキャスト
- 端末検索
- 応用アプリケーション

経路制御 (MANET) を含む上位概念としてのワイヤレス P2P

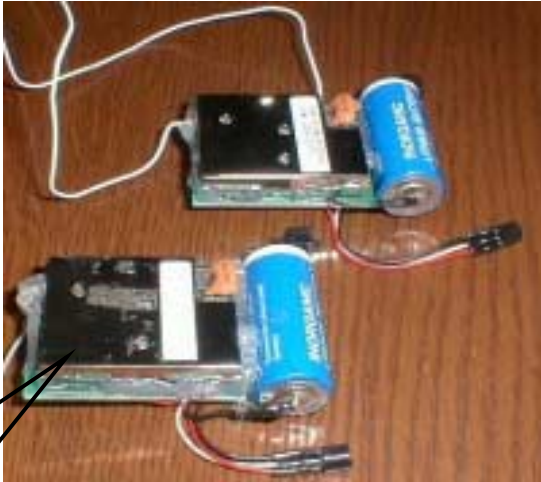
アドホックネットワークとは何か

経路制御、名前解決

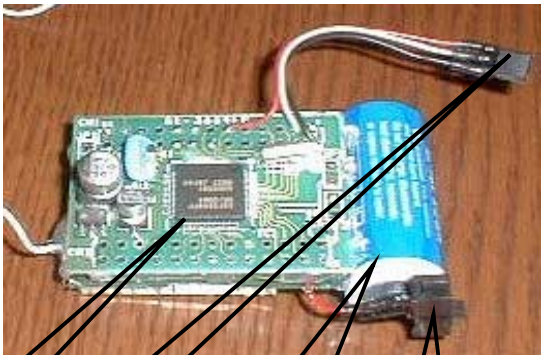
センサーネットワーク

運用における現実的課題

## センサーネットワーク



RF  
微弱  
無線  
Mod



H8

Battery

Thermo  
Sensor

Power  
Switch

センサー無線機 (試作機)

- \* RF: EPSON微弱無線モジュール
- \* CPU: Hitachi H8
- \*メモリ: H8内蔵メモリ(RAM 2kb, Rom 32kb)

### EPSON社の微弱無線モジュールのスペック

- 見通し通信距離50m
- 双方向半二重通信
- 使用周波数: 316.74MHz, 307.74MHz

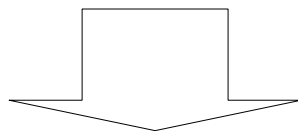
- 変調方式: FSK
- 通信速度: 512bps
- 電源電圧: 2.8V~3.3V
- 消費電流データ:
  - 送信時: 約20.0mA
  - データ受信時: 約10.0mA
  - 受信待機時: 約1.0mA

## MicroDECENTRAの必要性

センサーネットワークのような用途では、

- 無線が非常に低速で低機能
- CPUもメモリーも限られた量しかない

このため、PCと無線LANを対象にしたこれまでのプロトコルよりもさらに小型、省電力な通信ソフトウェアが必要

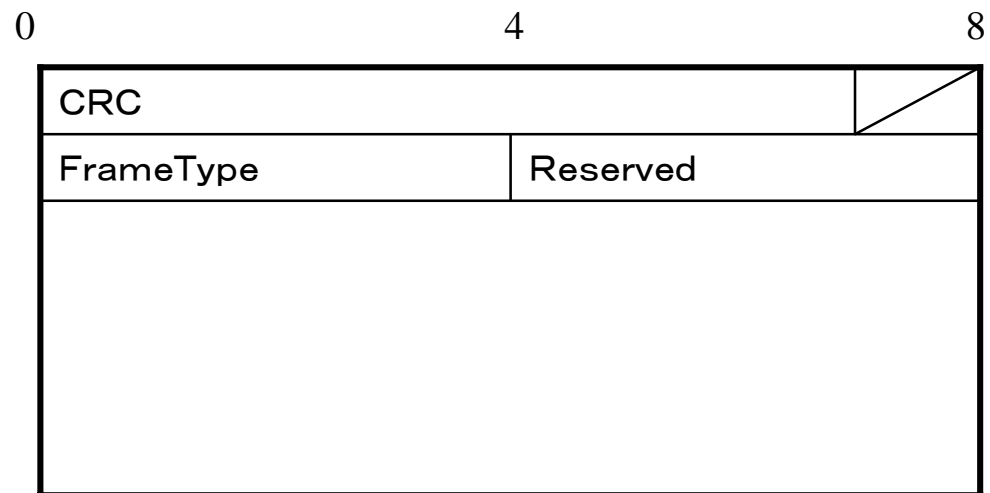


MicroDECENTRA

## MicroDECENTRAの想定スペック

- 実行メモリ 4KB以下、コードサイズ 4KB以下
- MicroDECENTRA単体で一つの自律型プロトコルとして動作  
(パケット方式、リンク状態型経路制御機構)
- CRCによるデータ欠損チェック
- 転送エコーによる送信確認
- 純粹Peer to Peer形式  
(任意の端末から任意の端末に経路制御)

# MicroDECENTRAのデータ形式

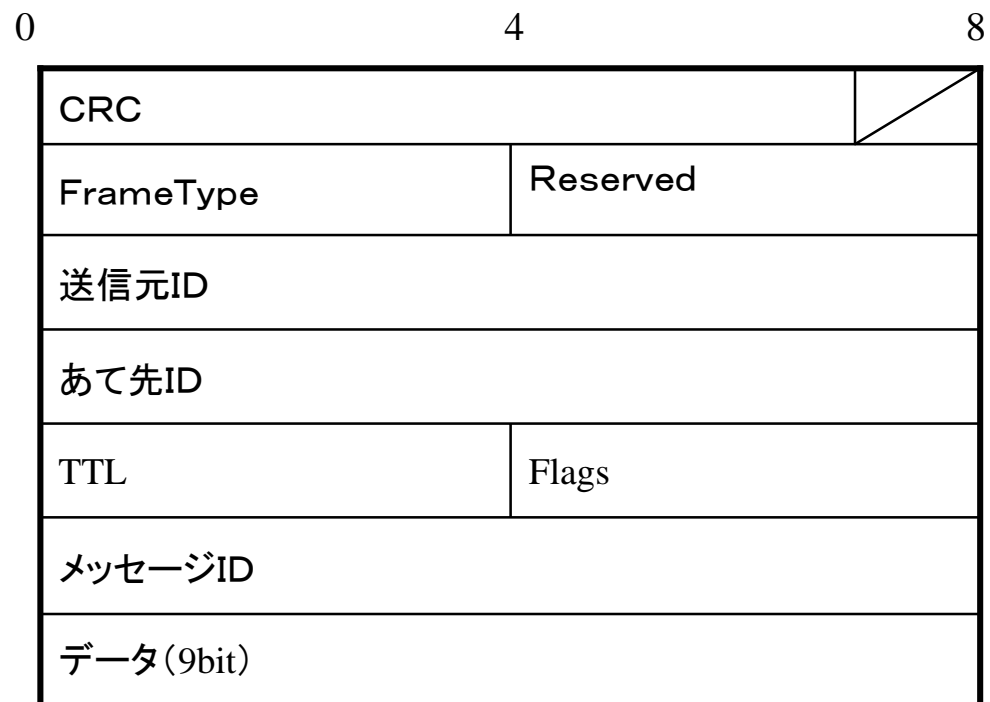


1フレーム15Byte

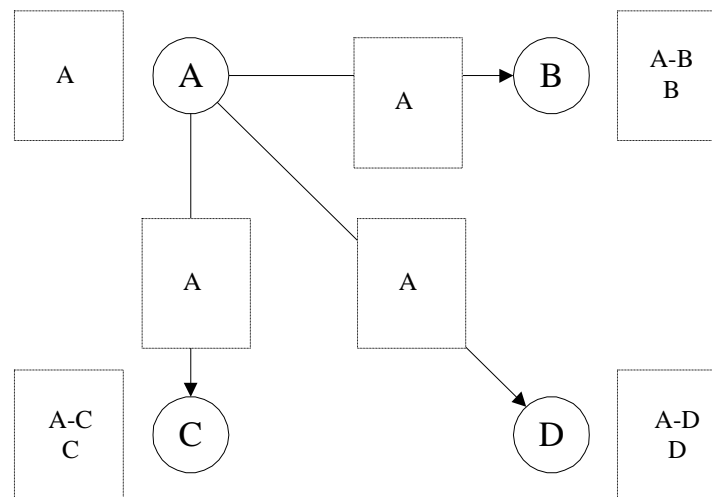
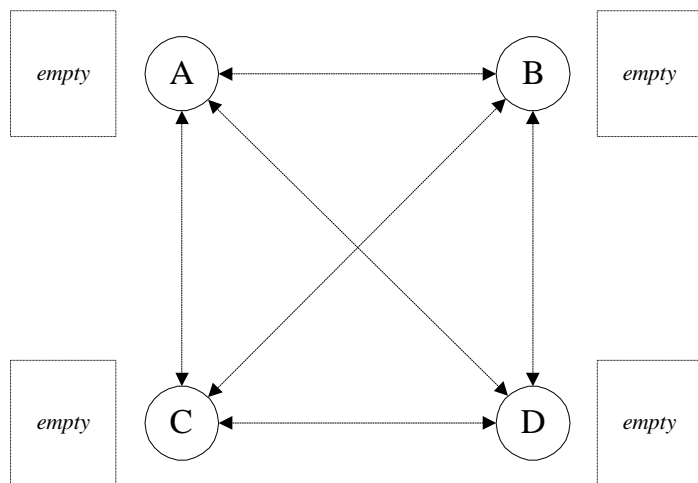
6つのフレームタイプ

- PING
- 経路表
- データ
- WAKEUP
- 端末削除
- ACK

# データフレーム

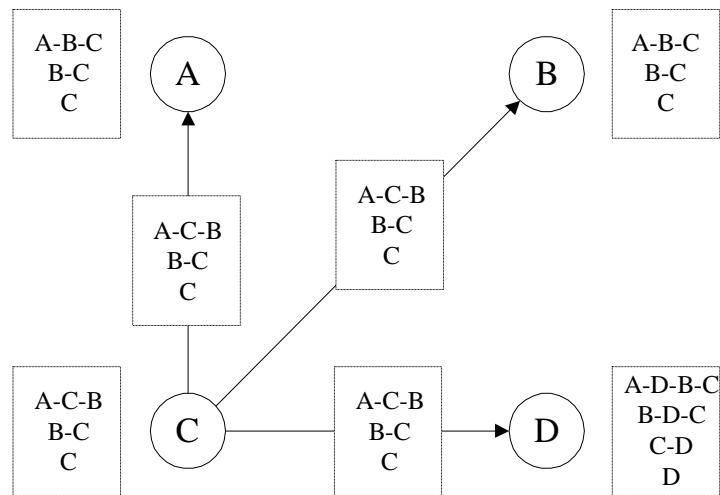
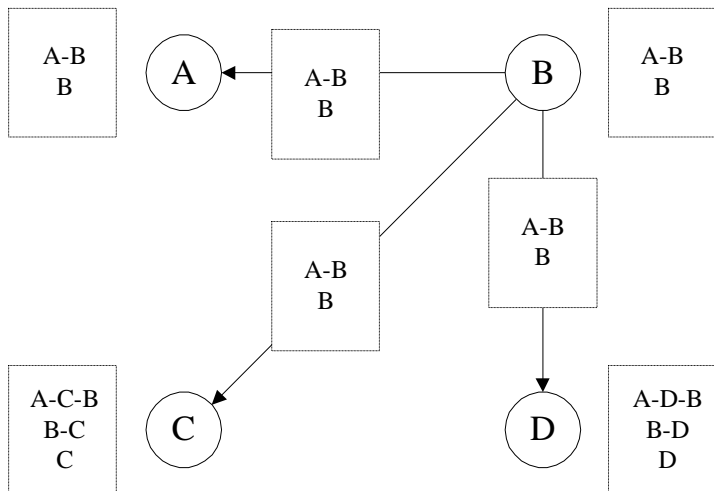


# テーブル交換方式

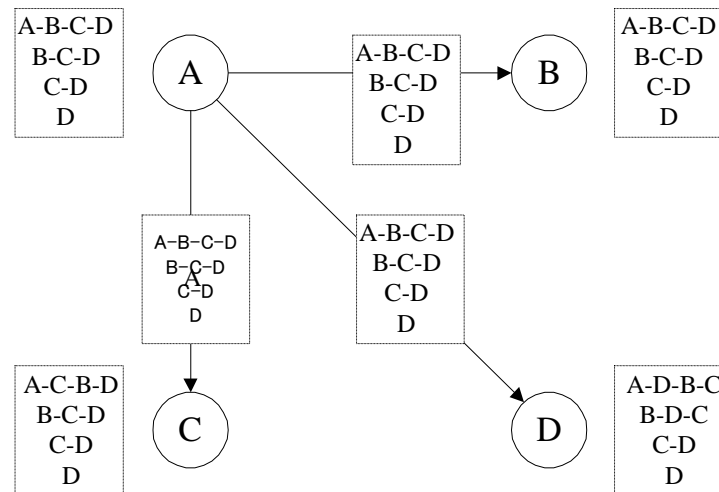
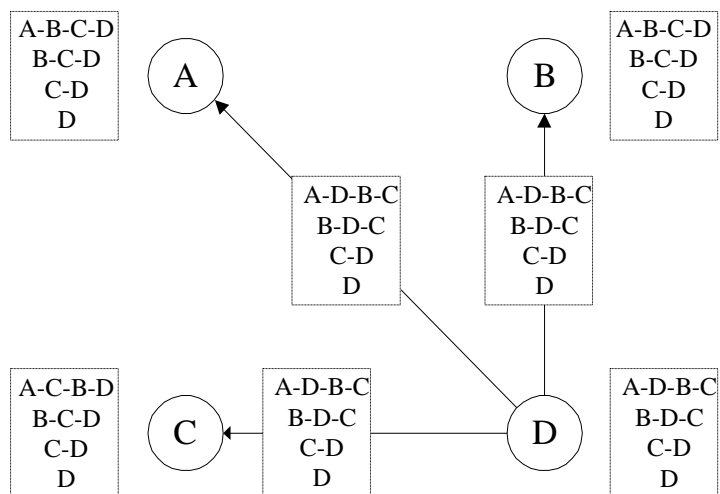




# テーブル交換方式



# テーブル交換方式



# テーブル交換方式

経路表 = 接続行列

	A	B	C	D	E	F	G	H
A		1	0	1	0	1	1	1
B	1		...					
C	0	...						
D	1							
E	0							
F	1							
G	1							
H	1							

$$\text{Total bit} = (\text{端末数} * (\text{端末数} - 1)) / 2 + 8 * \text{端末数}$$

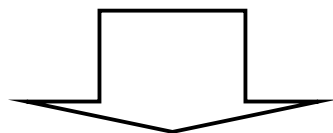
## テーブル交換方式

### ルール

- 起動時には必ず自端末をアドバタイズする
- 受信した経路表と自分の表を結合
- もし表に変化があれば、自分の経路表をブロードキャスト

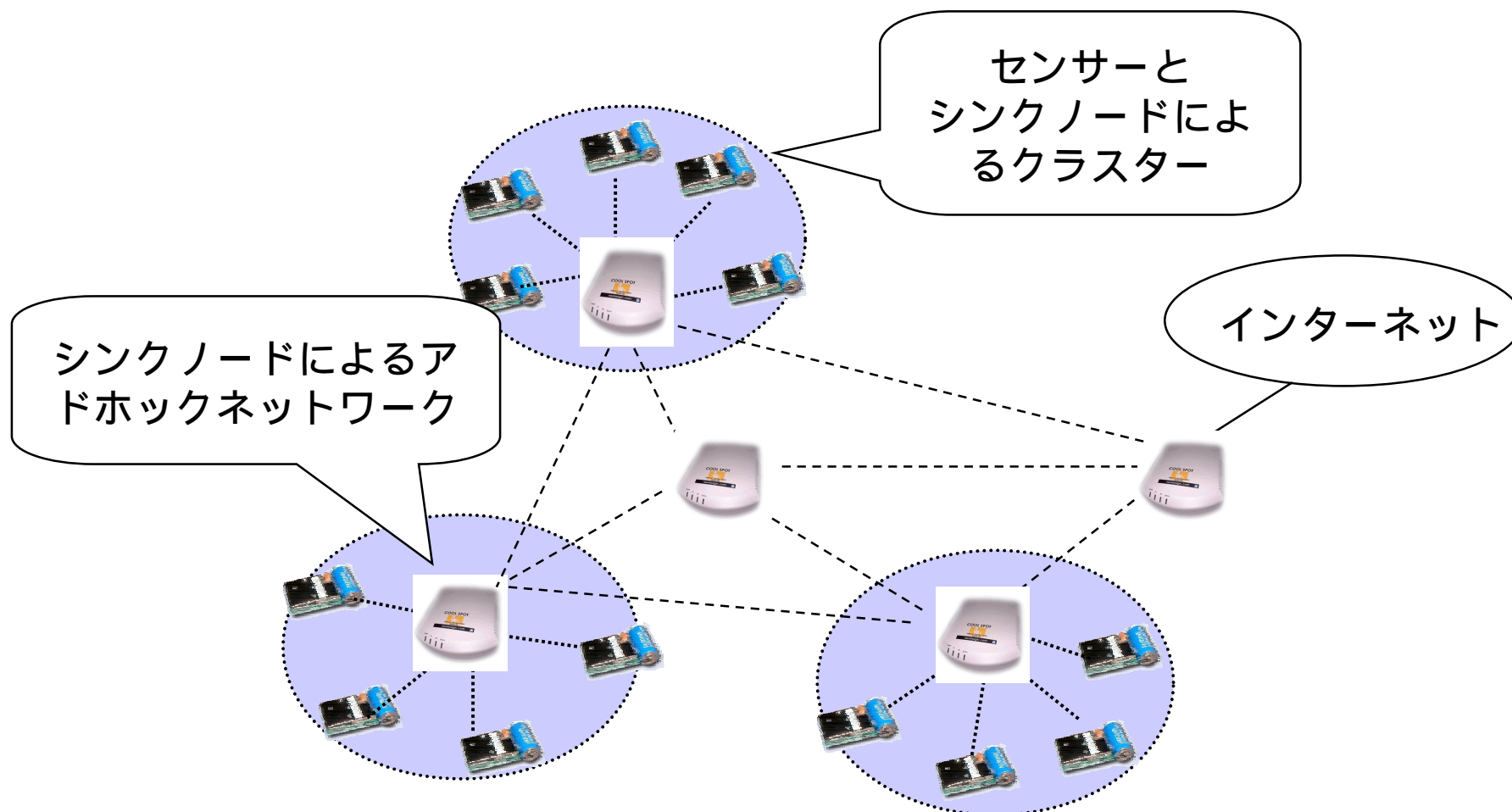
### 収束条件

- 送られてくる経路表による更新が発生しない
- 保持する経路表が対称である



各端末がネットワークトポロジを正確に把握

## センサーネットワークの現実的な構成



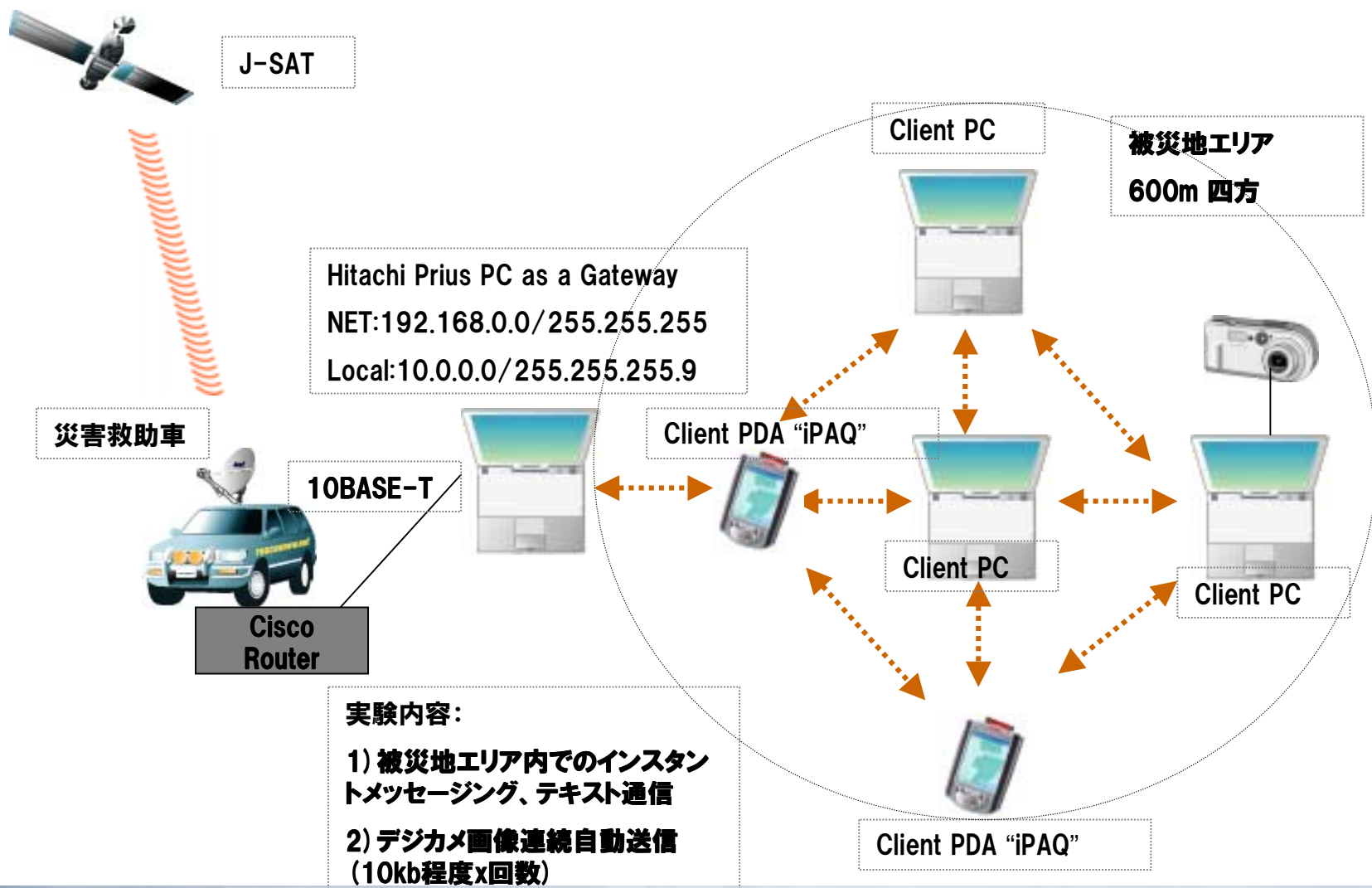
アドホックネットワークとは何か

経路制御、名前解決

センサーネットワーク

運用における現実的課題

# スカイリー：非常時通信網



## 応用例: コインコレクター



### 既存ゲーム機に後付

●既存のコインコレクターに後付で無線モジュールを取り付け。コインコレクターの配線にジャックコネクタを噛ませてデータ収集->無線モジュールが集金データを送信

### マルチホップ通信

●集金データは直接集計サーバ(パソコン)に飛ぶ。通信距離が遠すぎるゲーム機の場合、データはリレーされてとどく=各ゲーム機が無線中継器として働く

### ケーブル工事不要

●配線がないので自由自在なレイアウト

### 売上をリアルタイムで確認

●集金データは無線で飛んでくるので、どこに持ち運んでもよい。マルチホップなので、通信半径は格段に広い



## 機械の状態監視

- 工作機械の稼動状態監視  
30～40台程度の機械がレイアウトフリーでネットワークを組む  
動作、休止、異状の3状態を取得したい  
AC電源は利用できる  
機械の状態変化を3～5秒程度以内に検知したい
- パチンコ機の故障監視
- データセンター内のサーバマシンの温度監視

## ネットワーク管理の必要性

### アクセスコントロール

- ・ネットワークを形成する端末を特定のもののだけに限定したい

### パケットフィルタリング

- ・特定のパケットだけ中継し、それ以外のものは扱いたくない

### トポロジー管理

- ・無線の状態や端末の接続関係をモニタリングし、場合によっては迂回ルートなどを手動設定したい

## ネットワーク管理の難しさ

### アクセスコントロール

- ・すべての端末がエントリーポイントでありうるため、単純に認証を一元化できない
  - 自律的な認証、認証の連鎖

### パケットフィルタリング

- ・アプリケーションとしては必要ないが、ネットワークとしては転送する必要がある(ルータがクライアントを兼ねていることの難しさ)
  - 隣接ベースか、ソースベースか

### トポロジー管理

- ・Proactive、Reactiveにかかわらず、トポロジー管理ができない経路制御機構は現実には使い物にならない
  - ホスト優先度、リンク品質を扱う必要性

御静聴ありがとうございました。

株式会社スカイリー・ネットワークス

<http://www.skyley.com/>

[info@skyley.com](mailto:info@skyley.com)