

アドホックネットワークプラットフォームに関するコンソーシアム

被災地とロボットと ネットワーク

2008年5月29日 機械振興会館

株式会社インターネットイニシアティブ

島 慶一 <keiichi@iijlab.net>

背景

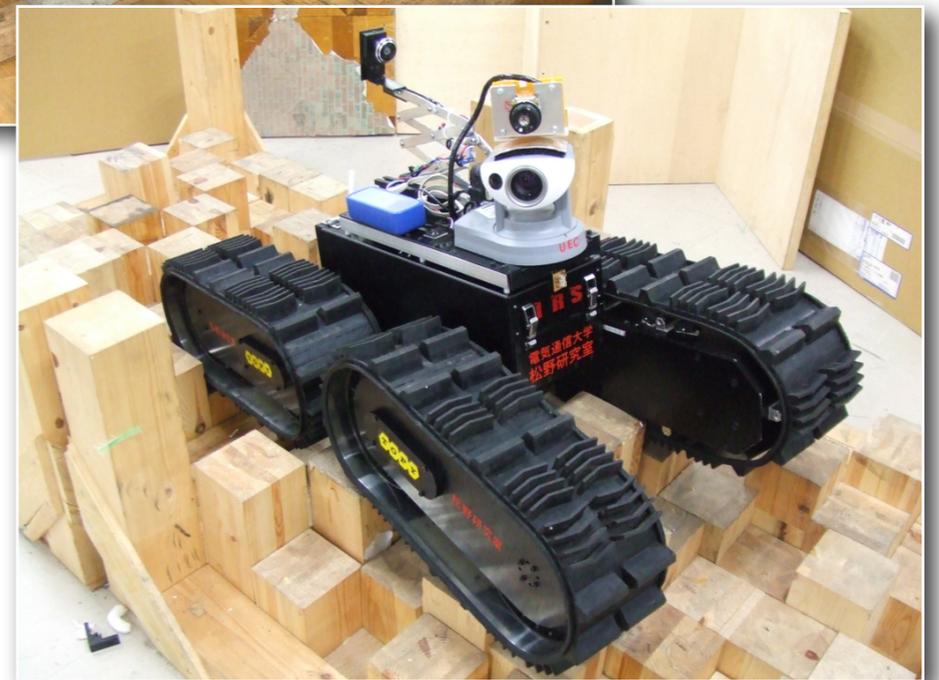
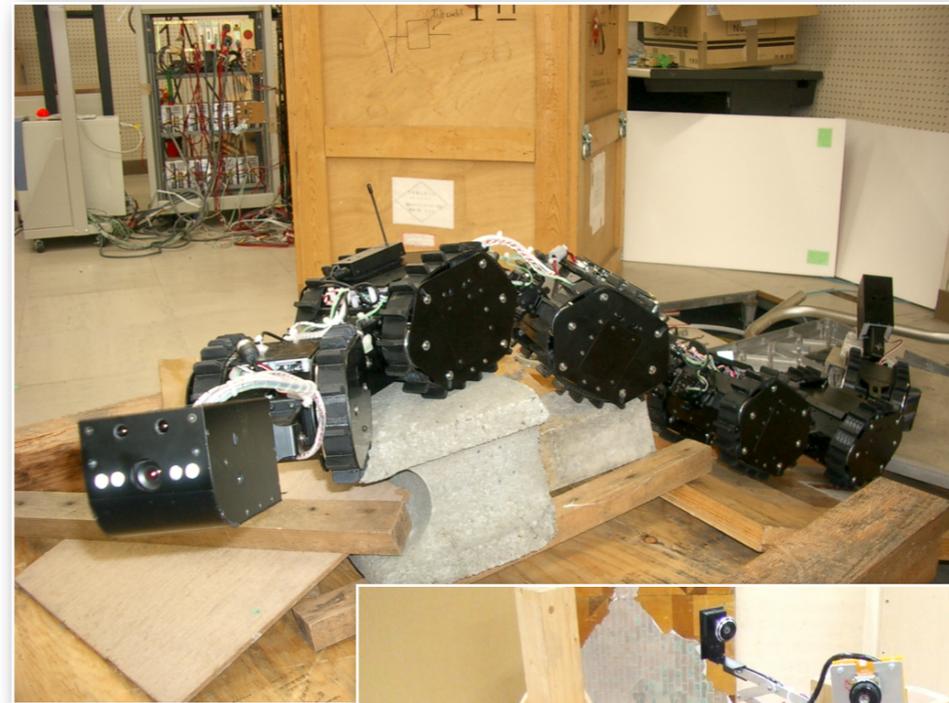
- 迅速な被災救援体制構築への期待
- ロボット技術の進歩による走破性の高い情報収集ロボットの登場
- 救助者の安全確保

本日の構成

- 被災地救援ロボット用ネットワークに期待するもの
- これまでの活動内容の抜粋報告

レスキューロボット

- 不整地走行可能移動装置
- センサー、カメラなどによる情報収集
- 遠隔操作による制御



(写真: 電気通信大学 松野研究室)

通信範囲の制限

- 多くのレスキューロボットは、有線接続か、短距離の無線接続を用いて制御
 - 安全性
 - ケーブルの重さの問題
 - 遮蔽物による電波障害の問題

被災地環境の想定

- 屋内環境
- 広大な探索領域
- 不十分な環境情報
- 不安定な通信要素
- 不安定な通信経路

被災地救助ロボット用ネット ネットワーク: Robohoc

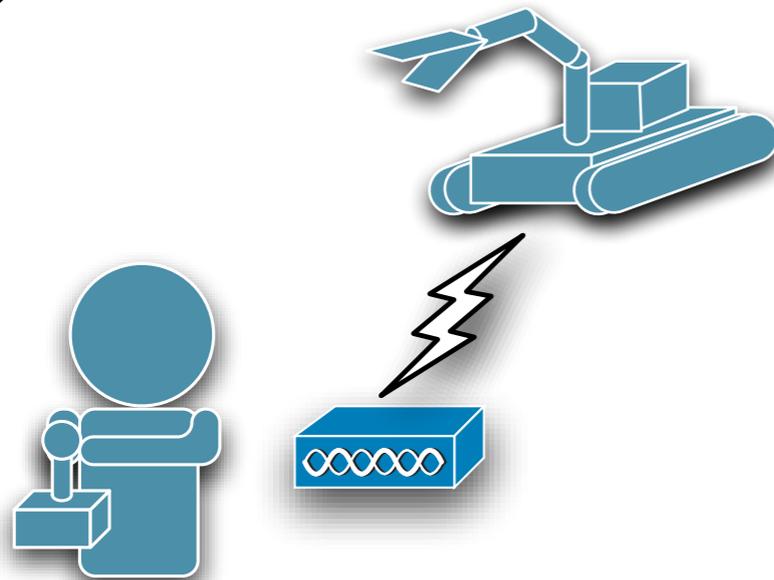
- 複数の無線ルータを用いたバックボーン
- 被災地ロボットを手近な無線ルータに接続することで通信路を確保
- ロボット自身が運ぶ無線ルータによりネットワークを拡張

必要要件

- 自動的なネットワーク構築
- ネットワーク障害からの復帰
- データ種別に応じた通信
- 規模性
- 耐障害性

運用イメージ

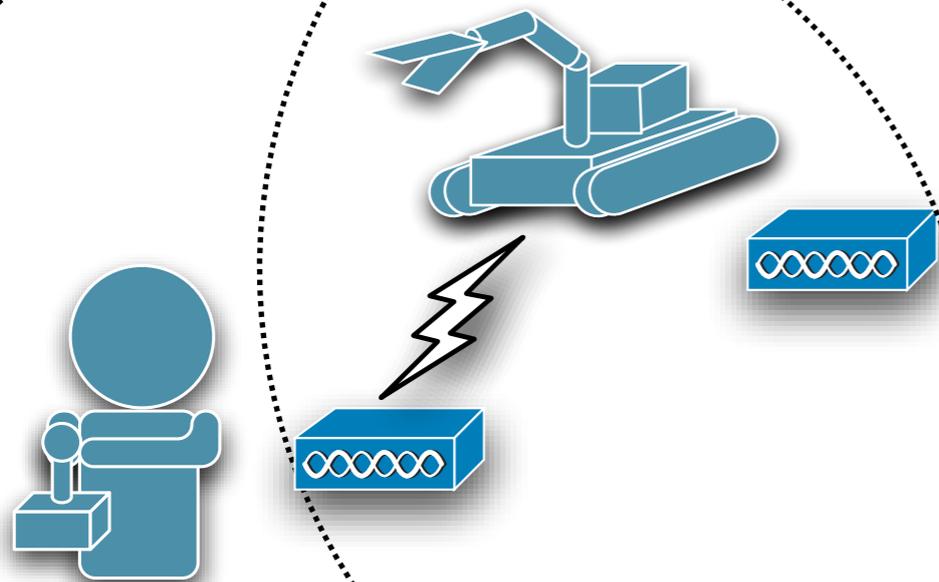
Target



Point Zero

運用イメージ

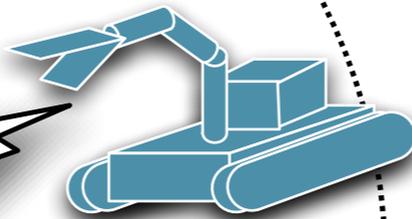
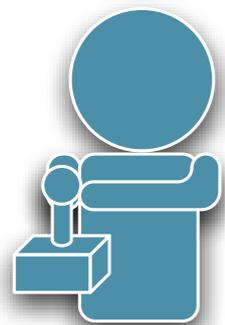
Target



Point Zero

運用イメージ

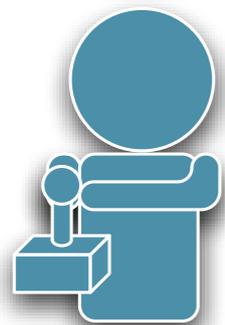
Target



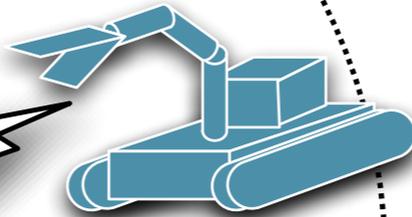
Point Zero

運用イメージ

Target

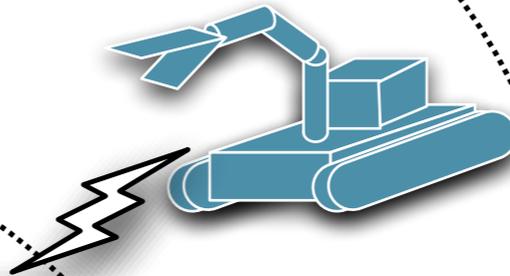
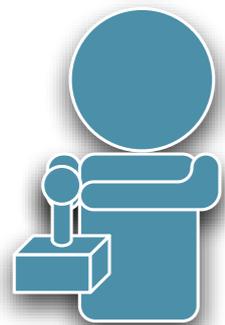


Point Zero



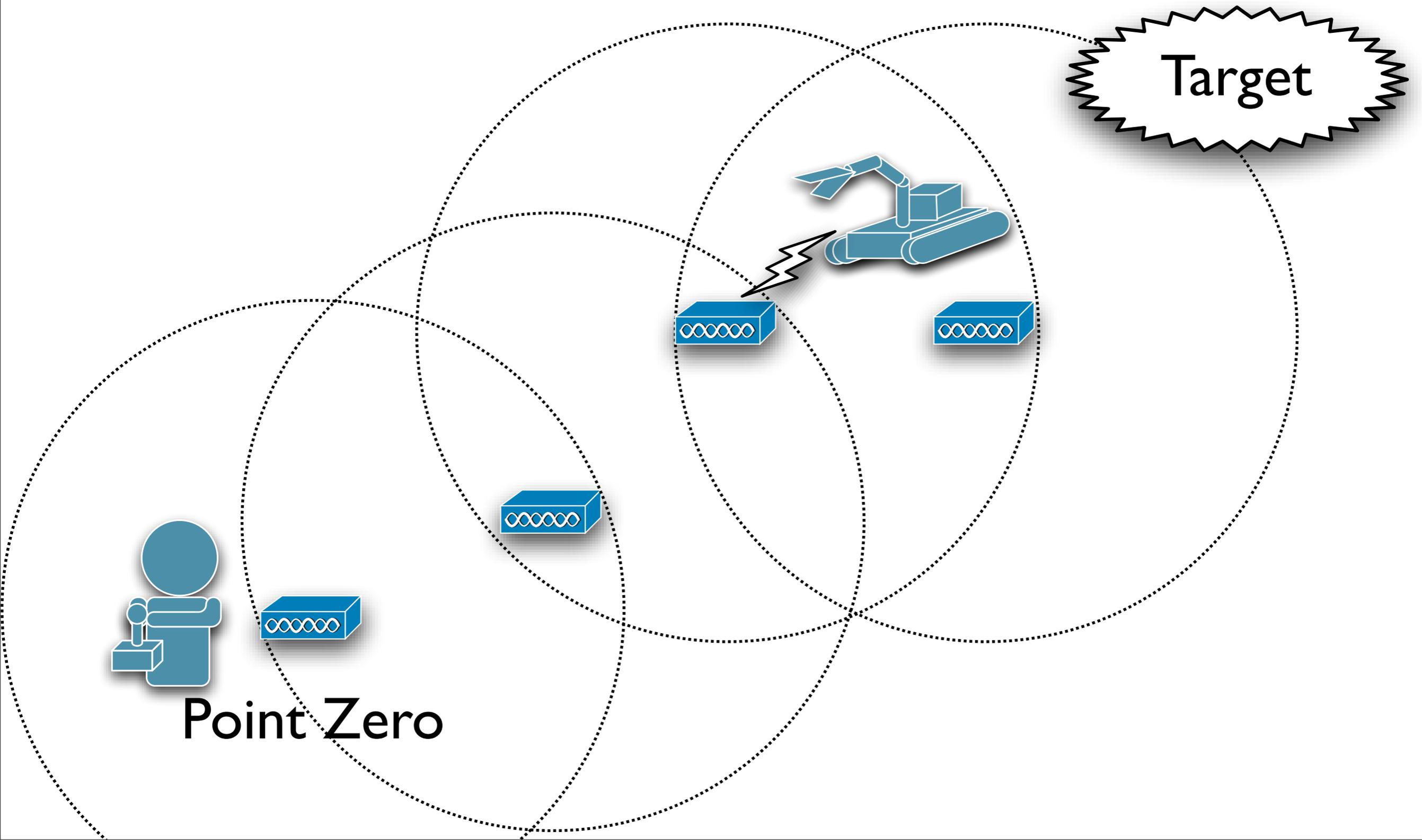
運用イメージ

Target

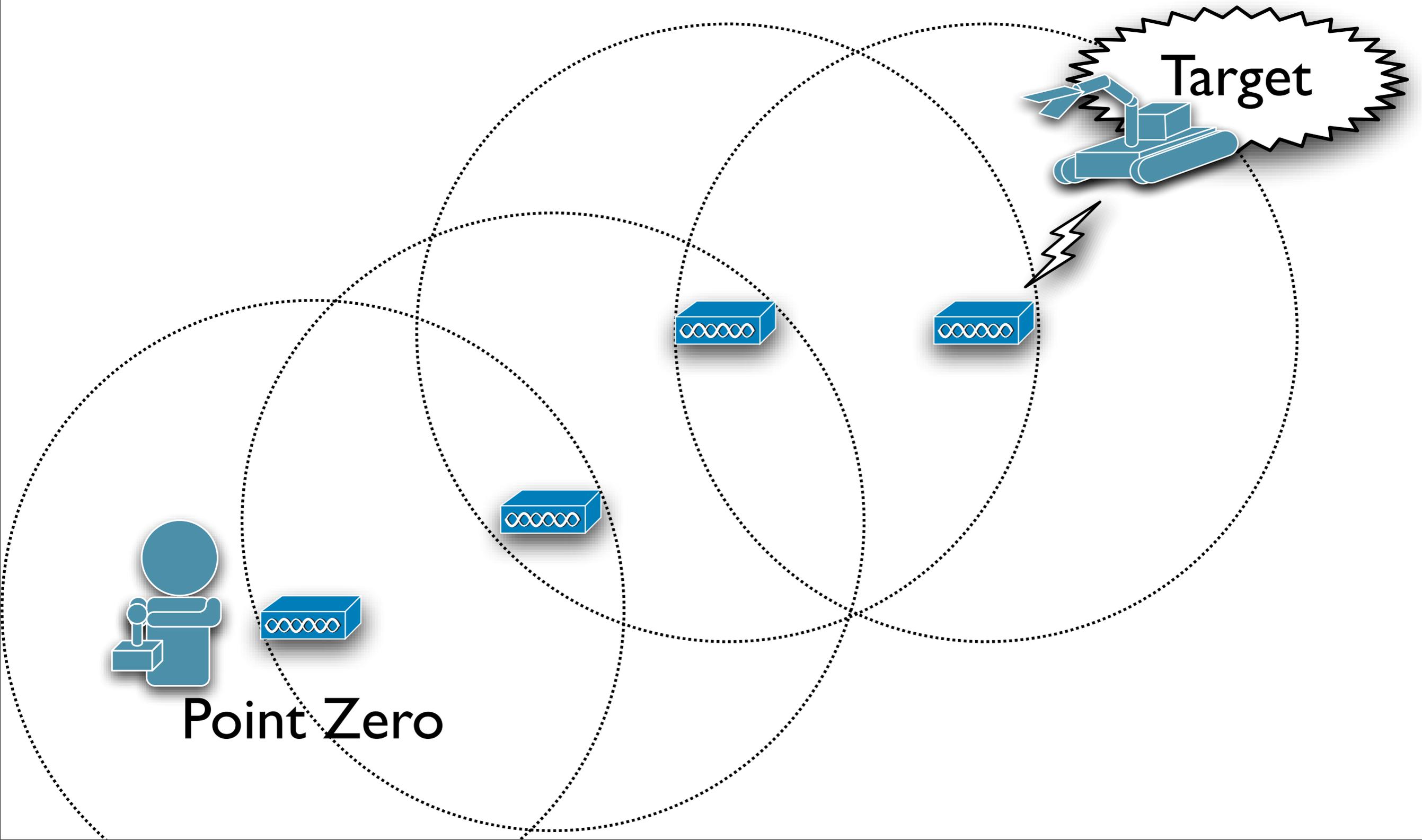


Point Zero

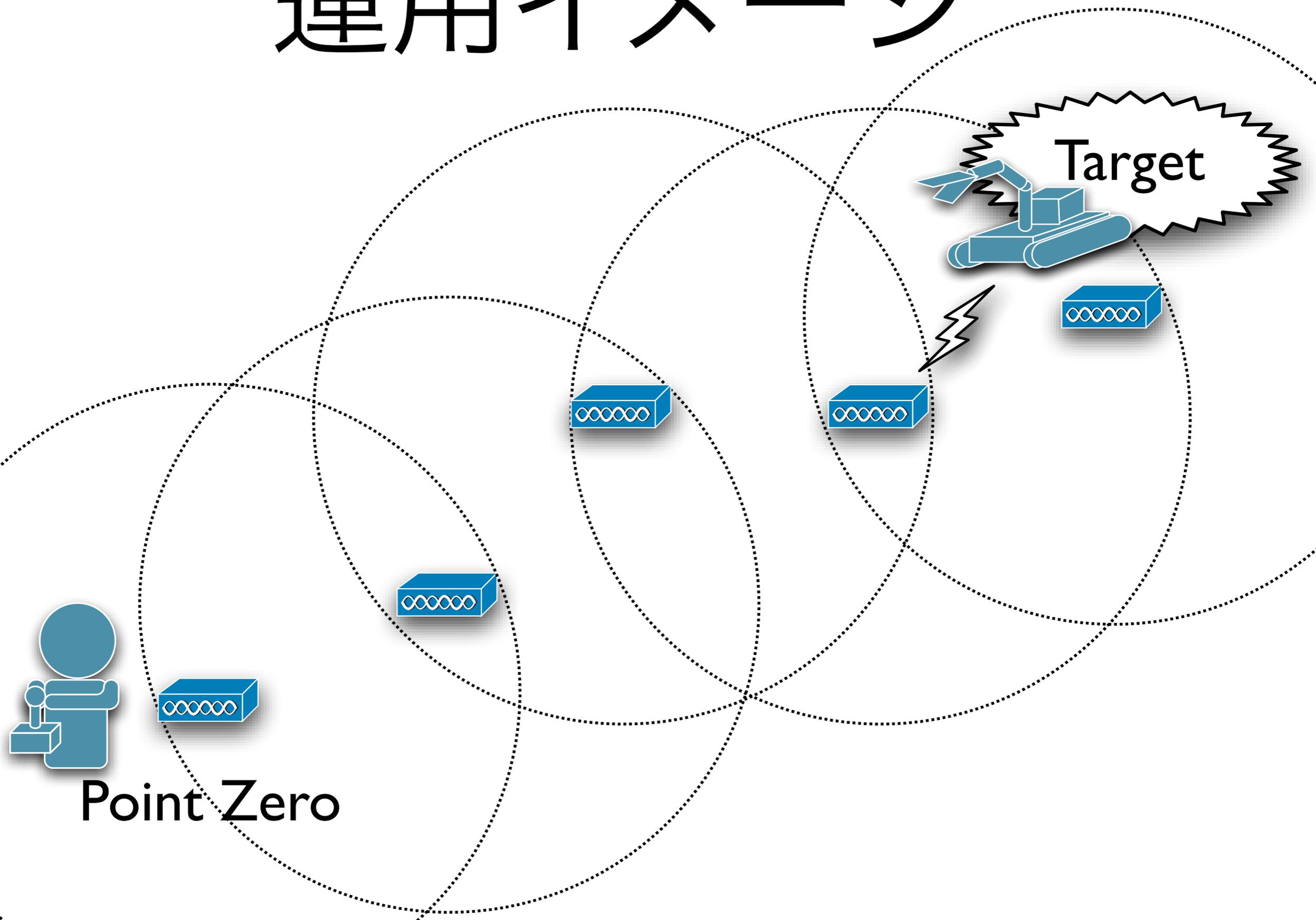
運用イメージ



運用イメージ

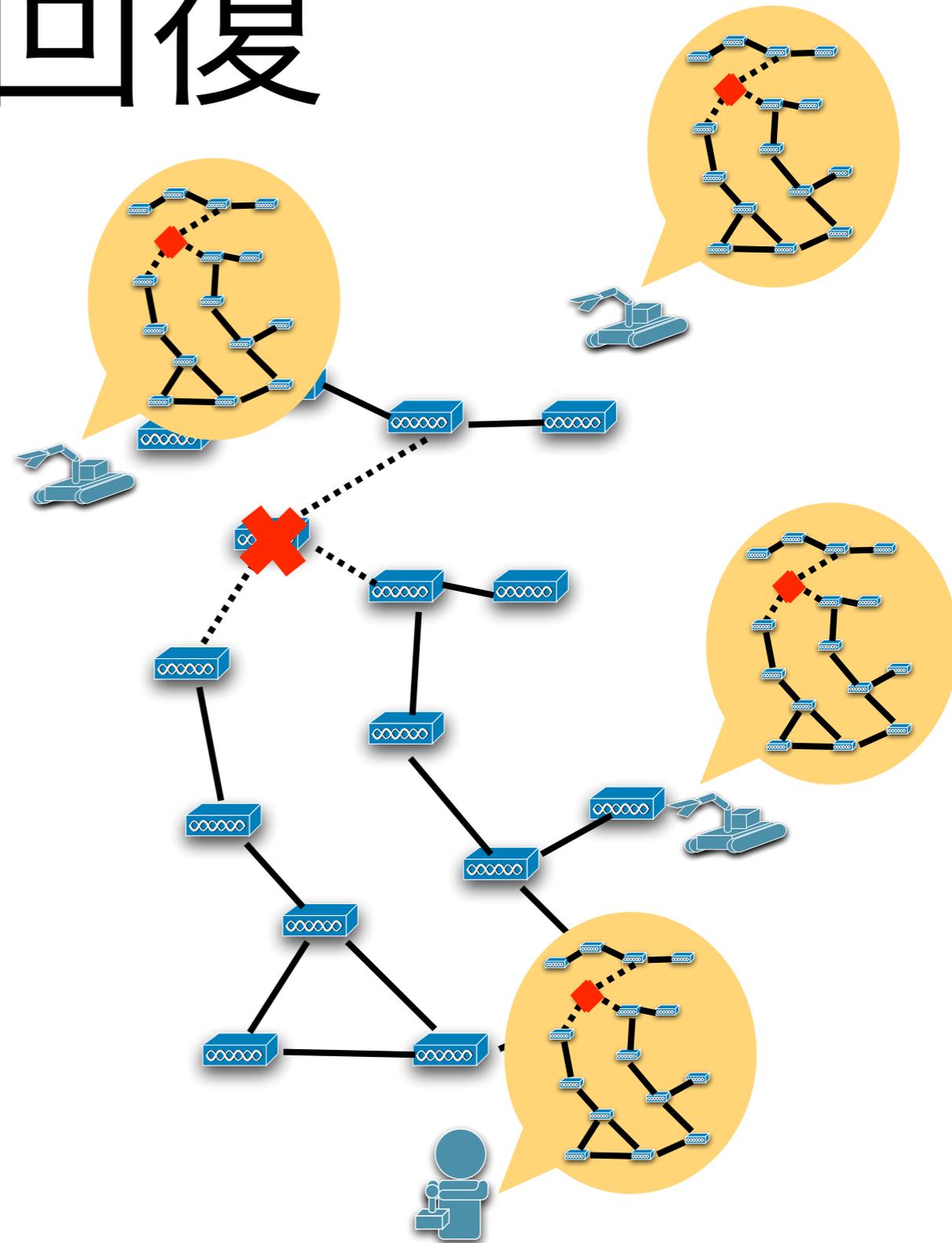


運用イメージ



障害と回復

- ノード単体では、障害回復は不可能
- オペレータによる障害点の回復
- 自律機構による障害点の回復



データに応じた通信

- Robohocネットワークの前提
 - 無線によるAd-hoc Meshネットワーク
 - 帯域のばらつき
 - 遅延のばらつき
 - 接続性のばらつき

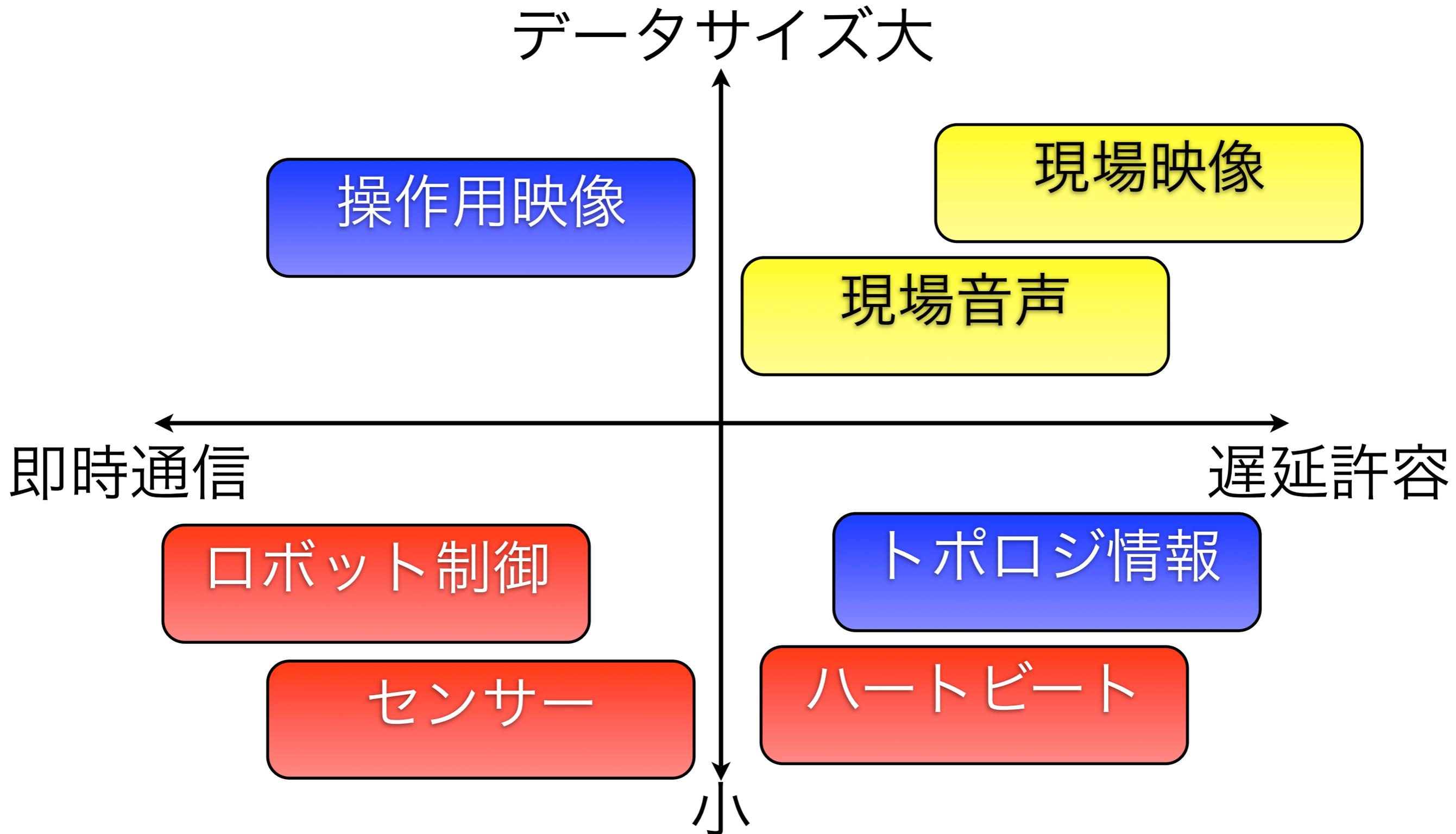
通信データの種類

- ネットワークに流れるデータ
 - ネットワーク管理情報
 - ロボットの遠隔操作
 - センサーデータ、映像データ

データの特徴性の分類

- データサイズ
- データ配送許容時間
- データの意味的な重み

データの特性の分類



通信の取捨選択

- すべての通信が実現できるのが理想だが..
- 環境に応じた取捨選択が必要
 - ロボット操作体系の洗練
 - ネットワークサポート

実用的なネットワークを 構築するには

- ネットワークの技術だけでは難しい
- ロボット技術の成果の導入
- UI技術の成果の導入

具体的な活動抜粋

システム構成品

- 被災地への機材投入が前提
- 劣悪な環境でも動作する高性能機材？
- いくらでも代替の効く安価な機材？

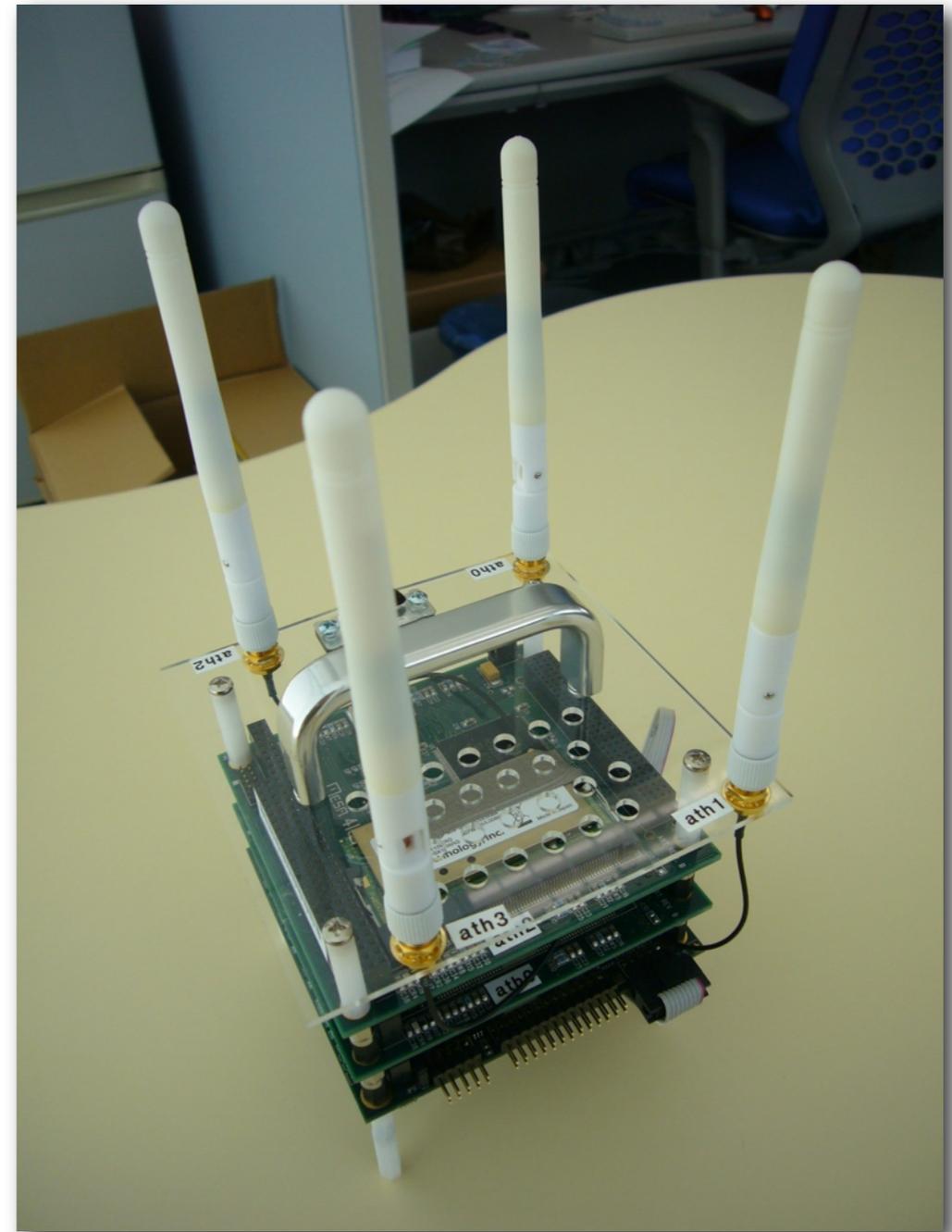
テスト機材I

- 初期実験ノード
- 通常のPC (SUMICOM S625H)
- 4枚の無線LANアダプタ (Atheros)
- USB起動、HDDなし



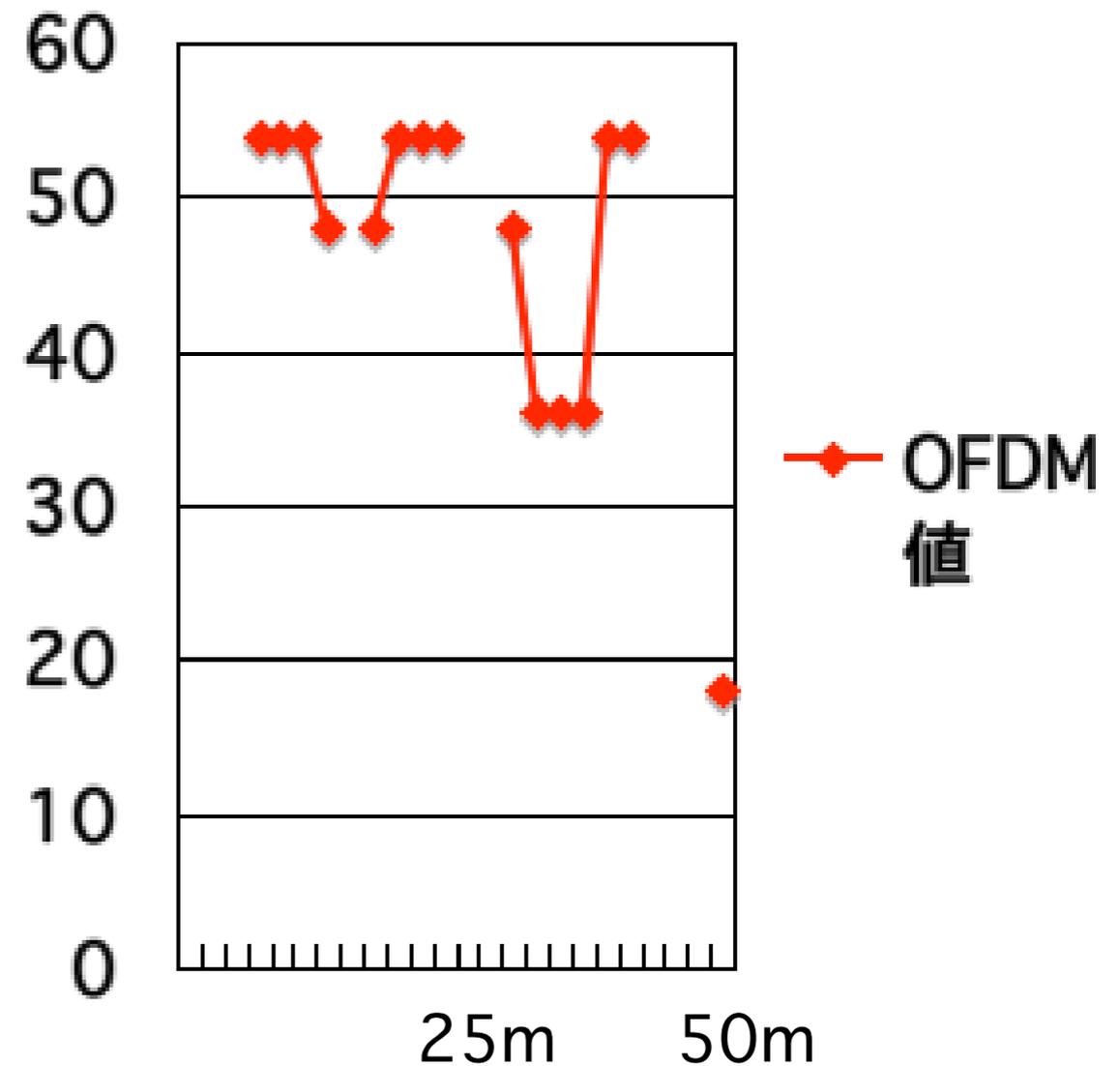
テスト機材2

- 2代目実験ノード
- PCI04規格のボード
- 4枚の無線LANアダプタ (Atheros)
- USB起動、HDDなし



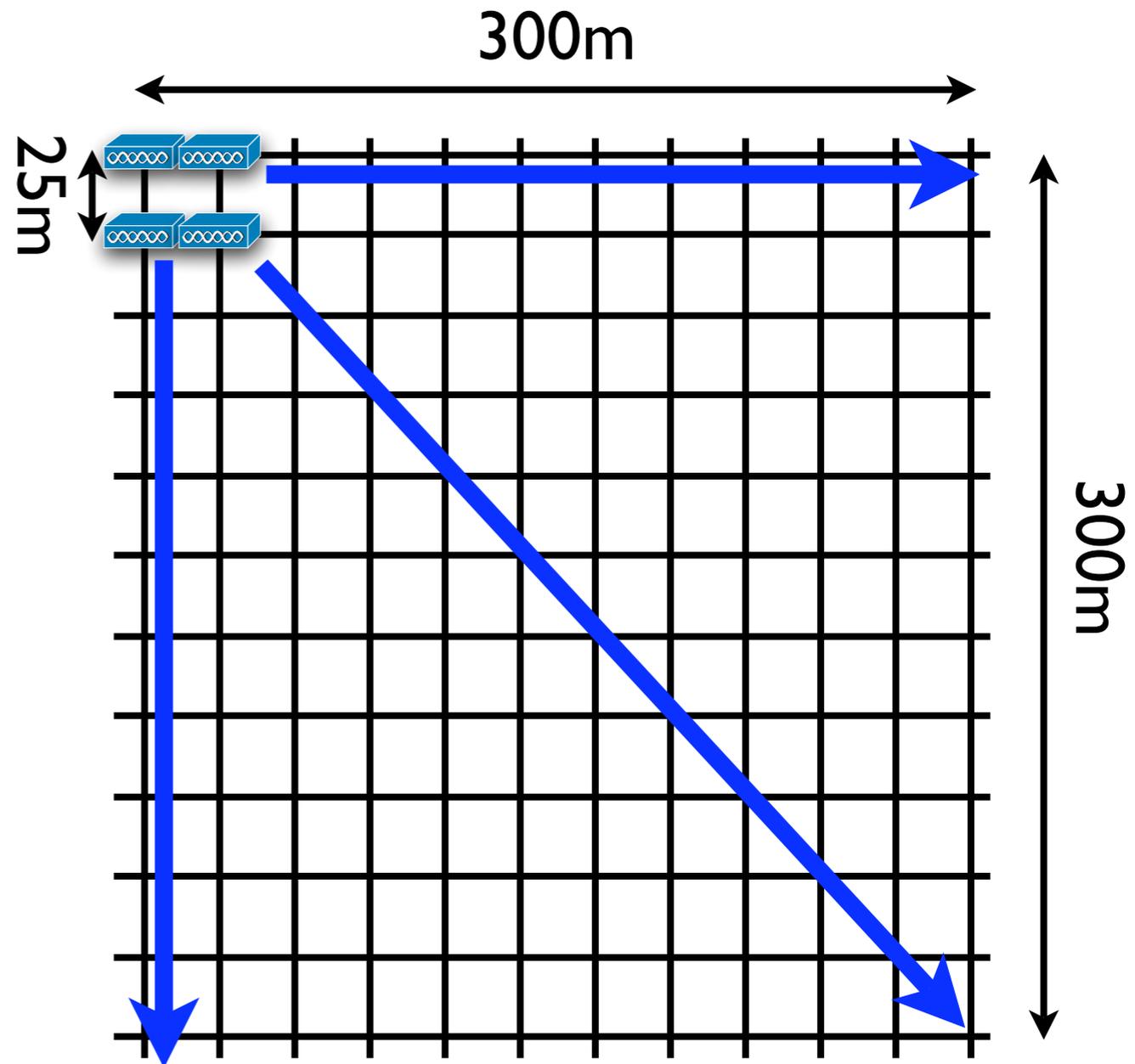
通信距離

- 変調方式を自動選択
- 40m程度離れた状態でも54Mbpsでリンクアップ
- 変調方式が安定するまでに数秒必要
- 30m地点でのUDP実行帯域は27Mbps



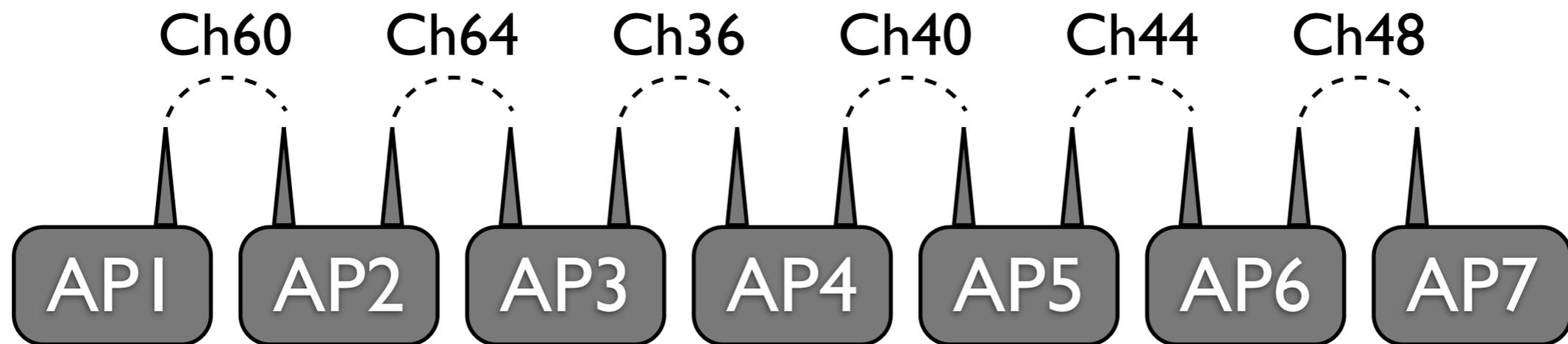
何台必要？

- 例えば、八重洲地下街
(およそ300x300m)
- 25m間隔で格子状に配置
すると144個
- 最大hop数は24
- 考察
 - 実際は不均等
 - 他の手段(GISなど)のサ
ポート



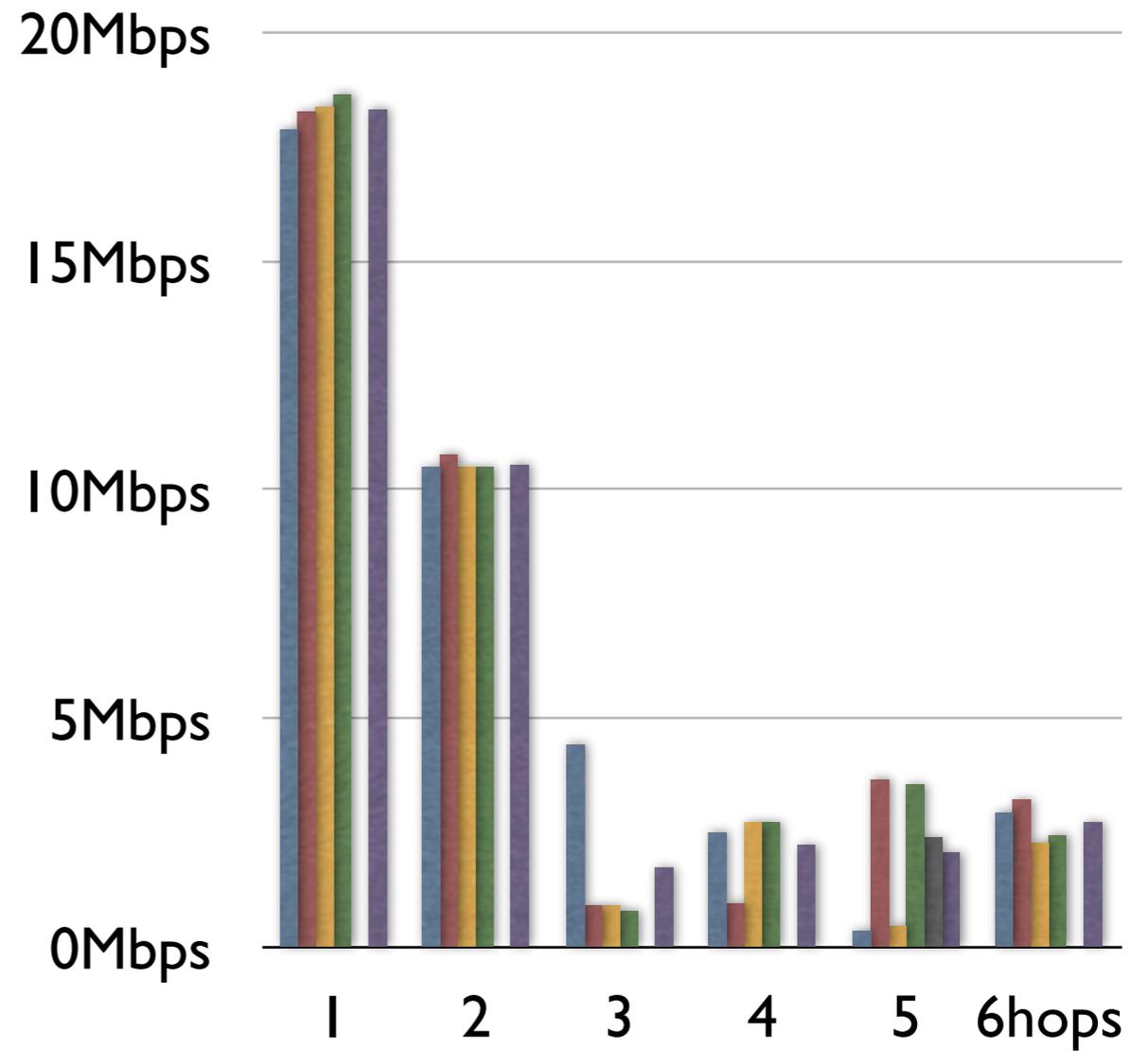
マルチホップ

- 安価な機材でマルチホップ
- 性能は？



予想を超える結果

- netperfによるUDP測定
- ホップ数を増やしなが
ら各6回ずつ測定
- 6ホップでは1ホップ時
の1/4程度



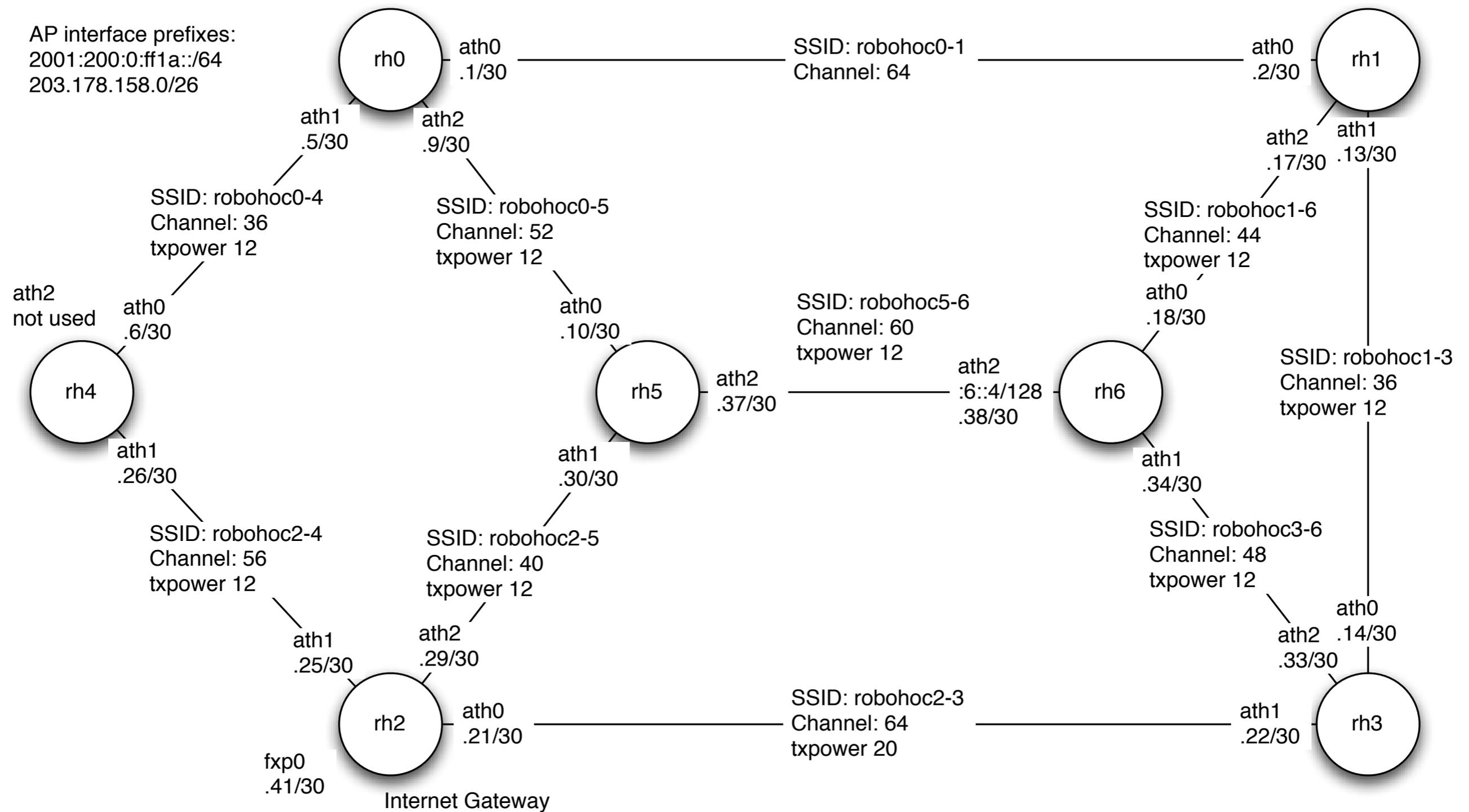
干渉の抑制

- 同一バンド、異なるチャンネルの干渉抑制
- 干渉が原因であることを特定するため指向性アンテナを試してみる



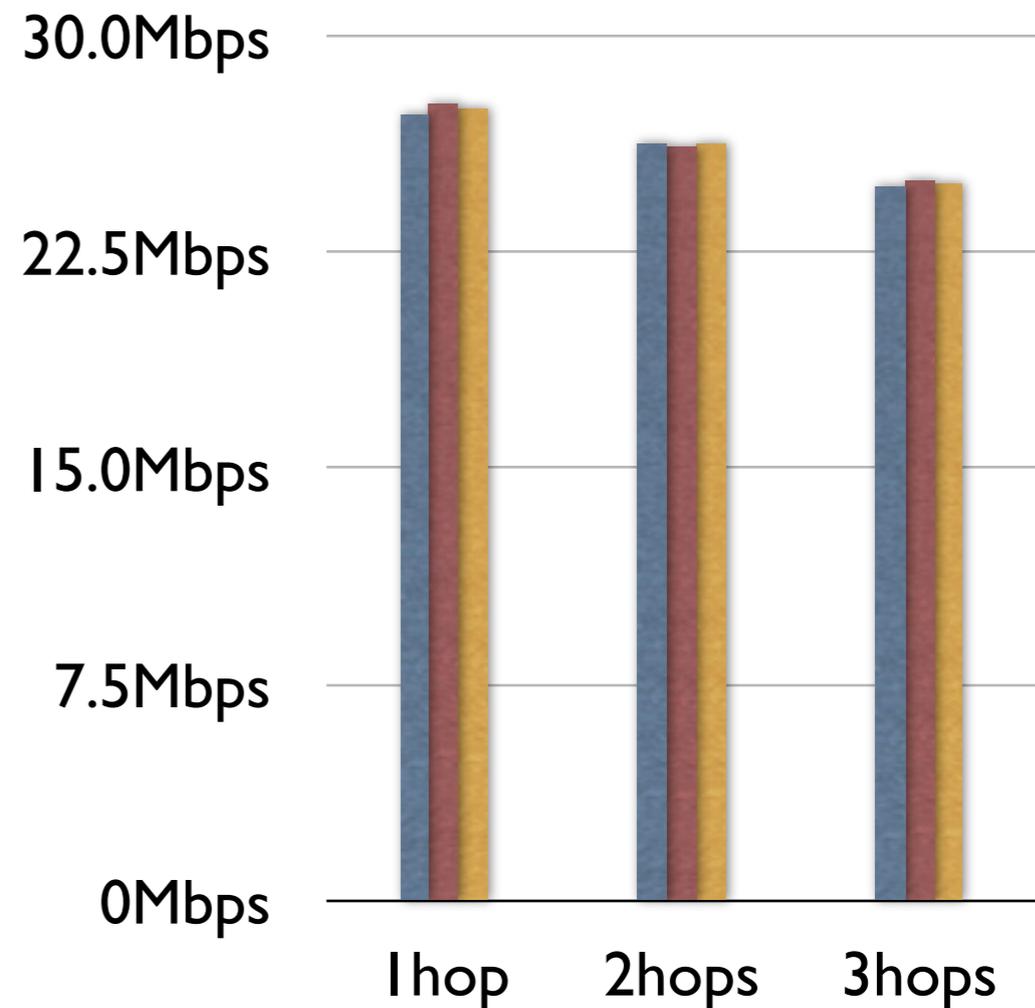
実験トポロジ

AP interface prefixes:
2001:200:0:ff1a::/64
203.178.158.0/26



明らかかな改善

- 民生用無線LANカードに高性能なBPFは期待できない
- チャンネルによらない多重化の方式が必要
- ex. “Routing in Multi-Radio, Multi-Hop Wireless Mesh Networks” from MSR



バックボーン形成

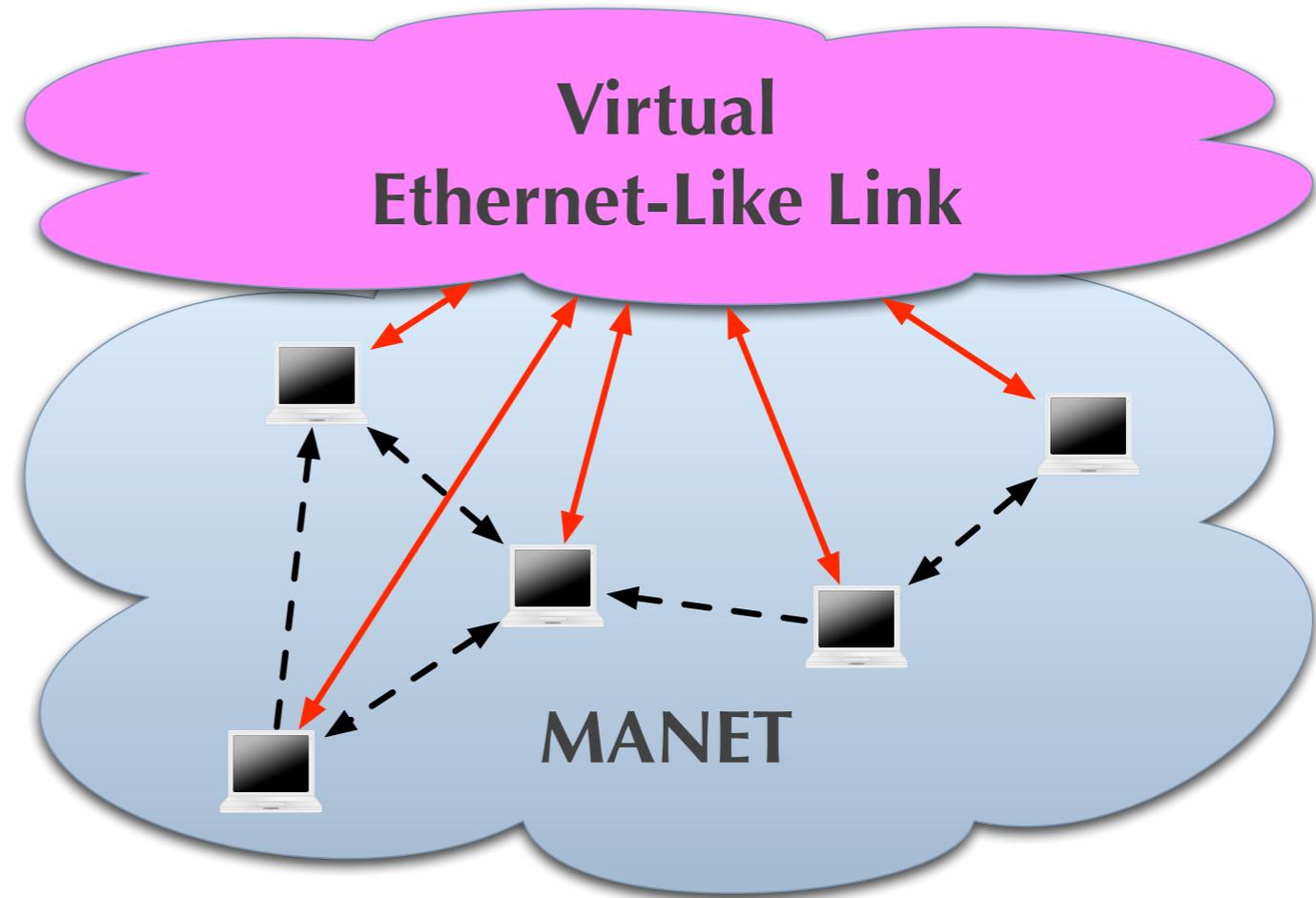
- ノードの設定を最小限に抑える
- 障害などによる状態変化に対応できる
- トラフィック制御ができる
- シンプルに実装できる

ManetとOverlay

- Manetプロトコルと現状のOS設計の相性問題
- L2の実装に依存したL3プロトコル
- ManetでL2を仮定している部分をL3を使って実現

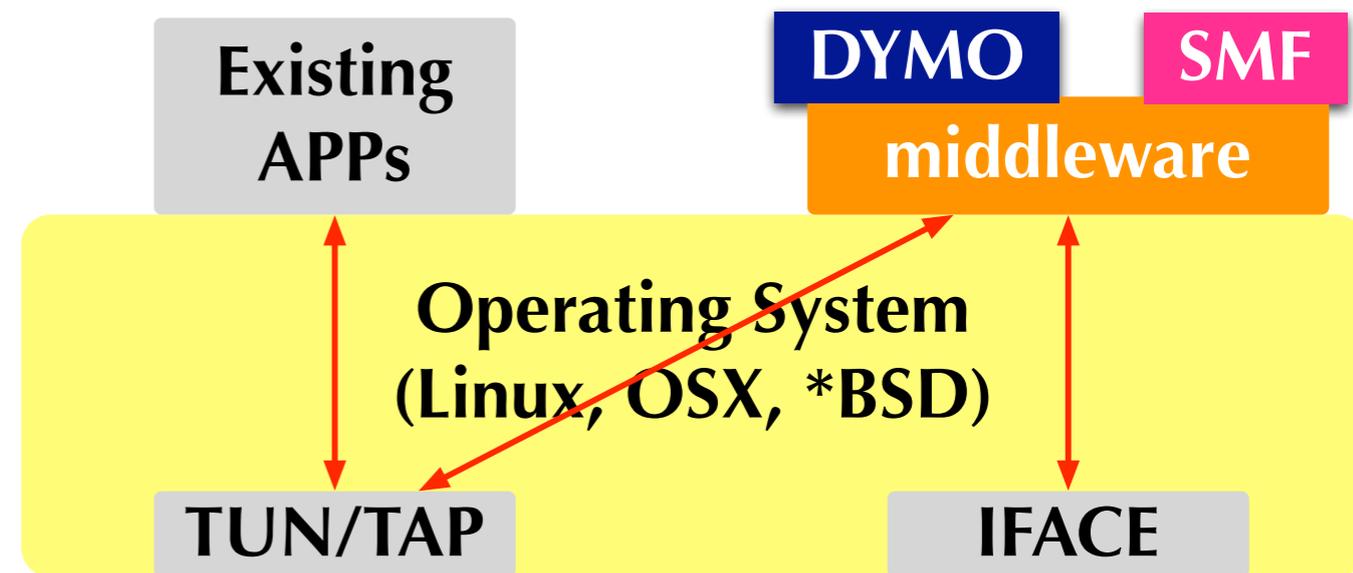
Overlay Manet

- IPv6のリンクローカル通信をデータリンク層として利用
- その上に、オーバレイネットワークを実現

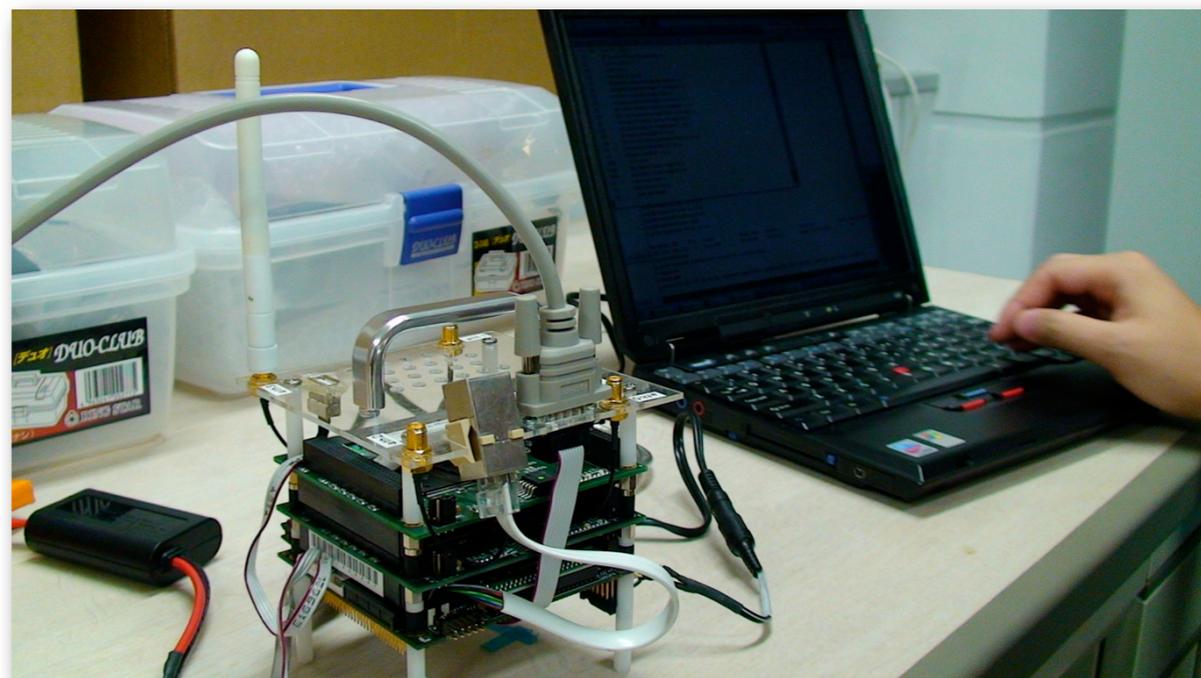
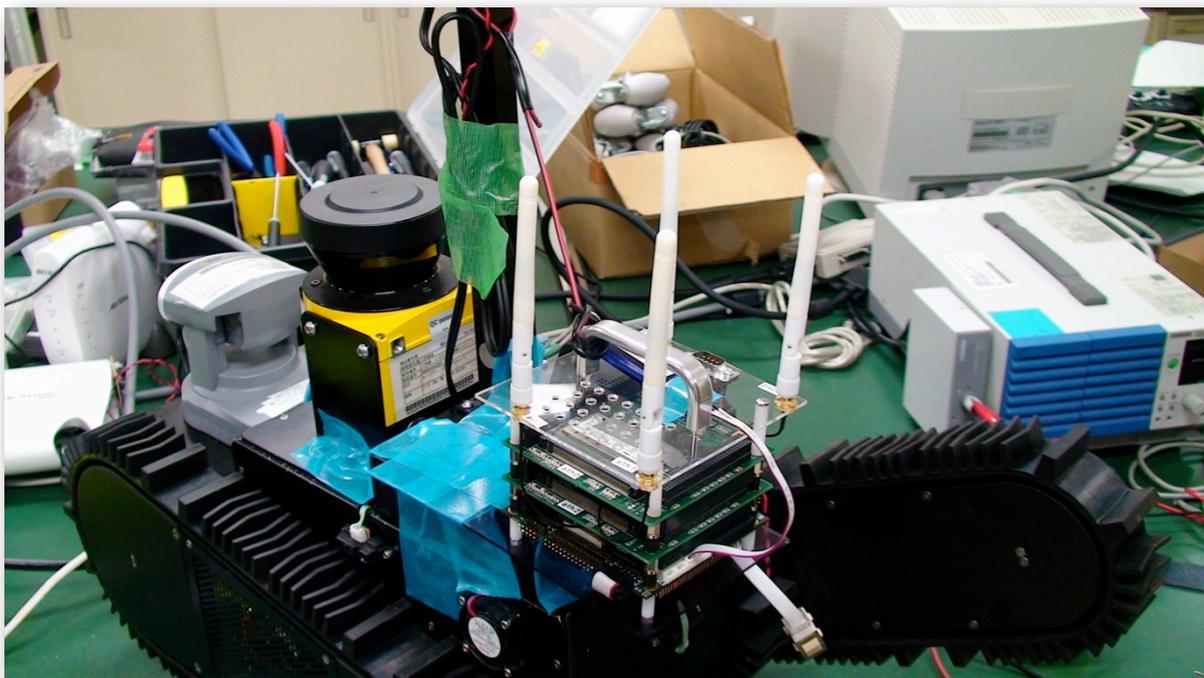
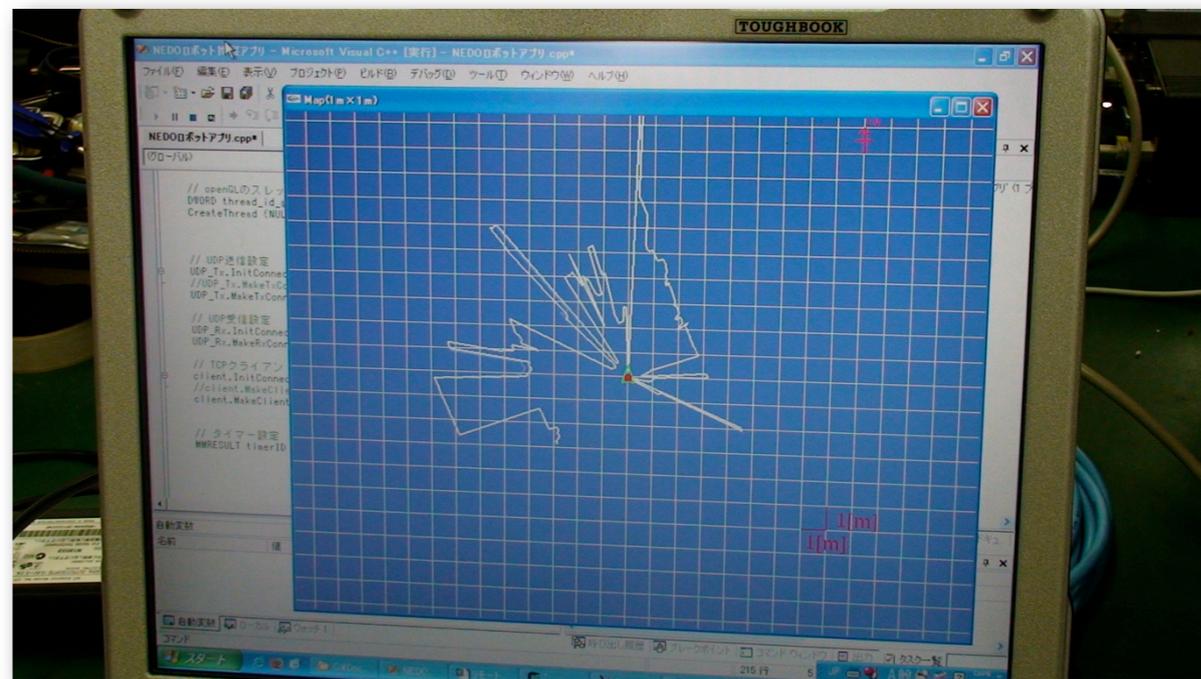


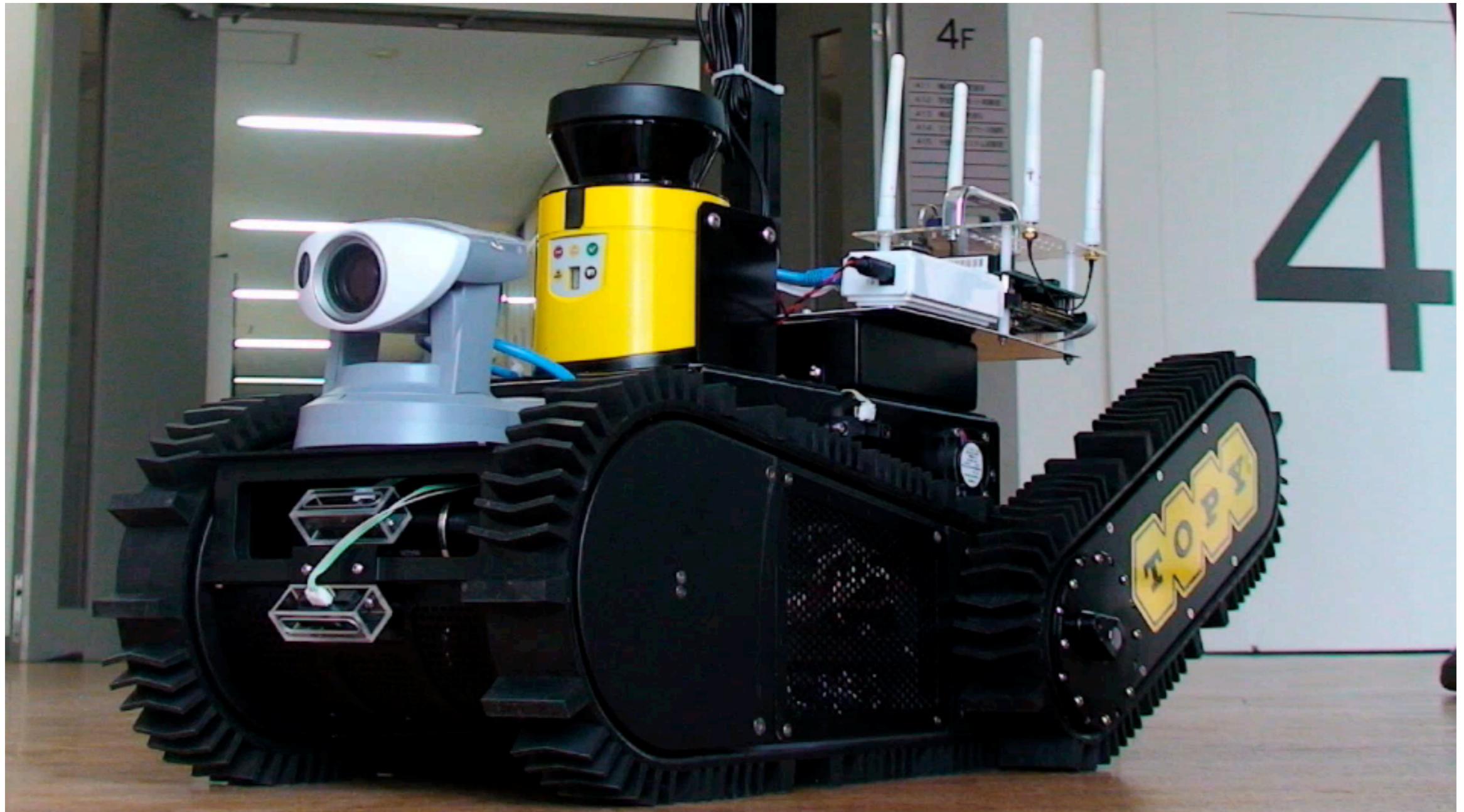
Overlay Manet

- tun/tapインターフェースを用いた仮想イーサネットを提供
- Manetプロトコルは、tun/tapを通信インターフェースとし、実インターフェースをL2インターフェースとして実現



ロボットとの融合





まとめ

- 被災地救援ロボットネットワークに望まれること
 - 半自動拡張、半自動修復
 - 多様な優先度を許容するデータ配送
 - 安価な構成要素
 - 耐障害性
 - ロボットやUI技術との融合が必要
- 個別活動の抜粋紹介
 - マルチホップ通信の問題と改善案
 - オーバレイManet
 - ロボットとネットワークの融合