

MobiCom / MobiHoc2007

参加報告

安本慶一，石原 進*，渡辺 尚*

奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科

*静岡大学創造科学技術大学院

MobiCom / MobiHocとは？

- ▶ **MobiCom** (Int'l. Conf. on Mobile Computing)
 - ACM主催のモバイルコンピューティング分野で最も著名な国際会議
 - 日本からの採択: 1995年, 2000年, 2002年
- ▶ **MobiHoc** (Int'l. Symp. on Mobile Ad Hoc Networking and Computing)
 - モバイルアドホックネットワークで最も著名な国際シンポジウム
 - 日本からの採択: なし
- ▶ **特徴**
 - 他の論文からの引用件数が多い(注目度が高い)
 - 採択率が低い(10%程度)
 - ファンドが当たりやすい?
 - 米国ではこれらの会議に論文が採択されると, NSFからの1億円規模のファンドが漏れなく当たる?(うわさ)

MobiCom / MobiHoc2007

- ▶ 2007 年は2つの会議が同時開催！
 - 9月9日～14日@カナダ・モントリオール
- ▶ 6つのワークショップが併設
 - SANET, WinTech, **VANET(車車間通信に関するワークショップ)**, WUWNET, CHANTS, RAWDAD
- ▶ MobiCom / MobiHoc / VANETの概要を報告
 - 採択率, セッション構成などの情報
 - 参加したセッションの簡単な内容

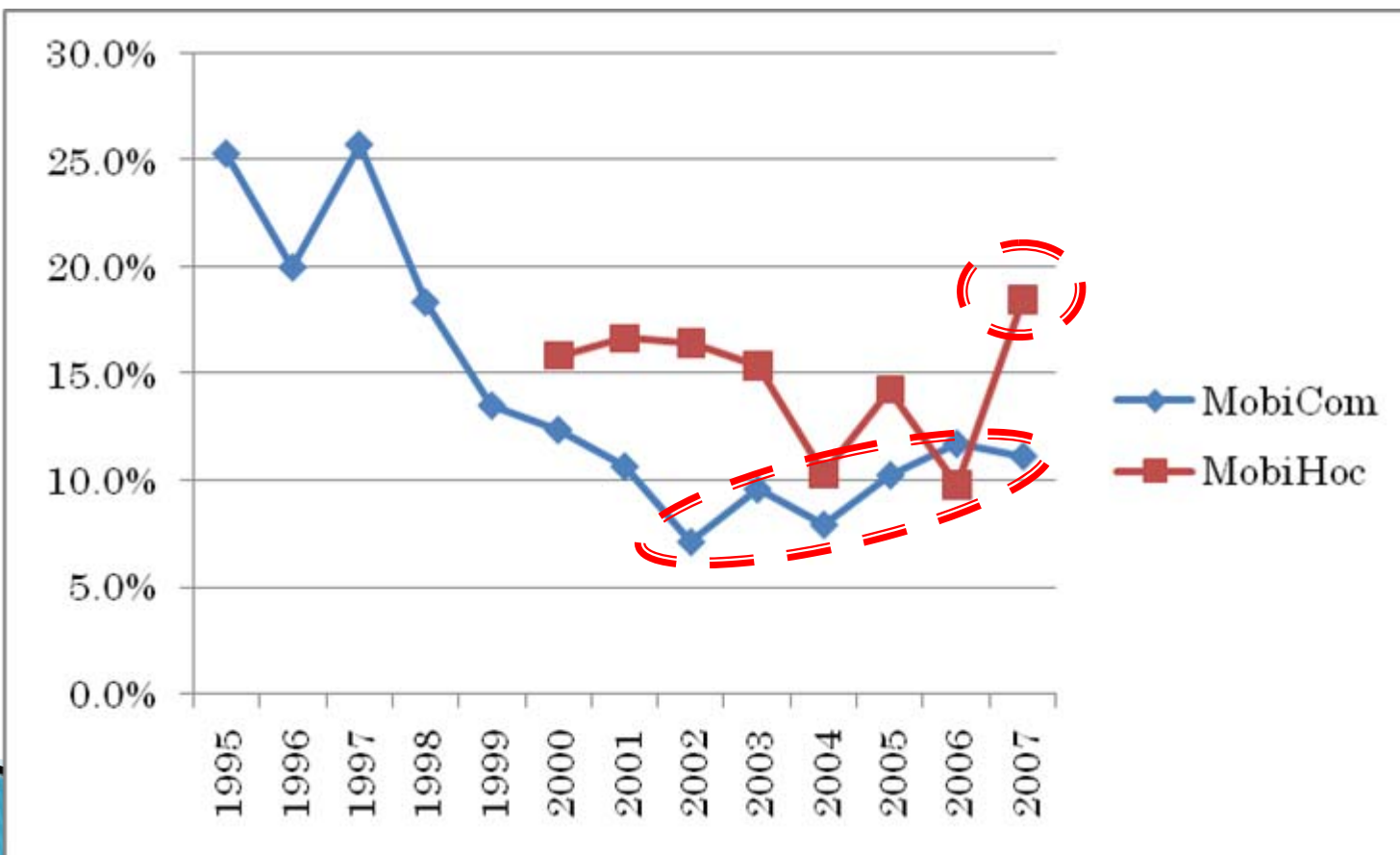
会議の構成

9月9日	チュートリアル	
9月10日	Workshops (SANET, WinTech, VANET)	
9月11日	キーノート1 パネルセッション1	
	MobiCom Technical Sessions 1-2 Posters&Demos	MobiHoc Technical Sessions 1-3
9月12日	MobiCom Technical Sessions 3-6	MobiHoc Technical Sessions 4-7
9月13日	キーノート2 パネルセッション2	
	MobiCom Technical Sessions 7-8	MobiHoc Technical Session 8
9月14日	Workshops (WUWNET, CHANTS, RAWDAD)	

本会議
(参加者
300~400人)

採択率

- ▶ MobiCom2007の採択率: 11.1% (232投稿/26採択)
- ▶ MobiHoc2007の採択率: 18.5% (146投稿/27採択)
- ▶ VANET2007の採択率: 26.9% (26投稿/7採択, 7ポスター)



VANET～全体の概要～

- ▶ 自動車間のアドホックネットワークにおける通信方式，アプリケーションを専門トピックとして，2004年に発足
- ▶ 参加者60名程度で，立ち見が出るほど活況
- ▶ 会議の構成(シングルセッション)
 - キーノート
 - パネルセッション
 - 3つのセッションで7本の論文発表

VANET～キーノート&パネル～

▶ キーノート by Paul Kompfner

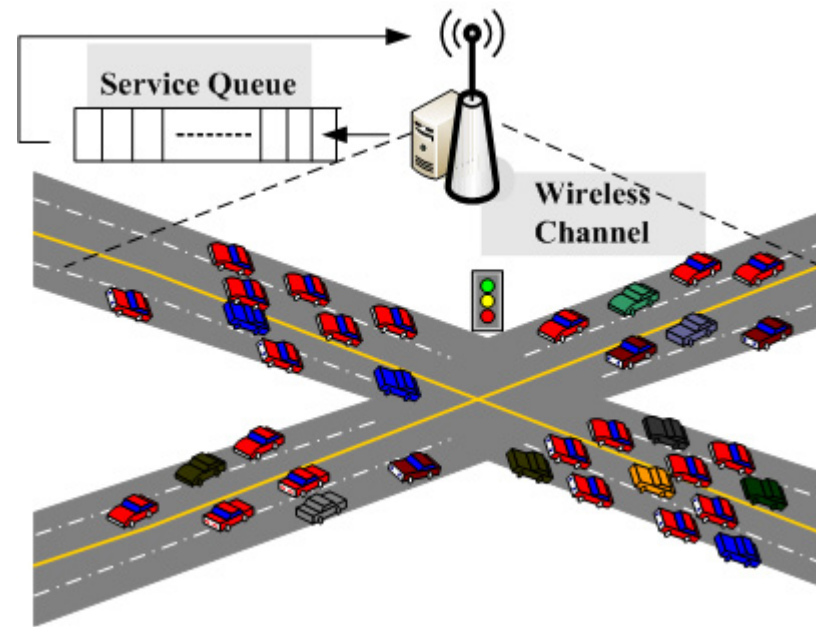
- ヨーロッパCVIS (Cooperative Vehicle- Infrastructure System, <http://cvisproject.org/>)プロジェクトの紹介
- CVISでは車車間通信アプリの共通インフラを構築
 - 2.5G/3Gセルラー通信, DSRC, WiFiなど車車間通信, 路車間通信の下位層プロトコル
 - OSGi (Javaベースのサービスプラットフォーム)ベースのミドルウェア

▶ パネル(End-to-End vs. Broadcast communications in VANET)

- VANETでのユニキャストルーティングプロトコルの必要性を議論
- パネラー4人全員がVANETの通信はブロードキャストベースを支持
- 主な理由
 - ノードの移動速度, トポロジの変化の速さによるセッション維持の難しさ
 - 「VANETでのTCPIはNightmare! by Mario Gerla」
 - モバイルインターネットアクセス(セルラー, WiMAX)という強力なライバル
 - VANETでは、そもそも1対1通信の特定の相手が存在しないことが多い

VANET～セッション1(データアクセス・セキュリティ)～

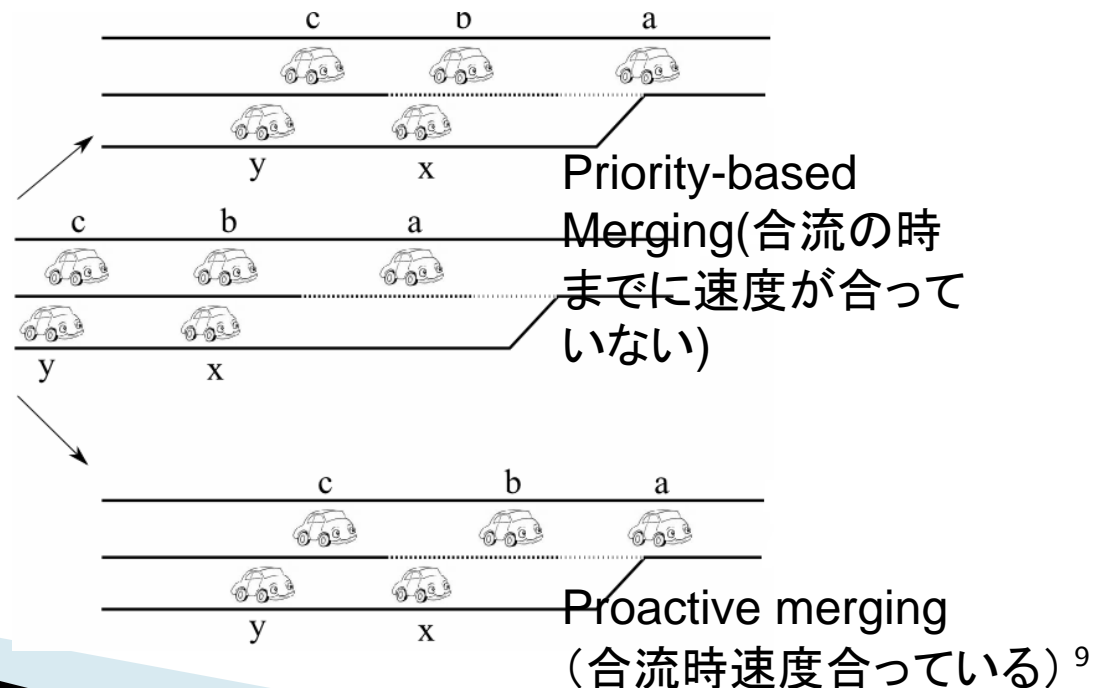
- ▶ 街中で道路毎の空き駐車スペースの数を車車間通信で収集[3]
- ▶ 路車間通信での遅延の少ないパケットスケジューリング手法[4]



- ▶ 自動車の通信の匿名性を確保することを目的とした、認証のオーバーヘッドを削減するためのグループ認証方式[5]

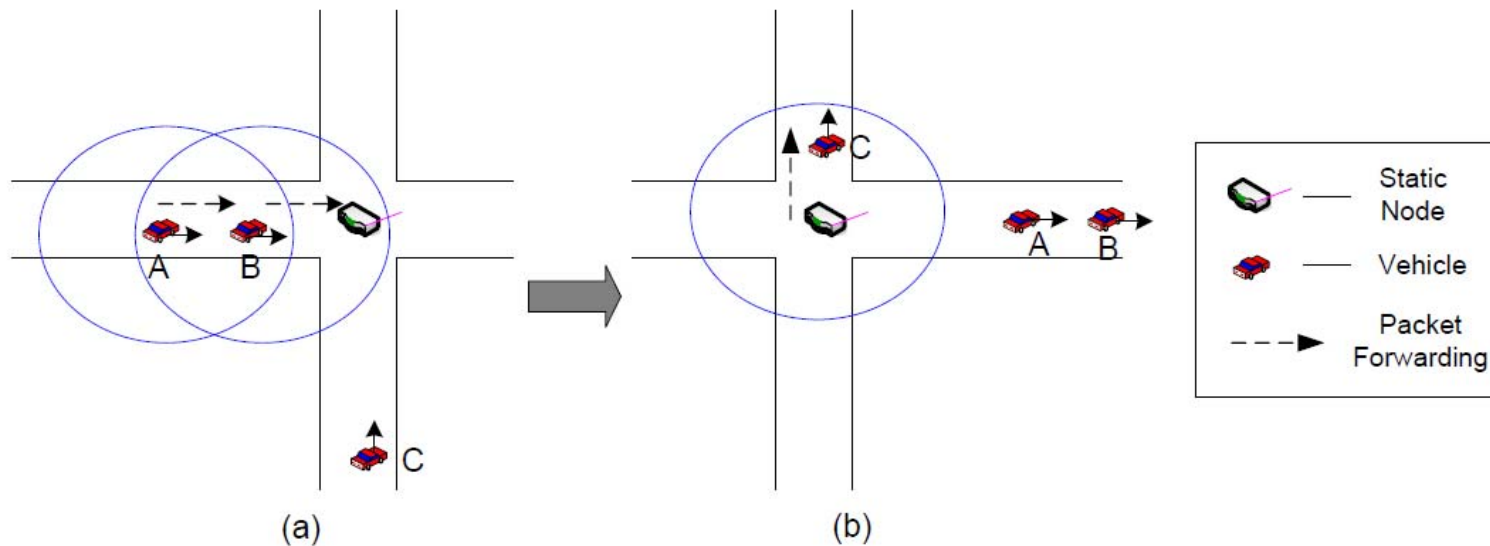
VANET～セッション2(トラフィック管理)～

- ▶ 車車間通信のシミュレーション時のスケーラビリティ向上のため、パケット到達率の計算を離散イベントシミュレーションから統計的な手法に置き換える方法を提案し、性能評価[6]
- ▶ 高速道路の入り口(ランプ)からの進入時の最適な進入場所とタイミングを、センサで取得した情報から自動的に決定[7]



VANET～セッション3(ルーティング)～

- ▶ 車車間通信テストベッドを用いて、ビデオをストリーミング配信するとき達成されるサービス品質を、異なるルーティングプロトコルAODVとGPSRで比較[8]
- ▶ 交差点における静止ノードをうまく活用することで停車両密度でのVANETのルーティング効率を高める方法を提案[9]



MobiCom / Hocテクニカルセッション構成

日付	MobiCom	MobiHoc
9/11, 9:00-	Keynote1	
9/11, 10:30-	C1: Medium Access Control	H1: Link Layer Design and Scheduling
9/11, 13:30-	C2: Sensor Networks	H2: Delay Tolerant Networks
9/11, 16:00-	Demos & Posters	H3: Sensor Network Security
9/12, 8:30-	C3: Security and Privacy	H4: Cross-layer Design and Analysis
9/12, 11:00-	C4: Cross-layer Techniques	H5: VANETs
9/12, 12:30-	Panel1	
9/12, 13:30-	C5: Mobility/Interference Models	H6: Routing Algorithms
9/12, 16:00-	C6: Challenges	H7: Sensor Networks
9/13, 9:00-	Keynote2	
9/13, 10:30-	Panel2	
9/13, 13:30-	C7: Measurements	H8: Wireless Network Capacity
9/13, 15:30-	C8: Routing and Multicasting	

MobiCom/Hoc2007のトピック・特徴

▶ 主なトピック

- センサネットワーク, VANET, 電波の干渉を最小限にするスケジューリング, ルーティングなど
- MobiCom, MobiHocの間でスコープの違いはあまりない

▶ 今年の特徴

- 無線通信環境における最適化問題を定義し, そのヒューリスティックアルゴリズムを提案し, 提案アルゴリズムの性質や近似率を理論的に解析するというものが多い
- 電波の干渉問題を緩和することを目的とした, マルチチャネル/広域スペクトラムを同時利用する際の最適スケジューリングに関する提案が多い
- その一方で, アプリケーション, トランスポート(TCP), ルーティングの「プロトコル」に関するトピックは少ない

キーノート の 概要

- ▶ Keynote1: "The Geometry of Mobility" by Dr. Guibas
 - モバイルコンピューティングにおけるネットワークトポロジについての数学的議論が展開された. Volonoi, クラスタ, 最少被覆木(MST)などをトポロジとして用いた時に, ノードが移動する際にはMSTよりもVolonoiやクラスタがグラフの構造維持に強いことがアニメーションでの実演を交えて説明
- ▶ Keynote2: "Breaking the Interference Barrier" by Dr. Tse
 - 相互干渉により制限される無線ネットワークの伝送容量の限界を超えるには, マルチチャネルや指向性アンテナ, 基地局の協調スケジューリングなど, 様々な方法を取り入れることが必要
 - 打開策の一つとして, Distributed Cooperative MIMOを提唱

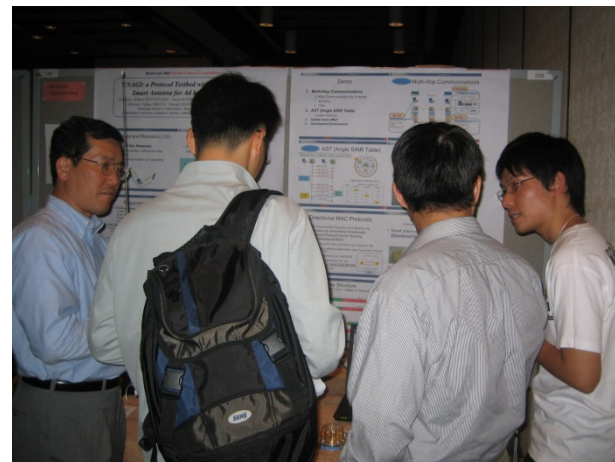
パネルセッションの概要

- ▶ Panel1: Mobile Computing and Systems: Where is the Tofu? A Discussion with Programs Directors from Agencies and Industry
 - 研究助成ファンドのディレクタや産業界から見たモバイルコンピューティング分野の研究の方向性について議論
- ▶ Panel2: Bonobos Vs Chimps: Cooperative and Non-Cooperative Behavior in Wireless Networks
 - ゲーム理論などを用いた基地局, ノードの協調動作, Spectrum Auctionによる帯域確保などについて提案



デモ・ポスターセッションの概要

- ▶ 9月11日 午後15:00-17:00
- ▶ 6月初旬 ポジションペーパー(3ページ)
7月中旬一次審査結果
- ▶ 24件のデモ(うち21件が**Student demo competition**の対象)
- ▶ 発表者
 - 米国勢(12), 欧州勢(9)が多かった
 - アジア勢は少数(3)
 - DICOMOなど日本国内で発表されているデモは十分対抗可能
- ▶ 内容
 - 比較的センサネットワーク関連のデモが多かった
 - 無線装置の試作, 小型移動体を用いた位置依存処理, プロトコル実装例, ビジネス応用まで多岐に渡った.



DEMO発表一覧

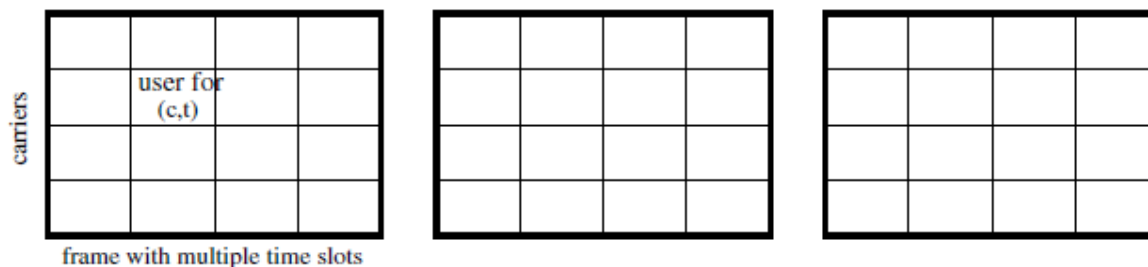
- ▶ WARP: A Flexible Platform for Clean-Slate Wireless Medium Access Protocol Design (Rice)
- ▶ A pervasive assistant to foster people with cognitive disabilities autonomy (Universite de Sherbrooke, Universite de Trois-Rivieres)
- ▶ Meditrina: An Architecture for Managing Sensors and Actuators in Ambient Computing Environments (University of Padova, UIUC, University of Rome)
- ▶ Encrypted Persistent Data Storage for Asynchronous Wireless Sensor Networks (NEC Europe, Lulea University of Technology)
- ▶ Yellowstone Sensors Project (UCSC)
- ▶ Mobile Business Applications on Mobile Lightweight Architecture (SAP Labs)
- ▶ The InterMesh Network Architecture (University of New Mexico, CNRI)
- ▶ Enhancing IPTV using Sensor Networks (GaTech)
- ▶ UNAGI: a Protocol Testbed with a Practical Smart Antenna for Ad hoc Networks (Shizuoka University, ATR)
- ▶ JiST/MobNet: Combined Simulation, Emulation, and Real-world Testbed for Ad hoc Networks (Technische Universitat at Darmstadt)
- ▶ RBP: RSS-based Prediction of Carrier Sense and Interference in 802.11 Networks (Seoul National University, HP Labs)
- ▶ Wireless Ad Hoc Podcasting: A Demonstration on Handheld Devices (ETH Zurich, Princeton, KTH Royal Inst. of Technology)
- ▶ Mobile ad-hoc business presentation and collaboration tools (SAP Labs)
- ▶ Location-Based Media Sharing in a MP2P Network (University of Jyvaskyla, University of Crete)
- ▶ Wildlife monitoring using a disconnected network (UCSC)
- ▶ Synthetic traffic generation based on Measurement-driven modelling of large Wireless Local Area Networks (FORTH and University of Crete)
- ▶ DTNs on Roombas (Columbia)
- ▶ Micro-Blog: Map-casting from Mobile Phones to Virtual Sensor Maps (UIUC, Duke)
- ▶ VoIP for isolated and Internet-connected Mobile Ad Hoc Networks (ETH Zurich)
- ▶ Trade-offs Between Mobility and Density for Coverage in Wireless Sensor Networks (NUS)
- ▶ A Sensor-cyber Network Testbed for Plume Detection, Identification, and Tracking (Purdue, UIUC)
- ▶ Opportunistic Video-on-Demand in Mobile Networks (Gwangju Institute of Science and Technology, UNSW, NICTA, Deutsche Telekom)
- ▶ Personal Assist System: Use of Wireless Technologies Helping Elder People with Assisted Living (UIUC)
- ▶ Net-X: A Framework for Supporting Multiple Channels and Multiple Interfaces in a Wireless Network (UIUC, Google, U Michigan, Citigroup)

Student Demo Competition結果

- ▶ 1st prize
 - DTNs on Roombas (Columbia)
- ▶ 2nd prize
 - Wireless Ad Hoc Podcasting: A Demonstration on Handheld Devices (ETH Zurich, Princeton, KTH Royal Inst. of Technology)
- ▶ Finalists
 - **UNAGI: A protocol Testbed with Practical Smart Antenna for Ad-Hoc Networks (Shizuoka University, ATR)**
 - RBP: RSS-based Prediction of Carrier Sense and Interference in 802.11 Networks (HP Labs)
- ▶ 1位 Columbia大学のデモ
 - 掃除ロボットルンバにカメラを搭載し遅延に耐性を持つネットワーク(Delay-Tolerant Networks)を実装.
 - 移動ノードが画像情報を蓄積し移動することにより無線通信を補間する
- ▶ 約10件のデモ
 - ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R)の特集号に掲載される予定

C1: メディアアクセス制御

- ▶ WiMAXなど複数のモバイルユーザが各タイムスロットにおいてmulti-carrierを用いてデータ通信を行える環境を想定して、準最適なcarrier割り当てアルゴリズムを提案[10]

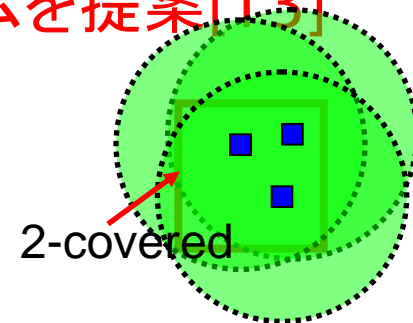


- ▶ multi-radio, multi-channelの無線メッシュネットワークでユニキャスト通信とローカルブロードキャストが行われる環境で、ユニキャストのスループットを最大化するチャンネルスケジューリングアルゴリズムを提案[11]
- ▶ マルチチャンネルの無線環境を対象に、各端末がどのチャンネルをprobeし、どのチャンネルでデータを送信するかについての最適戦略の導出法について議論[12]

C2: センサネットワーク

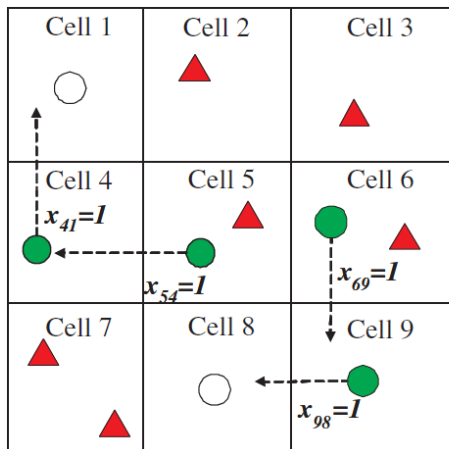
- ▶ 静止 / 移動ノード混在環境で, 移動ノードを最小距離移動させてセンシング領域を k -coverするアルゴリズムを提案[13]

- k -covered: センシング領域の任意の地点が k 個以上のセンサでカバー



- ▶ 障害物のあるセンサネットワークでのrange-freeベースの位置推定アルゴリズムを提案[14]
- ▶ 国境警備などのアプリケーションを想定した, 細長い領域(belt)を k -coverする問題に対し, 幾何学的にカバーする方法を提案[15]
- ▶ [15]と同じ問題に対し, 各センサノードのcritical density (送信パワーおよび電波半径)を決定するヒューリスティックアルゴリズムを提案[16]

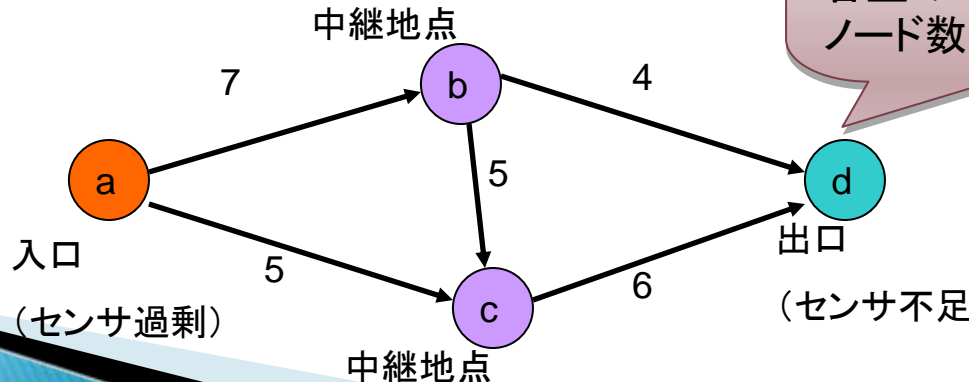
移動センサノードの移動距離の総和を最小化するk-coverアルゴリズム[13]



アルゴリズム

1. センシング領域をセルに区切る
2. 各セルの代表ノードを選ぶ
3. 空セルには最も近い移動ノードを移動させる
4. 代表ノード間でセルのセンサ数情報を交換
5. 各代表ノードで最大流問題を解く
6. 移動センサノードを移動させる

最大流問題: 入口→出口にリンク容量制約のもとで最大どれだけの容量を流せるか



リンク: 1回で移動可能な距離のセル間に張る
 容量: 元のセルの移動ノード数を設定

移動センサのデモ

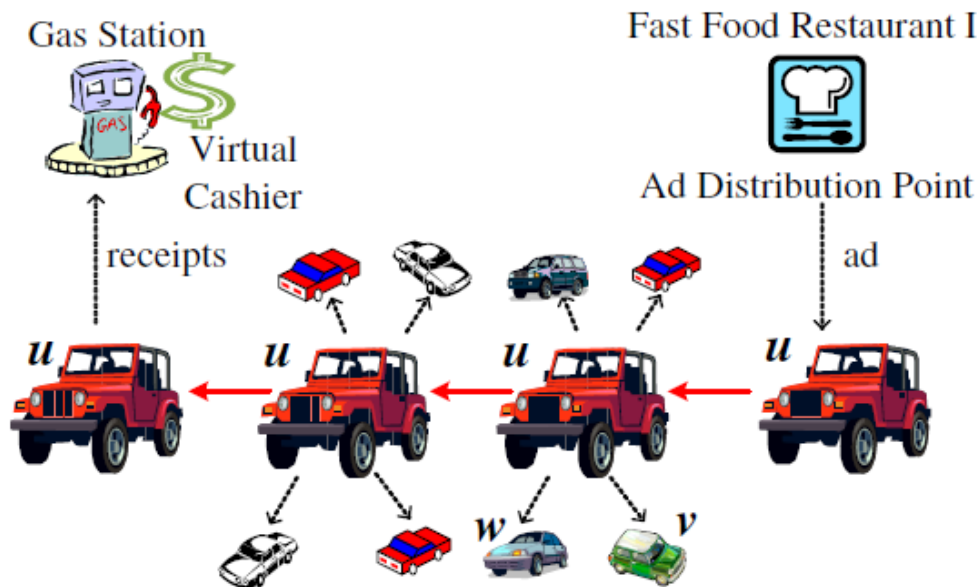


H4: クロスレイヤ設計

- ▶ 電波干渉モデルにSINRモデルを想定し，無線マルチホップネットワークで通信遅延を最小化するパケットスケジューリングプロトコルをクロスレイヤ技術に基づいて設計するための方法を提案[17]
- ▶ **SINRモデル(Signal to Interference Plus Noise Ratio)**
 - 「電波範囲の外はいつも干渉がないわけではなく，また，干渉があった場合でもパケットが正しく送受信できることがある」現象をモデル化
 - SINRモデルにおける制約を導入した場合，シンプルなモデル(電波範囲内のノードが送信中は他のノードは送信できない)に比べ，問題が難しくなる→クロスレイヤ遅延最小化問題はNP困難に

H5: VANETs

- ▶ ドライバへの危険通知をVANETのマルチホップ通信で実現する際に要求される通信の信頼性と時間制約の間のトレードオフを解析するための理論的フレームワークを提案[18]
- ▶ 車車間通信を使用して広告を配信する際の各車両のインセンティブ(転送で仮想通貨取得)を, PKIを用いて確保する手法を提案[19]



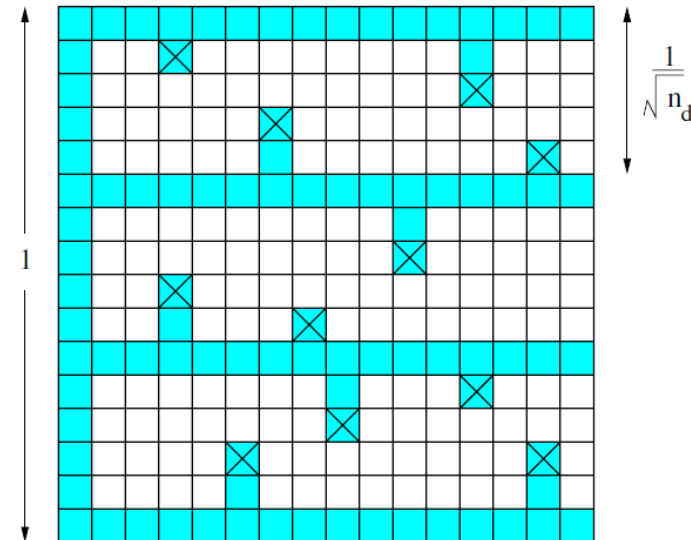
- 仮想通貨の不正取得の防止
- 各中継車両のプライバシー(通行経路, 通行時刻の推測を阻止)の確保

C5: モビリティ・電波干渉モデル

- ▶ MANETの各モバイルノードに対しその電波範囲内に他のノードが入ってくるまでの期待時間(inter-meeting time)を幾つかのモビリティモデル, また, シミュレーション領域の境界線の有無に応じて理論的に解析できるフレームワークを提案[20] (**MobiCom2007 Best Paper**)
- ▶ 無線ネットワークにおいて, 電波の相互干渉を考慮した上で任意の2ノード間のスループットおよびグッドプットを評価する汎用モデルを提案し, テストベッドでの実験を通してモデルの正確性を評価[21]

H8: 無線ネットワークの伝送容量

- ▶ マルチチャネル無線ネットワークにおける, random(c,f) 割当て(c個のチャネルからランダムに選んだf個のチャネルをユーザに割り当てる)チャネル制御アルゴリズムの性能(達成される伝送容量)を理論的に解析[22]
- ▶ 無線マルチホップネットワークにおいて, 最適なマルチキャスト配送木をつくらなくとも, 対象領域をグリッドに分けそれらを櫛状につないだバックボーン(**multicast comb**)を用いる近似的な手法で十分な伝送容量が得られることを実証[23]

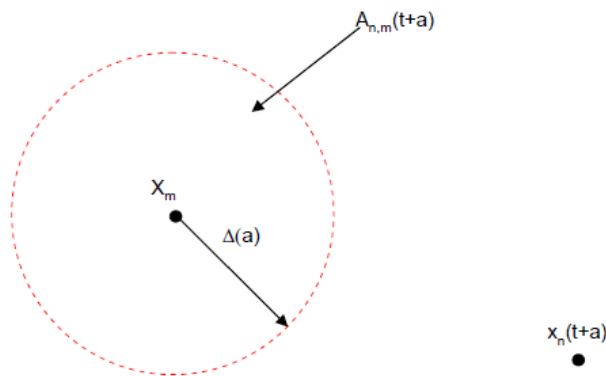


C8: ルーティング / マルチキャスト

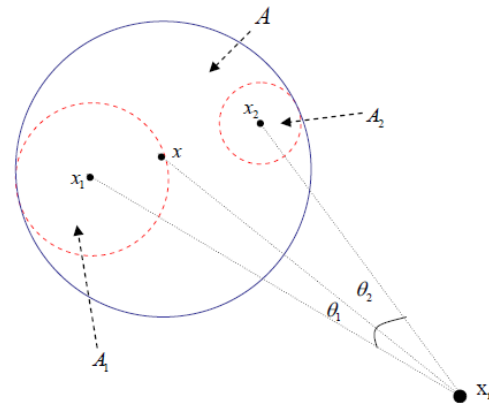
- ▶ 無線ネットワークにおけるノードの配置などに関しかなりシンプルな環境を仮定した上で, マルチキャストで配送可能な伝送容量の限界を理論的に解析[24]
- ▶ アドホックネットワークにおいて, 悪意のある複数ノードの共謀・結託がある場合にも上手く機能するルーティングアルゴリズムを, ゲーム理論をベースに開発し提案[25]
- ▶ 大規模なアドホックネットワークにおいて, 従来のGeoCastルーティングプロトコルに比べ制御パケット数が少なく, かつ, パケット到達率が高いルーティング手法**Weak State Routing (WSR)**を提案[26]

Weak State Routing[26]

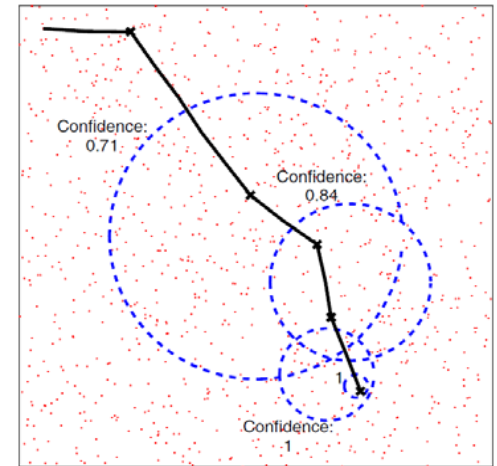
- ▶ 各ノードの存在範囲を地理的範囲(**weak state**)として設定
- ▶ 徐々に地理的範囲(weak state)を狭めて行くことで宛先ノードに到達



GeoRegion: ノードの最大移動速度 S および ノード n の時刻 t での位置を $x(t)$ とした場合, a 秒後の n の存在範囲は $x(t)$ を中心とする半径 $a \cdot S$ の円内 (時間経過と共に大きくなる)



2ノードのGeoRegionの統合

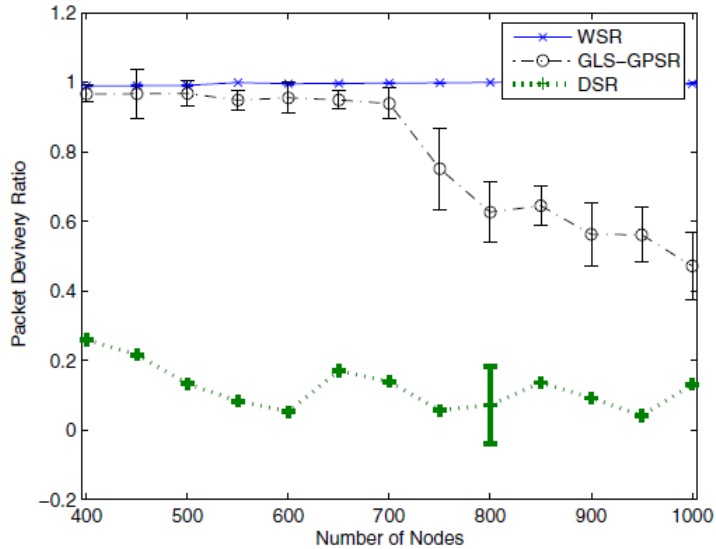


宛先への転送の様子

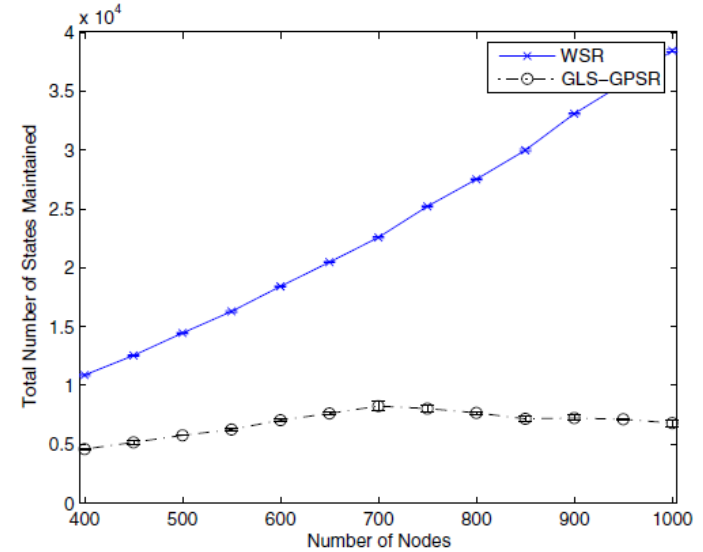
アルゴリズム

各ノード n は自分の位置を定期的にランダムな方向に散布
→ 受信ノードは n に対する weak state を更新
ノード m へのパケット送信は, ランダムな方向に. . .
→ m の weak state を持つ受信ノードは, GeoRegion の中心に向けて転送 → 強い weak state を持つノードが受信
→ . . . 到達するまで繰り返し

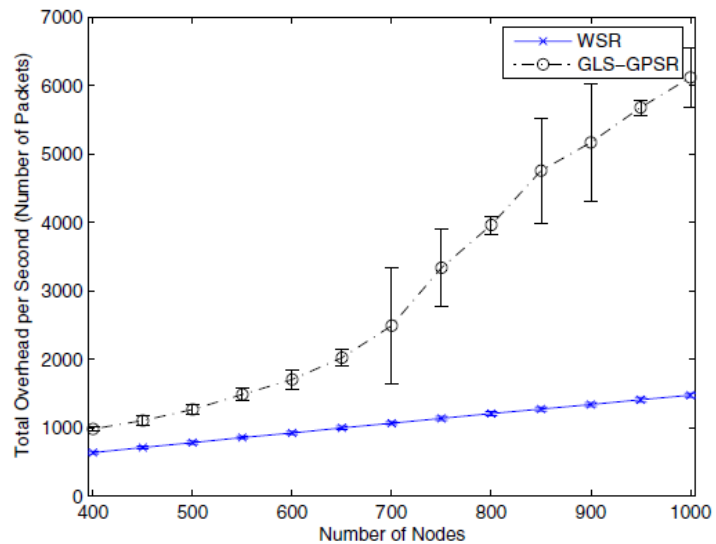
WSRの性能



← 到達率



状態数



← 制御パケット数

まとめ

▶ VANET

- 色々なアイデアが提案, 活気・勢いがある
- 採択率26%だが, 特にハイクオリティという印象はない

▶ MobiCom/MobiHoc

- ほとんどが理論的な枠組みに基づいて, 提案アルゴリズムの理論解析を行っている
- メイントピックは「電波の相互干渉による伝送容量低下をいかに解決するか」
 - コグニティブ無線, マルチチャネル, 最適スケジューリング, SINR
- その他に, 「センサネットワークにおけるk-cover問題に対する解法」
- 「ルーティングプロトコル, マルチキャスト」も数は少ないが存在
 - weak state routing, multicast comb

▶ MBL研メンバへの提案

- 第1段階: 会議への参加, 論文のサーベイ, 情報共有
- 第2段階: 投稿 → → 採択