

自己評価報告書

平成23年4月25日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008～2011

課題番号：20240005

研究課題名（和文） アンテナの指向性を利用するユビキタスインフラストラクチャに関する実証的発展研究

研究課題名（英文） Advanced Empirical Study on Ubiquitous Infrastructure using Antenna Directionality

研究代表者

渡辺 尚 (WATANABE TAKASHI)

静岡大学・創造科学技術大学院・教授

研究者番号：90201201

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：アドホックネットワーク，メディアアクセス制御，スマートアンテナ

1. 研究計画の概要

本研究は、1) 指向性 MAC, ルーティングの高度化, 2) テストベッドによる実機実験, 3) アプリケーションの検討に分けて行う計画である。さらに、1) に関しては、1A) 指向性 MAC の高度化, 1B) マルチキャストおよびブロードキャストの高度化, 1C) 指向性ルーティングプロトコルの高度化, 1D) センサネットワークの小型化, 省電力化, に細分化して行う。

2. 研究の進捗状況

本年度までの3年間に以下を実施した。

1) 指向性 MAC, ルーティングの高度化

1A) 指向性 MAC の高度化：マルチレート環境に適した指向性 MAC プロトコルを提案し、計算機シミュレーションにより有効性を明らかにした。次に、デフネス端末問題への対策として代理端末を導入したオポチュニスティック型通信方式 DOMAC を開発した。この方式により、従来方式 DMAC に比べて1.5倍以上のスループット向上が確認できた。

1B) マルチキャストおよびブロードキャストの高度化：従来の国内外の研究では、スマートアンテナビームは単一のメインローブを利用している。これに対し、①複数指向性を効果的に利用するマルチレートマルチキャスト方式および②メインローブとヌルを同時利用するマルチレート MAC 方式を開発した。また、指向性アンテナを用いることによって高い送信レートでのマルチキャストを行い、ネットワークコーディングでのスループットをさらに向上させる手法を開発した。提案方式は指向性ビームを用いた高送

信レートでのマルチキャストによってこの問題を解決し、スループットを図る。計算機シミュレーション、テストベッドによる実験により評価した結果、従来方式よりスループット性能が向上することを明らかにした。さらに、メインローブとヌルの両方を組み合わせたビームパターンを利用する MAC プロトコルを開発した。本手法では、メインローブの方向とヌルの方向を計算した複数個のビームパターンをあらかじめ計算した後、所望方向へ高い利得を得つつ干渉端末方向へのアンテナ利得を低くする。約15%スループットが向上することを明らかにした。

1C) 指向性ルーティングプロトコルの高度化：ルートをジグザグにすることで指向性隠れ端末問題を低減するルーティングプロトコルを提案、評価した。また、提案 MAC プロトコルの光無線への適用を検討した。さらに、オーバーヒアリングに起因する、さらされ端末問題を軽減する指向性ルーティング手法を提案し、有効性を確認した。また、デフネス問題にルーティングで対処する方式として、単一ルートに時間差をおいて送信するモデレート送信方式および複数ルートに交互にパケットを送信するオールタナティブキャスト方式を開発した。これらにより、1.6倍程度の性能向上を示した。また、指向性ビーム幅がネットワーク性能に与える影響をシミュレーションで評価と考察を行った。この結果を用い、端末移動とトラフィックフローによってビーム幅を適応的に決定する方式を提案した。性能評価から、ビーム幅の適応的な決定により、移動速度が大きいとき

やトラフィックフローが多いときに、一定のビーム幅を用いるより高いスループットを実現できることを明らかにした。

1D) センサネットワークの小型化、省電力化：複数シンクを用いてセンサネットワークの負荷分散を図る DCAM 方式を拡張することでネットワーク寿命を延長する手法を開発した。また、センサネットワークにおいて情報集約適用時の遅延およびエネルギー消費特性を理論解析し、タンデムトポロジおよびクロストポロジでの性能に関する知見を得た。さらに、自然環境への影響を考慮したセンサネットワークを提案した。

2) テストベッドによる実機実験：並行型、逆方向並行型、交差型のトポロジで実証実験を行った。その結果、端末ペア間距離が 20-40m の場合に指向性アンテナの効果が高いことを明らかにした。また、逆方向並行型は干渉が大きくなるため同方向並行型よりも性能が劣化することを明らかにした。また、従来の基礎検討で得られたスループット特性をベースとして、UNAGI と MICAmote を用いた階層型ネットワークを構築し実証実験を行った。この実験により、指向性アンテナノードを部分的に使用することにより、通信の効率化とともにコストパフォーマンスの高いシステム構成が可能となることを実証的に示した。また、階層化センサネットワークにおける中継端末にスマートアンテナを利用し、この指向性をすべての中継端末で同期させることで、中継端末間の距離を大きくし、中継端末コスト、システム消費電力の低減を実現する方式を設計した。さらに、USRP2/GnuRadio による実験準備として、特定実験試験局（免許番号海実第 2285-2288）の取得および基礎実験を行った。

3) アプリケーションの検討：階層型ネットワークのアプリケーションの一つとして、M2M のアクセスネットワークへの応用を検討した。

3. 現在までの達成度

③ おおむね順調に進展している

論文 25 編、学会発表 54 編を発表している。また電気学会優秀論文発表賞、情報処理学会学生奨励賞などを受賞した。

4. 今後の研究の推進方策

今後も研究計画に沿って研究を推進する。

5. 代表的な研究成果

〔雑誌論文〕（計 25 件）

① 近藤良久、四方博之、三浦龍、小花貞夫、ネットワークコーディングを用いた多対多端末間高信頼・低遅延ブロードキャスト、情報処理学会論文誌、Vol. 52. No 3.

pp. 983-996、2011、査読有

② 坂本浩、萬代雅希、渡辺尚、スマートアンテナを利用した M2M データ収集無線アクセス系構成に関する考察、電気学会論文誌（電子・情報・システム部門）、Vol. 130 / No. 7 / Sec. C. pp. 1262-1270、2010、査読有

③ Yoshia Saito, Susumu Ishihara, Hiroshi Mineno, Tadanori Mizuno, Takashi Watanabe, Evaluation of traffic dispersion methods for synchronous distributed multimedia data transmission on multiple links for group of mobile hosts, Int. J. Applied Systemic Studies, Vol. 3, No. 1, pp. 89-101, 2010, 査読有

④ Yu Takada, Masaki Bandai, Tomoya Kitani Takashi Watanabe, Cooperative Data Buffering with Mobile Sinks for Wireless Multimedia Sensor Network, Journal of Information Processing (JIP), Vol. 18, pp. 96-109, 2010, 査読有

⑤ 高塚雄也、長島勝城、高田昌忠、萬代雅希、渡辺尚、指向性アンテナのマイナーローブを考慮したアドホックネットワーク MAC プロトコル、電子情報通信学会論文誌、Vol. J92-B No. 3 pp. 540-554、2009、査読有

〔学会発表〕（計 54 件）

① 加藤泰大、萬代雅希、渡辺尚、オポチュニスティック型通信を適用した指向性 MAC プロトコルについて、情報処理学会マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOM02010) シンポジウム、2010. 07. 09、水明館（岐阜県）

② TAKAFUMI FURUKAWA, MASAKI BANDAI, HIROYUKI YOMO, SADAO OBANA and TAKASHI WATANABE, Multi-Lobe Multicast using Directional Antenna for Network Coding in Multi-Rate Ad Hoc Networks 情報処理学会マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOM02010) シンポジウム、2010. 07. 09、水明館（岐阜県）

③ Takafumi Furukawa, Masaki Bandai, Hiroyuki Yomo, Sadao Obana, Takashi Watanabe, MomijiCast for Network Coding in Multi-rate Ad Hoc Networks, 電子情報通信学会（アドホックネットワーク研究会）、2011. 01. 21、広島市立大学（広島県）