

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 24 日現在

機関番号：20103
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2012～2014
課題番号：24300026
研究課題名(和文) モバイルアドホックネットワークのキャパシティに関する研究

研究課題名(英文) Capacity Study for Mobile Ad Hoc Networks

研究代表者

J I A N G X i a o h o n g (JIANG, Xiaohong)

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：00345654

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,800,000円

研究成果の概要(和文)：正確な容量の解析、容量/遅延のトレードオフ、容量の増加/最適化に関する調査を行った。正確な容量の解析に関しては、決定的なMACプロトコルを用いるMANETs、ランダムなアロハMACプロトコルを用いるMANETs、制限されたバッファを用いるMANETsに対する容量を調査した。容量/遅延のトレードオフに関しては、MANETsにおけるスループット容量と遅延の固有のトレードオフを研究し、配信遅延制約のあるスループットを導出し、容量の増加/最適化に関しては、ゲーム理論を適用することでMANETsの容量の最適化を調査し、スループットを増加させるためのネットワークコーディングのアプリケーションを調査した。

研究成果の概要(英文)：This project investigated the three fundamental issues of MANET capacity study, namely the exact capacity analysis, capacity/delay tradeoff and capacity enhancement/optimization. About the exact capacity study, we explored exact capacity of MANETs with deterministic MAC protocol, MANETs with the random Aloha MAC protocol, and MANETs with limited buffer. About capacity/delay tradeoff, we studied the inherent tradeoff between throughput capacity and delay in MANETs, and derived the delivery delay-constrained throughput. About capacity enhancement/optimization, we applied the game theory to explore the capacity optimization in MANETs, and also explored the application of Network coding in throughput enhancement.

研究分野：計算機システム・ネットワーク

キーワード：MANET キャパシティ リレーアルゴリズム 遅延

1. 研究開始当初の背景

柔軟性のあるモバイルアドホックネットワーク (MANET) は、災害復旧のネットワークや緊急時のネットワーク、戦場でのネットワークなど、多くの重要なアプリケーションにとって非常に魅力的である。リンク容量を特徴づけるために不可欠であった古典的なシャノン容量理論は、分散的な MANETs の容量を特徴づけるためには十分に研究されていない。それゆえ、MANET に関する多くの研究活動があるにも関わらず、MANET の容量に関する理論、すなわち全ノードペア間で達成可能な最大レートを定義する理論は未解決問題の一つとして残されてきた。これまで、MANET の正確な容量に関する一般的な理論が不足していたため、MANET の開発と商業化は著しく妨げられてきた。このため、米国やヨーロッパでいくつかの国家規模のプロジェクトが進行していることから明らかのように、MANETs に対する有効な容量理論を研究することに新たな関心が集まっている。このような理論は、基本的なネットワーク容量の限界を理解するために役立つだけでなく、MANETs の設計や最適化を行う際のガイドラインとしても役立つものと期待される。それゆえ、MANET の一般的な容量理論の研究は、現代のネットワーク情報理論の開発と未来のコミュニケーションネットワークの継続的な成功に確実に貢献するものと思われる。

2. 研究の目的

本プロジェクトの目的は、MANET の容量の研究における 3 つの基本的な問題である、正確な容量の解析、容量/遅延のトレードオフ、容量の増加/最適化を研究することである。この目的を達成するために、最初に、MANETs の正確なユニキャスト容量とマルチキャスト容量を研究する。主なモビリティモデルとして、互いに独立で同一の分布に従う一般的なランダムウォークやランダムウェイポイントモデルなどを考慮する。次に、容量/遅延のトレードオフに関しては、様々なモビリティモデルとトラフィックパターンの下での正確な容量/遅延のトレードオフを研究し、それに対応する正確な遅延制約付きの容量を導出する。また、柔軟な容量/遅延のトレードオフのために、一般的なリリーススキームも調査する。最後に、容量の増加/最適化のために、電力制御、ネットワークコーディング、2 ホップリレー、フィードバック情報などの適切な使用に関する研究を行う。

3. 研究の方法

(1) 正確な容量の研究: マルコフ連鎖モデリングと自動フィードバック制御の概念に基づいて、近年、我々は、互いに独立で同一の分布に従う単純なモビリティモデルと 2 ホップリレーを用いる MANET に対し、正確なユニキャスト容量を解析するための新たな理論

フレームワークを開発した。このフレームワークをさらに拡張して、他のリレーアルゴリズムや他の一般的なモビリティモデルの下での MANETs の正確なユニキャスト容量を調査する。我々は、近年、遅延許容ネットワーク (DTNs) のマルチキャストに対するパケット配信プロセスを研究するための 2 次元マルコフ連鎖モデルを開発した。このモデルを拡張し、一般的な MANETs の正確なマルチキャスト容量を調査する。このような様々なネットワーク環境下での正確なユニキャスト/マルチキャストに関する詳細な研究を通じて、MANET の正確な容量の研究に対して完全な理論的フレームワークを確立できるものと予想している。

(2) 容量/遅延のトレードオフ: 近年、我々は、互いに独立で同一の分布に従うモビリティモデルの下で、正確な容量と遅延のトレードオフを調査した。正確な容量解析を行うためのマルコフ連鎖に基づくフレームワークと正確な遅延解析を行うための待ち行列理論に基づくフレームワークを組み合わせることにより、様々なモビリティモデルとトラフィックパターンの下で、正確な容量と遅延のトレードオフを調査し、対応する遅延制約のある容量を導出する。最後に、柔軟な容量/遅延のトレードオフに対して、近年、我々はパケットのグループ化と冗長度を制限するアイデアに基づき、従来の 2 ホップリレーを拡張し、一般化した 2 ホップリレーを開発した。従来の 2 ホップリレーの容量に対する我々の研究に基づき、正確な容量と容量/遅延のトレードオフに関して、新たなリリーススキームの性能をさらに詳しく調査する。このような、容量/遅延のトレードオフと関連するリリーススキームに関する一般的な研究は、異なる容量と遅延要求を持つ様々なアプリケーションに対して、費用効率の高いネットワーク構成を特定するために役立つものと大いに期待される。

(3) 容量の最適化/増加: 最初に、ノードの電力 P とパケットの冗長度の制限 f の両方を固定する設定で、正確な容量を研究する。そして、任意の P と f に対して、容量の最適化問題を詳しく調査する。容量の増加に対しては、新たなネットワークコーディング技術を調査する。これは、ネットワーク容量の増加に非常に有望なものである。ネットワークコーディングに関する幅広い研究経験に基づいて、最初に、我々の理論フレームワークを拡張し、ネットワークコーディングを用いた場合の正確な容量を研究するための新たな理論フレームワークを開発する。次に、ネットワーク容量を大幅に増加させるために、ネットワークコーディングや電力制御、一般化された 2 ホップリレー、フィードバック情報などの最適な使用に関する調査を行う。このような容量の最適化/増加に関する研究は、既存の手法よりも大幅にネットワーク容量を増加させることが可能な有望なネットワーク戦略を提案するために役立つ、そして理想的には、MANETs の容量の上界に近づくものと予想している。

4. 研究成果

(1) 正確な容量の研究

伝送グループスケジューリングと一般的な決定的メディアアクセス制御(MAC)プロトコルを用いる MANETs に対して、様々なネットワーク環境下での正確な容量を調査するための理論フレームワークを開発した。最初に、 f キャストリレースキームを用いるネットワークの容量を研究し、そして次に、この容量に関する研究を、ノード伝送電力制御を用いるネットワーク、隣接ノードプロービング機能を用いるネットワーク、一般的なノードフォワーディングを行うネットワーク、さらには、指向性アンテナ伝送を行うネットワークへと拡張した。さらに、抹消符号化とパケット複製の組合せに基づくパケット配信により、それらのネットワークの容量を決定した。最後に、マルコフ連鎖理論とリアブノフ理論に基づいて、グループベースのスケジューリングを用いる MANETs に対する一般的なスループット容量を導出した。これは、任意のルーティングスキームや一般的な伝送範囲設定のネットワークにも適用できるものである。

ランダムアロハMACプロトコルを用いる MANETs (A-MANET) に対して、スループット容量の正確な解析を行うため新たな理論フレームワークを開発した。飽和状態における成功伝送確率の考えに基づいて、A-MANET の容量の評価を行うための一般的な式を初めて確立した。この容量の式と確率的配置理論を用いることで、最近傍/レシーバ伝送ポリシーの下での無限A-MANETのスループット容量に対する閉形式を導出することに成功した。有限A-MANETのさらなる分析により、スループット容量の正確な式を決定することは(もし不可能でなければ)非常に厄介であるが、非常に有効な閉形式の近似を得ることが可能であることを明らかにした。そしてそれは、ネットワークノード数に対して指数的に減少する相加的漸近エラーのある値までは正確であることを明らかにした。

実用的なネットワーク制約のMANETsで達成可能な実性能を理解するために、バッファ制限のあるMANETsの正確なスループット容量を研究するための一般的なフレームワークを開発した。最初に、MANETsのスループット容量がリレーバッファのブロッキング確率(RBP)によってどのように決定されるかを明らかにするための分析を行った。隠れマルコフ連鎖理論と待ち行列理論に基づいて、RBPと正確なスループット容量の閉形式を導出可能にするための新たな理論フレームワークを開発した。さらに、本フレームワークの適用性を示し、対応する容量の最適化を調査するために、2つの典型的な伝送スケジューリ

ングスキームの下で事例研究を行った。本研究をバッファサイズとパケットのライフタイムに制約を持つMANETsへと拡張し、スループット容量やパケット損失、パケットエンドツーエンド遅延に関するネットワークの実性能を調査した。

(2) ルーティング/リレースキーム設計

従来の2ホップリレーを拡張し、MANETs に対して、パケットの冗長性を利用した一般的なグループベースの2ホップリレーアルゴリズムを提案した。本アルゴリズムを用いた場合のパケット配信遅延の平均値と分散値を解析するために、マルコフ連鎖に基づく理論フレームワークを開発した。本アルゴリズムは、広範な領域において、パケット配信遅延の平均値と分散値を柔軟に制御することを可能にするものである。

2ホップリレールーティングと抹消符号技術を組合せて、MANETsのための柔軟なパケット配信スキームを提案した。さらに、一般的な有限状態吸収マルコフ連鎖理論フレームワークを開発し、MANETsにおける複雑なメッセージ拡散プロセスをモデル化した。さらに、このフレームワークを適用し、スループット容量と同様に、対応するメッセージ配信確率、パケット配信確率とコスト、ユニキャスト遅延とマルチキャスト遅延を研究した。

信頼性のあるシングルホップ無線マルチキャストを研究した。これは、ある送信者から複数の受信者グループに損失のないデータの配布を行うものである。ブロックレベルARQとネットワークコーディング技術に基づいて、効率のよい信頼性のあるマルチキャストスキームを開発した。理論解析とシミュレーションを行い、帯域幅効率に関して、本スキームの性能を示した。これにより、この新たな信頼性のある無線マルチキャストスキームにより、チャネル利用率を大幅に改善可能なことが分かった。

(3) 容量遅延のトレードオフ

電力制御と f キャストリレーを行う MANETs において、スループット容量と配信遅延の固有のトレードオフを研究した。さらに、実用的な基準点グループモビリティモデルの下で動作するMANETsにおいて、スループットと遅延のトレードオフ問題を調査した。これは、多くの重要なアプリケーションにおいて、モバイルノード間のポテンシャル相関を効率よく捉えるために使用される実用的なモビリティモデルとして役立つものである。特に、それらのネットワークで実現可能なノード単位のスループットと平均遅延、それらのトレードオフを研究した。さらに、ポアソン接触過程に従う間欠接続モバイルネットワーク(ICMN)において、容量と遅延のスループットのトレードオフ問題を調査した。この理論的な成果の適用性を示すために、ランダ

ムウェイポイントとランダム方向モビリティモデルに対する事例研究を行った。

各パケットに最大許容配信遅延の制約が課されたMANETsを研究し、その配信遅延制約がスループットとパケットのエンドツーエンド遅延などの達成可能な実性能に与える影響を調査した。最初に、MANETsのスループット容量を決定し、ネットワークがサポートできる最大可能スループットを明らかにした。任意の外因的なレートに対して、マルコフ連鎖理論を適用し、配信遅延制約付きの達成可能なスループット、パケット配信レート、パケットエンドツーエンド遅延を導出した。さらに、メッセージのライフタイムが制限されたMANETsの配信レートを研究した。特に、有限状態吸収マルコフ連鎖に基づく理論フレームワークを開発した。これは、重要な干渉やメディア競合、トラフィック競合問題を注意深く分析に統合したものであり、任意のメッセージライフタイムの下でのメッセージ配信率を導出するのに役立つものである。

MANETsにおける遅延モデリングに関する広範な研究を行った。特に、最初に、擬似出生死滅(QBD)理論を適用し、MANETsのソース遅延(遅延性能解析のための基本量)の解析を行うための理論フレームワークを開発した。次に、この手法を拡張し、MANETsにおけるエンドツーエンド遅延モデリングを詳しく調査した。さらに、理論フレームワークを開発し、一般化された伝送範囲と制限されたパケット冗長度の下でのMANETs、抹消符号とキャストリレーを行うMANETs、制限されたバッファで2ホップリレーを行うMANETsにおける遅延解析を行った。最後に、 f キャストリレーを行うモバイルアドホックネットワークにおけるマルチキャスト遅延のモデリングと、間欠接続モバイルネットワークにおけるマルチキャスト遅延と遅延ジッタのモデリングを行った。

(4) 容量の最適化/増加

MANETsにおけるパケット転送問題を転送ゲームとして定式化した。そして、ゲーム理論を適用することにより、全ノードが対称的な戦略プロファイルをとる場合のノード毎のスループット容量(例えば、ペイオフ関数)の閉形式を導出し、転送ゲームの可能な全てのナッシュ均衡を特定し、厳密なパレート最適なナッシュ均衡戦略プロファイルが存在することを証明した。最後に、任意の対称的なプロファイルに対して、可能な最大のノードスループット容量を調査し、それを実現する最適なパラメータ設定を決定した。

ネットワークコーディング(NC)は無線ネットワークでスループットを改善するための有望な技術として知られている。NCの実際のスループットゲインをより十分に理解するために、物理層、MAC層、コーディング副層

間の相互作用を注意深く考慮しながら、典型的な2ホップ無線リレーネットワークにおいてNCを用いることによる改善可能なスループットを調査した。最初に、物理層、MAC層、コーディング副層間の複雑な相互作用を捉えるための隠れマルコフ連鎖理論フレームワークを開発し、これに基づき、次に、スループットの閉形式を導出した。さらに、スループットを最大化するために、リレーノードにおける最適な帯域幅割り当て問題を調査し、NCがスループットを改善する状況を明確にするためのコーディング条件を与えた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 15 件, 査読有)

- [1] Bin Yang, Juntao Gao, Yuezhi Zhou, and Xiaohong Jiang, Delay Control in MANETs with Erasure Coding and f -cast Relay, *Wireless Networks* (Springer), vol.20, no.8, pp 2617-2631, Nov. 2014. DOI: 10.1007/s11276-014-0767-1
- [2] Jinxiao Zhu, Yin Chen, Yulong Shen, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi, and Norio Shiratori, Secrecy Transmission Capacity in Noisy Wireless Ad Hoc Networks, *Ad Hoc Networks Journal* (Elsevier), vol. 21, pp.123-133, Oct.2014. DOI: 10.1016/j.adhoc.2014.05.014
- [3] Kaikai Chi, Yi-hua Zhu, Xiaohong Jiang, and Xianzhong Tian, Practical throughput analysis for two-hop wireless network coding. *Computer Networks Journal* (Elsevier), vol.60, pp.101-114, Feb.2014. DOI: 10.1016/j.bjp.2013.12.017
- [4] Jinxiao Zhu, Yulong Shen, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi, and Norio Shiratori, Secrecy Capacity and Outage Performance of Correlated Fading Wire-tap Channel, *IEICE Transactions on Communications*, vol.E97-B, no.2, pp.396-407, Feb.2014. DOI: 10.1587/transcom.E97.B.396
- [5] Jinxiao Zhu, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi, and Norio Shiratori, Effects of Channel Correlation on Outage Secrecy Capacity, *Journal of Information Processing (JIP)*, vol.21 no.4, October 15, 2013. DOI: 10.2197/ipsjip.21.640
- [6] J.Gao, J.Liu, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi, and N.Shiratori, Throughput Capacity of MANETs with Group-Based Scheduling and General Transmission Range, *IEICE Transactions on Communications*, vol.E96-B, no.07, pp.1791-1802, Jul.2013. DOI: 10.1587/transcom.E96.B.1791
- [7] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, Ryu Miura, Nei Kato, Throughput Capacity of MANETs with Power Control and Packet Redundancy, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.12, no.6, pp.3035-3047, June 2013.

DOI: 10.1109/TWC.2013.042413.121683

[8] Yin Chen, Jiajia Liu, Xiaohong Jiang and Osamu Takahashi, Throughput Analysis in Mobile Ad Hoc Networks with Directional Antennas, *Ad Hoc Networks Journal*(Elsevier), vol.11, no.3, PP.1122–1135, May.2013.

DOI: 10.1016/j.adhoc.2012.12.003

[9] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, Ryu Miura, Nei Kato, On the Delivery Probability of Two-Hop Relay MANETs with Erasure Coding, *IEEE Transactions on Communications*, vol.61, no.4, pp.1314-1326, April 2013.

DOI: 10.1109/TCOMM.2013.020413.120198

[10] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Performance Modeling for Relay Cooperation in Delay Tolerant Networks, *Mobile Networks and Applications (MONET)*, vol.18, no.2, pp.186-194, April.2013.

DOI: 10.1007/s11036-012-0357-3

[11] Kaikai Chi, Xiaohong Jiang, Yi-hua Zhu, Jing Wang, and Yanjun Li, Block-level Packet Recovery with Network Coding for Wireless Reliable Multicast, *Computer Networks* (Elsevier), vol.57, no.4, pp. 910-923, Mar. 2013.

DOI: 10.1016/j.comnet.2012.11.008

[12] J.Liu, Xiaohong Jiang, H. Nishiyama and N.Kato, Generalized Two-hop Relay for Flexible Delay Control in MANETs, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol.20, no6, pp.1950-1963, Dec.2012.

DOI: 10.1109/TNET.2012.2187923

[13] J.Liu, Juntao Gao, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, and Nei Kato, Capacity and Delay of Probing-Based Two-Hop Relay in MANETs, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.11, no.11, pp. 4172-4183, Nov.2012.

DOI: 10.1109/TWC.2012.091812.120346

[14] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, Ryu Miura, Nei Kato, Naoto Kadowaki, Optimal Forwarding Games in Mobile Ad Hoc Networks with Two-Hop f-cast Relay, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.30, no.11, pp.2169-2179, Nov.2012. DOI: 10.1109/JSAC.2012.121209

[15] Kaikai Chi, Xiaohong Jiang, Yi-hua Zhu and Yanjun Li, Acknowledgment Mechanisms for Network-Coding-Based Reliable Wireless Multicast, *IEICE Transactions on Communications*, vol. 95-B, no.10, pp.3103-3112, Oct.2012. DOI: 10.1587/transcom.E95.B.3103

〔学会発表〕(計 25 件, 査読有)

[1] B.Yang, Y.Chen and Xiaohong Jiang, Multicast Delay of Mobile Ad Hoc Networks, *Second International Symposium on Computing*

and Networking (CANDAR 2014), Dec.10-12, 2014, Shizuoka, Japan

[2] Jia Liu, Yang Xu, and Xiaohong Jiang, End-to-end Delay in Two Hop Relay MANETs with Limited Buffer, *CANDAR 2014*, Dec.10-12, 2014, Shizuoka, Japan

[3] J.Liu, M.Sheng, Y.Xu, H.Sun and Xiaohong Jiang, Throughput Capacity of Two-Hop Relay MANETs under Finite Buffers, *IEEE 25th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (IEEE PIMRC 2014)*, Sept.2-5, 2014, Washington, USA

[4] Y.Fang, Y.Zhou, Xiaohong Jiang, and Y.Zhang, On Delivery Delay-Constrained Throughput and End-to-end Delay in MANETs, *16th IEEE International Conference on High Performance and Communications (IEEE HPCC 2014)*, Aug.20-22, 2014, Paris, France

[5] Yuanyu Zhang, Yulong Shen, Yuezhi Zhou, and Xiaohong Jiang, Eavesdropper-Tolerance Capability of Two-Hop Wireless Networks with Cooperative Jamming and Opportunistic Relaying, *9th FTRA International Conference on Future Information Technology (FutureTech 2014)*, May 28-31, 2014, Zhangjiajie, China

[6] Jiajia Liu, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, Jian-feng Ma, and Xiaohong Jiang, Throughput-Delay Tradeoff in Mobile Ad Hoc Networks with Correlated Mobility, *33rd Annual IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM 2014)*, April 27-May 2, 2014, Toronto, Canada

[7] Bin Yang, Yin Chen, Yuezhi Zhou, Xiaohong Jiang, Packet Delivery Probability in Two-Hop Relay MANETs with Hybrid Routing, *First International Symposium on Computing and Networking (CANDAR'13)*, Dec.4-6,2013, Matsuyama, Japan

[8] Yujian Fang, Yuezhi Zhou, Xiaohong Jiang and Xiaochun Wang, A Delay Constrained Two-Hop Relay Algorithm for Transparent Computing in MANETs, *2013 IEEE/IFIP International Workshop on Internet of Things and Transparent Computing (IOTC 2013)*, Nov.13-15, 2013, Zhangjiajie, China

[9] Yin Chen, Yulong Shen, Xiaohong Jiang and Jie Li, Throughput Capacity of ALOHA MANETs, *2013 IEEE International Conference on Communications in China (IEEE ICC 2013)*, Aug.12-14, 2013, Xian, China

[10] Yin Chen, Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi and Norio Shiratori, Upper Bound on the Packet Propagation Speed in WANETs with Directional Antennas, *IEEE ICC 2013*, Aug.12-14, 2013, Xian, China

[11] Y.Bin, J.Gao, Y.Zhou and Xiaohong Jiang, Two-Hop Relay Algorithm with Packet

Redundancy and Erasure Coding in MANETs, IEEE ICC 2013, Aug.12-14, 2013, Xian, China

[12] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Throughput Analysis for Two-Hop Relay Mobile Ad Hoc Networks with Receiver Probing, 2013 IEEE International Conference on Communications (ICC), June 9 – 13, 2013, Budapest, Hungary

[13] Juntao Gao and Xiaohong Jiang, Delay Modeling for Broadcast-Based Two-Hop Relay MANETs, 11th International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks (WiOpt 2013), May 13 – 17, 2013, Tsukuba Science City, Japan

[14] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Throughput Capacity of the Group-Based Two-Hop Relay Algorithm in MANETs, 2012 IEEE Global Communications Conference (IEEE GLOBECOM 2012), Dec.3-7, 2012, California, USA

[15] J.Zhu, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi and N.Shiratori, Secrecy Capacity of Correlated Rayleigh Fading Channels, 18th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2012), Oct.15-17, 2012, Jeju Island, Korea

[16] Yin Chen, Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi and Norio Shiratori, Exact Throughput Capacity in MANETs with Directional Antenna and Transmission Power Constraint, APCC 2012, Oct.15-17, 2012, Jeju Island, Korea

[17] Juntao Gao, Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Osamu Takahashi and Norio Shiratori, Exact Capacity Study for A Class of MANETs, First IEEE International Conference on Communications in China (IEEE ICC 2012), 15-18 August, 2012, Beijing, China

[18] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Message Delivery Probability of Two-Hop Relay with Erasure Coding in MANETs, 7th International Conference on Communications and Networking in China (ChinaCom2012), August 8–10, 2012, Kunming, China

[19] Jiajia Liu, Juntao Gao, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Probing-Based Two-Hop Relay with Limited Packet Redundancy, IEEE Conference on High Performance Switching and Routing 2012 (HPSR 2012), June 24 - 27, 2012, Belgrade, Serbia

[20] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Delivery Ratio in Two-Hop Relay MANETs with Limited Message Lifetime and Redundancy, 2012 IEEE International Conference on Communications (IEEE ICC 2012), 10-15 June 2012, Ottawa, Canada

[21] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Capacity vs. Delivery Delay in MANETs with Power Control and f -cast Relay,

ICC 2012, 10-15 June 2012, Ottawa, Canada

[22] Jinxiao Zhu, Osamu Takahashi, Xiaohong Jiang, Yoshitaka Nakamura and Yoh Shiraishi, Outage Secrecy Capacity Over Correlated Fading Channels at High SNR, Sixth International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU 2012), May 23-25, 2012, Okinawa, Japan.

[23] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama, Nei Kato and Xuemin Shen, End-to-End Delay in Mobile Ad Hoc Networks with Generalized Transmission Range and Limited Packet Redundancy, 2012 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Paris, France, 1-4 April 2012.

[24] J.Liu, Xiaohong Jiang, H.Nishiyama and N.Kato, Exact Throughput Capacity under Power Control in Mobile Ad Hoc Networks, 31st Annual IEEE International Conference on Computer Communications (IEEE INFOCOM 2012), Mar.25-30, 2012, Florida, USA

[25] Jiajia Liu, Xiaohong Jiang, Hiroki Nishiyama and Nei Kato, Multicast Capacity, Delay and Delay Jitter in Intermittently Connected Mobile Networks, IEEE INFOCOM 2012, Mar.25-30, 2012, Florida, USA

6 . 研究組織

(1)研究代表者

姜 曉鴻 (JIANG Xiaohong)
公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授
研究者番号：00345654

(2)研究分担者

福士 将 (FUKUSHI Masaru)
山口大学・理工学研究科・准教授
研究者番号：50345659

(3)研究分担者

高橋 修 (TAKAHASHI Osamu)
公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授
研究者番号：60381282