

氏名	<b>山 村 新 也</b>		
学位の種類	博 士 (情報工学)		
学位記番号	情工博甲第278号		
学位授与の日付	平成25年 3月25日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	Studies on Store-Carry-Forward Communications Achieving the Global Information Logistics Infrastructure (大域情報流通基盤を実現する蓄積運搬形通信に関する研究)		
論文審査委員	主 査	教 授	鶴 正 人
		”	阿留多伎 明良
		”	田 中 和 博
		准教授	藤 原 暁 宏
		”	堀 良 彰 (九州大学)

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、ネットワーク・インフラを利用した大量の情報の収集・交換を前提とする、ビッグデータや Machine to Machine (M2M) が脚光をあびている。コア網では、高速、大容量なデータ転送、処理技術が要求される。一方、アクセス網においては、大量の情報転送を単一の無線網でサポートすることは困難であり、様々な特性を持つ無線網を導入し、状況により選択、連携していくことが重要になる。

蓄積運搬形通信は、中継ノード間の非同期な通信と中継ノードの物理的移動に基づく情報伝達・共有方式であり、通信速度や、通信範囲が異なる異種無線網間を効率的に連携するために有用な技術である。また近年、世界各地で発生している大規模な自然災害を教訓に、常時接続性を前提としない非同期形の通信インフラの研究が進められている。しかし、多くの研究は、蓄積運搬形通信の方式自体を対象としており、アプリケーションが許容可能な通信遅延と通信コストのトレードオフを設計・制御可能なフレームワークについては、ほとんど検討されていなかった。

そこで、本研究では、これからのインターネットに要求される多様な環境・要件での膨大な情報流通を高い経済性・柔軟性・耐障害（耐災害）性を有して実現するために、車等の交通網を活用する「蓄積運搬形通信」による情報伝達に着目し、それを組み込んだ「大域情報流通基盤」の枠組みを論じ、その実用化に向けた課題に取り組んだ。まず、蓄積運搬形通信を用いる場合のメッセージ到達の確実性や遅延時間の低減のために、既存の通信ネットワーク・インフラとの連携に関するアーキテクチャや転送制御方式を研究し、シミュレーション評価を行った。また、それらの方式の試作を行い、大域情報流通基盤での利

用を想定したアプリケーション運用のフィールド実験を行なった。更に、M2Mでの利用シナリオを想定し、異種の通信ネットワーク・インフラの連携時における蓄積運搬形通信の適用を検討し、提案手法をシミュレーションによって評価した。これらを通じて、蓄積運搬形通信に基づく大域情報流通基盤の可能性を示し、その実用化を目指した適用領域の検討に寄与した。

以下、本論文の構成に従って、概要を説明する。第1章では、大域情報流通基盤の実現において解決すべき課題と要求事項を整理する。また、蓄積運搬形通信の一般的な課題についても述べる。

第2章では、本研究の技術的な背景となる Delay Tolerant Networking (DTN) 技術について述べる。

第3章では、コア網接続ノードとコア網非接続ノードとを連携し、蓄積運搬形通信が適用される範囲を限定することで、非リアルタイムな大容量データの転送を低コストで実現する仮想セグメントアーキテクチャを提案する。仮想セグメントの適用効果について様々な条件でのシミュレーションを行い、仮想セグメントを適用しない場合に比べて、遅延時間や蓄積運搬形通信で利用されるデータのバッファ量の削減に著しい効果があることを確認した。仮想セグメントの有効性の確認を受け、具体的な実装上の課題の研究を進め、仮想セグメントを疑似するシミュレータを開発し、仮想セグメント内で適用するデータ送信スケジューリングについて比較評価し、仮想セグメントに適したスケジューリングアルゴリズムを得た。

第4章では、動作検証のために作成したプロトタイプ実装によるフィールド実験（2009年低炭素社会実験）について論じる。この実証実験により、実際に仮想セグメントを用いてアプリケーションが実用的に適用可能であることを確認した。実証実験を通じて、大域情報流通基盤をシミュレートするための基礎データの収集を行った。収集したデータを入力として利用できるシミュレータを作成し、それを用いて、仮想セグメントで適用するルーチングアルゴリズムの比較評価を行い、シミュレータの有効性を確認した。

第5章では、M2Mへの適用事例のケーススタディとして、3G回線を備えたモバイルノードによるセンサデータの回収に蓄積運搬形通信を適用する場合を検討する。シミュレーションの結果、M2Mにおいて、エンドツーエンドの制御と、蓄積運搬型通信を組み合わせたハイブリッド型の制御が、遅延時間とコストを勘案した場合、最も効率が良いことを確認した。

第6章では、大域情報流通基盤のコンセプトを説明し、その実用化や運用への課題抽出を目指し、約3カ月にわたりデータ収集を行ったフィールド実験について論じる。また、大規模な自然災害によりネットワーク・インフラが損壊した場合には、通信機能を縮退しながらも通信サービスを提供することで、災害時ネットワークとしても機能するトラスタブルネットワークについても論じた。

最後に、第7章において、本論文を総括する。

## 学位論文審査の結果の要旨

これからのインターネットに要求される多様な環境での膨大な情報流通を高い経済性・柔軟性・耐障害（耐災害）性を有して実現するためには、様々な社会インフラ上に異なる特性を持つ情報伝達の仕組みを導入し、状況により選択し、有機的に連携していくことが重要になる。そこで、本研究では、車等の交通網を活用する「蓄積運搬形通信」による非同期形の情報伝達に着目し、それを組み込んだ「大域情報流通基盤」の枠組みを論じ、その実用化に向け、蓄積運搬形通信に関する課題の解決に取り組んだ。特に、非リアルタイムな大容量データの転送を低コストで実現する仮想セグメントアーキテクチャを提案し、クルマの動きも反映した詳細なシミュレーションによって評価分析した。さらに、IRTF DTNRG で標準化されたバンドル層プロトコル等に基づく中継ノードを試作し、バス等を用いたフィールド実験を長期間に渡って行い、それらを通じて蓄積運搬形通信に基づく大域情報流通基盤の可能性を示し、その適用領域の明確化に寄与したことは大きな意義がある。

本論文に関し、調査委員から、M2M 通信が既存インターネットに与える影響、仮想セグメントでのアドレッシングのモバイル IP 等との違い、仮想セグメントの評価におけるノード密度の意味、バス実験における通信占有時間の解釈、コストの評価の方法や意味、などについて質問がなされたが、いずれも著者から明確な回答が得られた。また、公聴会における出席者からの質問に対しても、著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（情報工学）の学位に十分値するものであると判断した。