

DTNによるモバイルデータ3Dオフローディングの提案

西岡哲朗[†] 木谷友哉[‡] 太田剛[‡] 峰野博史[‡]

[†] 静岡大学 情報学部 [‡] 静岡大学 大学院情報学研究科

1 はじめに

昨今の著しいスマートフォンの普及によりモバイルデータ通信の負荷が急激に増加している。実際、モバイルデータ通信量は1年間に7割も増加しているという報告[1]がある。携帯電話キャリアはモバイルデータ通信負荷の削減(モバイルデータオフローディング)を行うため、WiFiアクセスポイント(Wi-Fi AP)を公共施設などに設置している一方、Wi-Fi AP一台あたりの接続可能範囲が狭くオフローディング範囲が限られているという課題がある。

以上の課題を解決するための手段としてデバイス間通信がある。しかしスマートフォンなど移動するデバイス同士が通信する場合は接続を維持しづらいという課題がある。そこでデバイス間通信のような劣悪な通信環境に耐えられる、遅延耐性通信(DTN: Delay Tolerant Network)の研究が活発に行われている。DTNはデバイスがデータを一時的に蓄積することで、隔絶されたネットワーク同士の通信が可能である。以上のように、DTNを用いればリアルタイム性が不要なデータに対してはモバイルデータ通信を使用せずに通信を行うことができる。

本稿では特に、移動の予測がしやすい自動車に注目し、スマートフォンをカーナビゲーションシステムとして車載するような将来を想定し、移動予測を考慮したDTNルーティング手法と、DTNを用いて時間、空間、通信路の3つの方向からモバイルデータ通信量を削減、または分散するモバイルデータ3Dオフローディング手法を提案する。

2 関連研究

2.1 モバイルデータオフローディング

文献[2]では、バスなどの運行スケジュールが定められた公共交通機関を用いたデータオフローディング手法が提案されている。ユーザは大容量なデータをバス停に設置された端末に転送しておき、バスがバス停に停車している時間帯を用いてバス停からバスへデータが転送される。更にその後、バス停がターミナルへ到着すると、バスからターミナルを介してインターネットへデータが送信される。評価の結果、バス停1つあたり約180GBのデータをオフローディングすることができ、バス停が10台あった場合は222Mbpsのスループットを実現するなど、3GやLTE回線よりも高い伝送能力を実現している。

2.2 DTNルーティングプロトコル

2.2.1 概要

DTNは通信データのうち、リアルタイム性を求められていないデータを移動するノードが中継して宛先まで到達させることが想定されている。移動するノードには様々な種類

があるが、特に車のような輸送機器を使ったものはVANET (Vehicular Adhoc Network) という。VANETのルーティングプロトコルにはデータを確率的に他ノードへ拡散する手法の他に、道路上を進む車の移動特性を考慮した移動予定経路情報を用いるルーティングプロトコルがある。

2.2.2 GeoDTN+Nav

GeoDTN+Nav[3]は、ネットワーク構造を元にデータの送信手法を切り替えるルーティング手法である。具体的には各ノードの移動方向、位置情報、データのホップ数から、送信手法を切り替えてデータ送信を行う。通常時はデータの宛先ノードにより近いノードへデータを送信する。自ノードより宛先ノードへ近い周辺ノードが見つけれなくなる状態(LocalMaximum)になると送信モードはPerimeter手法となり自ノードがネットワークから分断されていないかをデータのホップ数や周辺ノードの位置情報から判断する。分断されている場合はDTN手法に移行して適切な周辺ノードが現れるまで送信を待機する。ネットワーク構造に適切な通信を行うことにより、GeoOppsよりもデータ到達率などの面で優れている一方、近隣ノードの移動予定経路情報しか考慮していないため、複数ホップ先の移動を考慮することが出来ない。

3 モバイルデータ3Dオフローディング

3.1 目的

モバイルデータ通信量を削減、または分散するための手段として、本稿では、自動車の移動性とDTNを利用して時間、空間、そして通信路という3つの方向からオフローディングを行うモバイルデータ3Dオフローディング手法を提案する。また車載されたデバイス同士のDTN通信手法として、カーナビから得られる移動予定経路情報を活用したルーティングも提案する。本提案手法は、車載デバイスやデータを扱うサーバに実装され、データ中継ノードの選択や、通信時刻の制御を行う。モバイルデータ3Dオフローディングの全体像を図1に示す。

3.2 移動予測に基づいたDTNルーティング手法

本稿が提案するDTNルーティング手法はデバイス同士が遭遇する際に、デバイス間通信にてデータを送受信する手法である。デバイスの移動、デバイス同士の遭遇、そしてデータの送受信を繰り返すことにより、宛先までモバイルデータ通信を用いないデータ送信を行うことができる。よって、どのデバイスにデータを送受信するかを決定するルーティング手法によっては、データが宛先に到着できる確率、宛先に到着するまでにかかる時間などが著しく異なる。提案する移動予測に基づいたDTNルーティング手法

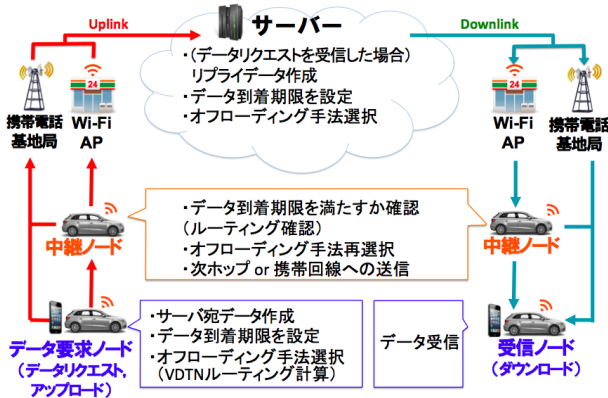


図 1: モバイルデータ 3D オフローディングの全体像

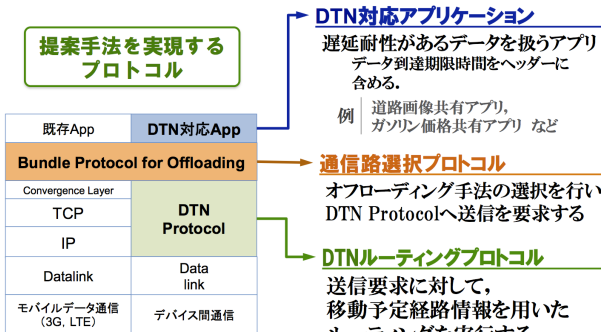


図 2: 提案するプロトコルスタック

では各デバイスがそれぞれの移動予定経路情報を共有し、グラフ理論を用いて移動予定経路情報を元に宛先までの最短経路をあらかじめ導出することでルーティングを試みる。

3.3 Bundle Protocol for offloading

オフローディング手法を行うレイヤー（以下、Bundle Protocol for offloading）では、データに合った通信手段を選択する。このとき通信路の選択、すなわち 3G や LTE といったモバイルデータ通信、またはデバイス間通信のどちらを用いるのかも決定される。リアルタイムな通信を必要とする場合はモバイルデータ通信を使用するが、アプリケーションが Bundle Protocol for offloading の存在を認識しており、データがリアルタイム性を要求しない場合はデバイス間通信を使用する。デバイス間通信を用いて通信する場合は、DTN ルーティングを行うレイヤー（以下、DTN プロトコル）において経路探索が実行され、探索された経路に基づいて送信される。プロトコルスタックを図 2 に示す。

3.4 オフローディング手法

3.4.1 時間的オフローディング

自ノードの移動が少なく他ノードとの遭遇がない場合、携帯電話基地局の負荷状況に応じてデータの送信時刻を遅延させる。送信時刻を遅延させることで、携帯電話基地局のピーク時の負荷を低減することができる。ただしデータ到達期限時間 (DD: Delivery Deadline) を超過しなければオフローディングを実行できない場合は、DD 内のデータ到達を優先するため従来通り遅延させずに送信する。

3.4.2 空間的オフローディング

自ノードが移動しているが Wi-Fi AP までの経路が存在しない場合、負荷が低い他の携帯電話基地局へ分散させる。

つまり送信するデータの DD 期限内に、自ノードが他の携帯電話基地局エリア内へ移動する場合は、他の携帯電話基地局エリアを宛先として DTN を使用することで、局地的な携帯電話基地局への負荷集中を防ぐことができる。ただし DD までに他の携帯電話基地局エリアに到達出来ないデータは、モバイルデータ通信を用いてその場で送信する。

3.4.3 通信路的オフローディング

自ノードから Wi-Fi AP までの経路が存在する場合は、最寄りの Wi-Fi AP を経由したデータ通信を行う。自ノードと Wi-Fi AP の間を結ぶ通信路として DTN を用いることで既存の Wi-Fi AP によるモバイルデータオフローディングの範囲を拡張し、モバイルデータ通信量を削減する。ただし DTN で DD までに宛先に到達できないデータは、モバイルデータ通信を用いて送信する。

3.5 オフローディング手法選択アルゴリズム

3.4.1 節から 3.4.3 節にかけて示した全てのオフローディングが使用できるわけではない。例えば、通信路的オフローディングはデータ生成ノードから Wi-Fi AP までの経路が存在しなければ実行できない一方で時間的オフローディングは中継ノードとの遭遇が無くても実行できるなど、各オフローディング手法によって求められる条件は異なる。通信路的オフローディングによってデータ送信する際、DTN プロトコルで Wi-Fi AP への送信経路が求められない場合は、より制約が緩い空間的オフローディングを実行するなど、宛先までの経路探索の結果に基づいて、オフローディング手法を変更する。

4 まとめ

本稿では DTN を用いて時間、空間、通信路の 3 つの方向からモバイルデータ通信量を削減、または分散するモバイルデータ 3D オフローディング手法と、移動予測を考慮した DTN ルーティング手法を提案した。提案した DTN ルーティング手法では移動予定経路情報元にルーティングを行うことから、予め設定された移動予定経路情報に従って動く自律運転などを備えた車両の場合は提案手法が現実的に有効であると考えられる。また歩行者や自転車などの二輪車の移動予測も可能となれば、本提案手法の適用範囲を更に広げることができるなど、拡張性も高い。今後はシミュレータへ本提案手法の実装を進め、評価を行う方針である。

参考文献

- [1] Cisco Systems, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2010-2015," (2011).
- [2] 梶原 茂, 他, "輸送機関網へのデータオフローディングにおける遅延許容可能データのためのデータ配送スケジューリング," 情報処理学会 DICOMO 2013, pp. 887-895 (2013).
- [3] P.-C. Cheng, et al., "GeoDTN+Nav: A Hybrid Geographic and DTN Routing with Navigation Assistance in Urban Vehicular Networks," Mobile Networks and Applications, Vol.15(1), pp.61-82, (2010).
- [4] 西岡哲朗, 他, "VANET を用いたモバイルデータ 3D オフローディングの提案," 情報処理学会 第 157 回 DPS 研究会, (2013).