

車載スマートフォンにおけるプローブデータのモデル化と圧縮方式

柿澤浩仁^{1,a)}

清原良三^{2,}

スマートフォンの普及により、無料で利用できる通信機能を活用したカーナビゲーションシステムとしての利用が爆発的に増えることが想定される。即ち、携帯電話網を活用したテレマティクスサービスが爆発的に普及する。現在は通信費を気にせずに利用できる定額制が導入されているが、今後従量制なることも想定されるテレマティクスサービスにおいてはアップリンク、ダウンリンクともに大量のデータ送受信が行われる。コスト面を考えた場合、ユーザ、キャリア、サービス提供者のいずれかの負担が大きくなるため、これらのデータ通信量を如何に減らすかが重要な課題となる。通信回線に余裕があるときにはそれほどデータサイズを気にする必要はないが、多数のスマートフォン利用者が集中してデータ通信を行った場合に本研究の圧縮アルゴリズムに有用性があると評価できる。以前アップリンクのデータ通信に着目し、その際の packets 量の削減方式を提案した。本論文では以前の提案済み方式を改良し実測値を用いて評価したものを提案する。

1. はじめに

テレマティクスサービスは ITS の概念の一部と考えることができる。実用化されたテレマティクスサービスにはトヨタ社の G-BOOK¹⁾や日産社のカーウィングス²⁾やホンダ社のインターナビ³⁾他⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾などがある。普段の生活で使用しているスマートフォン上で通信機能を活用したナビゲーションサービスが無料で利用できるアプリの登場により、テレマティクスサービスが爆発的に普及すると想定される。

テレマティクスサービスは車載機器からの情報を携帯電話網を経由してテレマティクスプロバイダ (TSP) に集める。各種情報を TSP が加工し、逆に各車載機器に情報を配布するサービスである。従来のカーナビゲーションシステムでは地図情報などの更新には通信が必要となり月額使用料などユーザの負担になっていた。交通情報を地図上に表示するには、道路交通情報システム VICS⁸⁾から発信される交通情報を運転手が知ることによって渋滞が起きていない経路の選択を行い、円滑な走行を支援するものが多い。

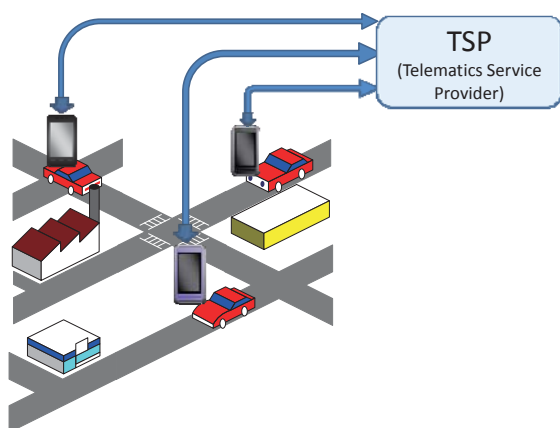


図 1 : テレマティクスサービス

しかし、VICS には路車間のインフラ整備が必要なのでコスト的な問題があり、すべての道路で利用できるわけではない。

従来の携帯電話網を利用する形態のテレマティクスサービスでは多くの場合、通信費の費用負担が発生することもあり、あまり普及は進んでいなかった。

スマートフォンの場合、普段使う携帯電話の通信費が定額制であり、地図データは常に最新版に更新され、電波の入るエリア内では常にサーバと通信できる利点がある。そのため、ユーザはコストを気にすることなく、最新の情報を得られるため、爆発的普及が想定される。それらの普及を助長させるものとしてテレマティクス端末に接続し操作性の向上させる”DisplayAudio”などの商品の登場がある。

カーナビゲーションシステムは大きく分けて3つのモデルがある。車両の出荷時から組み込まれている組み込み型タイプ、車両の購入後にユーザが自ら取り付ける後付け通信型カーナビタイプ、スマートフォンにアプリをインストールしてカーナビゲーションとして利用するタイプがある。今後スマートフォンをカーナビゲーションシステムとして使うタイプのモデルが主流になると考えている。従来の通信型カーナビゲーションシステムと比較してスマートフォンタイプのカーナビゲーションシステムは車両からのセンサ情報を受け取ることが難しく、今後交通情報としての精度を高めるために車両からのセンサ情報が容易にスマートフォンでも処理できるようにすることも課題の1つである。

また、現在はスマートフォンの通信は定額制になっているが今後従量制になる可能性もある。ユーザ側の負担を減らすためにもデータ量の削減は今後の大きな課題である。

そこで本論文では以前提案した渋滞時に生じる通信トラフィックの増加を軽減するためのデータ量削減する方式⁹⁾をシミュレーションによって評価したものを改良し新たな方式を提案する。さらに実測値の収集を行い新規提案方式の評価、有用性を示す。

1 神奈川工科大学大学院
Graduate School of Kanagawa Institute of Technology
2 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology
a) s1485010@cce.kanagawa-it.ac.jp

2. プローブデータ

2.1 プロブデータ収集モデル

テレマティクスサービスを実現するための各車両のプロブデータ情報を収集し、アップロードするモデルタイプは大きく以下に示す3種類に分けられる。

- ① あらかじめ車両の出荷時点からカーナビとして取り付けるタイプ
- ② カーディーラーやユーザ自身が購入してカーナビとして取り付ける通信型カーナビゲーションタイプ
- ③ スマートフォンにテレマティクス対応のソフトウェアをインストールして実行するスマートフォンタイプ

これらの機器を以下に整理する

(1) 組み込み型タイプ

例えば Controller Area Network(CAN)のような車載ネットワークに接続し、車両に搭載された Electronic Control Unit (ECU)の状態の情報や、車載ネットワーク上を流れる情報を収集し、自動車制御、GPS 衛星、カスタマ・サービスセンタと通信を行ってドライバにテレマティクス機能を提供する Telematics Control Unit(TCU)を経由して TSP に送信される。通信費はユーザ負担の場合と、カーメーカや TSP 負担の場合があるが、カーメーカや TSP 負担の場合は、制約があることが多い。自身の携帯電話を経由する場合は、その携帯電話を利用する場合とは別に定額を支払うことが多い。これらの車載ネットワークから情報を収集することにより、滑り止め防止装置の作動状況から路面の状況を推測するなど様々なサービスが考えられる。

(2) 後付け通信型カーナビタイプ

多くの後付け通信型カーナビタイプの場合は車載ネットワークに接続せずに車両の情報を送るタイプである。車載ネットワークに接続しないため、車両の情報が取得できず、車両に搭載したアンテナを利用できないことも多い。すなわち送信するデータ量は少ないと考える。通信費用は、組み込み型機器と同じである。また、車載ネットワークと接続する場合もある。この場合は組み込み型機器タイプとまったく同じである。

(3) スマートフォンタイプ

無料でアプリが提供される場合も多く、常に通信をして地図などを表示する。そのため、通信量は多い。しかしながら、通信費用はユーザの契約する携帯電話の通信費になるため、普段から携帯電話を使ってデータ通信を行うユーザにとっては無料で使えるに等しい。また、車載ネットワークに接続できる場合もある。

この中でもスマートフォンタイプは、MirrorLink¹⁶⁾ や Miracast¹⁷⁾ といったプロトコルを用い、"Display Audio" とスマートフォンと接続することで従来のカーナビゲーションシステムとなんら変わらないナビゲーションサービスを

受けることができる。それだけでなくスマートフォンに専用アプリをインストールすることで twitter のタイムラインや FaceBook の確認を行ったり、保存されている音楽ファイルを再生することも可能である。また、Display Audio は車載機器あらかじめ接続されれば、従来の出荷前の組み込み型と同等の機能の実現も期待できる。

即ち、スマートフォンモデルが主になっても組み込み型の機種と同様の情報がアップリンクを経由してサーバにアップロードされる場合を想定しておく必要がある。

プローブデータ特性 車載ネットワークに接続するタイプと接続しないタイプがあるが、当初は接続しないものが普及すると考えるが、取得できる情報にかなりの差があるため、将来的にはクレイドル経由で車載ネットワークに安全に接続可能になることも考慮すべきと考え、これら双方の場合を想定してデータ削減方式を検討するため、実際に携帯端末、及び車載ネットワークと接続して習得できるデータにはどのようなものがあるのか ZMP 社の「OBDII/CAN-B」を用いて調べた。

2.2 プロブデータ特性

プローブデータはその特性に応じて、以下の3種類に分類できる。表1でトヨタ社の AQUA で収集できるデータをまとめた。

- (1) プロブデータ収集間隔時間ごとに变化しやすい情報。例として、速度、位置情報、回転数、ブレーキング情報などがこれにあたる。
- (2) プロブデータ収集時間間隔に比べ、変化が少ない情報。例えば、ワイパー動作情報、温度センサ情報、ガソリン残量メータ等がこれにあたる。
- (3) 基本的には決まったデータを示すだけで、異常な場合だけ情報が変わる情報。例として ABS の作動情報やエアバックの作動情報である。

ほとんどのデータは、はじめの一回をすべての項目の初回設定データを送ることとなる。しかし、すべて毎秒変化するものではないため、初回設定データから変化があった項目のみのデータ差分を送ればよいと考えている。

プローブデータ収集時間間隔ごとに变化しやすい情報はその前の状態との差分で表現する。例えば、位置情報の中でも経度の情報を考える。経度の情報は、テレマティクスサービスにとって必要とされる位置精度が、道路の車線を区別できる程度であるとする、数 10cm 程度ということができる。この場合、経度の差は赤道上を仮定し、地球の赤道上の周囲を 40000km とした場合において、経度の 1/256 秒あたりの距離が 12cm 程度であることから 1/256 秒の精度が必要である。すなわち、バイト単位で考えると 4 バイトは必要であることがわかる。

2.3 極小データのオーバーヘッド

プローブデータは最少構成であればただか 32 バイトのデータが一定時間分あるだけであり、携帯電話網のパケッ

トサイズ、またデータの付加されるオーバーヘッドなどの関係でデータ量削減で効果があるかどうか微妙である。

以下、一定時間間隔でセンシングされるデータで構成される情報をレコードと呼ぶ。レコードは例えば時刻、一条情報、速度といったからなる。携帯電話のネットワークを利用して伝送されるデータをプローブデータとよび、プローブデータは複数のレコードで構成される。ここで、 P をプローブデータのサイズ (バイト) とし、 $r(t)$ を時刻 t におけるレコードのサイズ (バイト) とする。また、 T をレコード数とすると、以下の式(1)が成立する。

$$P = \sum_{t=0}^T r(t) \quad \dots (1)$$

例えば、プローブデータ収集時間ごとに変化しやすいデータをこのフォーマットであてはめ、5分間のデータを収集した場合で、時間間隔を1秒、プローブデータを5分ごとに送信とした場合、5分=300秒、即ちプローブデータレコード300で構成される。

また、1秒間に収集されるデータは速度・緯度・経度とし、各4Byteの計12Byteとする。

しかし、初回データは車体データや認証データを含むため多めに枠をとり32Byteとする。

つまり299秒(収集時間)×12Byte(データ量)+32Byte(初期データ)となる。

よって、5分間に送られるデータの数

$$P = 3620$$

となる。

ここで、第3世代携帯電話以降で一般的に使われるTCP/IPを利用した通信であることを前提に考える。カーナビシステムへの使用だけでなくその他の使用用途も考え、送信するデータは欠損すべきでなく、信頼性が必要であるとともに、リアルタイム性も必要であるが、リアルタイム性に関しては分のオーダー程度であるため、TCP/IPが適切であると考えられる。

ここにTCPヘッダー(20Byte)、IPヘッダー(20Byte)、MACフレーム(14byte+FCS 4Byte)を加えると

$$P = 3620 + 58 = 3678$$

このデータをパケット(128Byte)として分解していくと

$$\frac{3678}{128} = 28.7..$$

28.7パケット=29パケットとなる。

3678Byte(29パケット)を仮に3584Byteまで圧縮(約4%圧縮)することができれば5分間におくるデータ量を1パケット減らすことができる。

3. 関連研究

3.1 提案済み方式1

特性ごとに3つに分類されたデータやそれぞれに応じた情報圧縮方式である。

- ① プローブ収集時間ごとに変化しやすい情報
- ② プローブ収集時間間隔に比べ、変化の少ない情報
- ③ 基本的には決まったデータを示すだけで、異常な場合だけ情報が変わる情報

①前回の収集時との差分表現された速度・位置情報などを送信する。②にあたる部分デフォルト値あるいは以前の状態と変わった時のみ情報を示すIDとともに送信する。たとえば、ワイパーは動作していないことがデフォルト値であり、温度は20℃をデフォルト値にしておく。そうすることにより、最初の1回は多くの場合、全情報をIDとともに送信することとなるが、それ以外の時は送信しないことによりデータ量削減につながる。また、③のデータは基本的にその状態が発生した場合に①、②のデータとは非同期に通信すべきもので、差分などで表現するものではないとする。

3.2 差分データ整理

位置情報に関しては固定長のデータ幅1バイトあれば十分と述べているが[17]、実際には1バイトも必要のない情報もある。例えば、速度情報では渋滞時にはあまり速度変化がなく、3ビットから4ビット程度で差分を表現することができると考える。仮に1バイトの速度情報が必要な場合はかなりの速度を出さないと1バイトも必要がないので、このような条件時は車両の台数も少ないはずで、各車両からあげられるプローブデータのデータサイズが多少大きくても通信路に対する負荷が少なくと予想されるため、データサイズをあまり気にせずにアップロードすることができる。

各項目1バイトのデータ幅で送る場合のデータフォーマットを考案した

初回0秒は差分表現することができないのでそのまま送信する。

初回データ(16byte)+1秒(4byte)+...etc

の様なかたちで表現される。差分の平均値から算出した適切なデータ幅で送る場合は、停車時などでは位置情報や速度に変化はなく、その場合は1ビットの継続情報を付加することで情報圧縮につながると考えた。その場合は、位置情報4ビット+付加情報1ビット+速度4ビット+付加情報1ビット+車両情報(可変長)というようなレコードとなる。

このフォーマットは1分間のデータ量が非圧縮時よりも約7割程度のデータ圧縮をすることができ、4ビットのデータ幅で圧縮した場合は1分間のデータ量が非圧縮時よりも約8割程度圧縮することができることがわかっている。

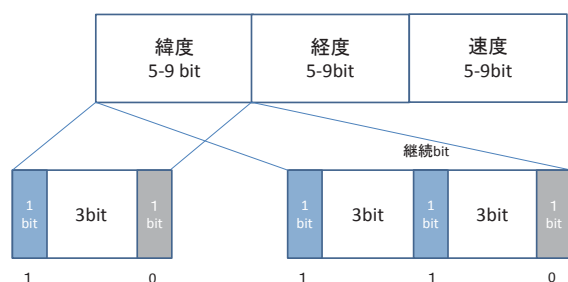


図3：可変長のデータフォーマット

3.3 提案済み方式2

前述の提案済み方式や本論文の提案方式を前提としてマップマッチングやスムージングを行うことでさらなるデータ圧縮を行う手法がある。¹⁹⁾

① マップマッチング

差分表現で検出された大きな誤差をマップマッチングによって修正することでさらに圧縮を行える

② スムージング

差分表現という特性上、小さなブレが発生し続けることでデータ量が大きくなってしまふ。しかし、これは道路上で発生するレベルの誤差なのでマップマッチングでは判断することが困難である。

また、地図アプリを起動しておらずマップマッチングが行えない場合もある。さらに進行方向のブレの場合、位置は道路上に存在するためマップマッチングの効果はない。そこでブレを判断し、スムージングすることでデータの誤差を減らし、データの圧縮に繋げる。今回の提案手法では位置情報を、符号ビットを含めた3ビットで表現するので、差分が0の時、1~3の時、4以上の時では、サイズが異なる。

例えば差分が「+1→+1→+4→+1→+1」の様に4以上に突出していれば、スムージングをかけて「+1→+2→+3→+2→+1」とすることで、データの圧縮が可能である。

③ 停止時

上記のスムージングの一部として、停車している時の判断がある。信号待ちや渋滞で停車している時にも位置情報を取得するが、電波等の周囲の状況やわずかながらのブレが発生する。

すると、混雑時、特にデータ量を減らせる差分表現の有効性が薄れてしまふ。そのため、停車時の判断を行う。これは速度情報や、加速度情報から判断することが可能である。

①、②の手法を用いた場合圧縮のポイントを差分が0である、またできるだけ継続 Bit を使用しないなどの-3~3 Bit で抑えることに重点を置いている。

しかし、これは送信する際にはデータは既に不可逆なものになっておりデータ使用用途が限られてしまふ。また、地図情報の更新がなかった場合マップマッチングは行えない場合も考えられる。スムージングに関しては差分データが大きく変わるためデータの正確性も失われてしまふ。今後様々な使用用途が出るプローブデータに関しては可逆性は必須であると考えため、本研究では多少データが大きくなっても可変長のデータフォーマットで対応するものとする。

4. 提案方式

従来方式の改良案として今回はさらにデータの長さ情報フィールドを含まない可変長のフィールドを有する新たなデータフォーマットを提案する。

図3はこのデータフォーマットを表す図である。

情報それぞれは5~9bit 以上で表され、最上位 bit(MSB)は1で開始される、

図3の最初の MSB の1は緯度フィールドの開始を表す。緯度は最上位ビット1 緯度情報3bit 終末を表す0 (1bit)の計5bit で表される。情報が3bit 以上となる場合連続フィールドを表す1がMSBに入ることとなる。MSBが0の場合そのフィールドは次のフィールドを表し、図3では経度情報になる。

図3で扱っているデータはスマートフォンでの収集が可能な位置情報（緯度情報・経度情報）と加速度から算出される速度情報である。

データの圧縮に関し、移動距離が大きくなると、速度が出る場合は圧縮率が1かそれ以上になることも考えられるがその場合はデータをアップロードする車が少ないため、多少データ量が大きくなっても問題ないとする。その為この圧縮方式は渋滞時など、通信エリア内の車両密度が高い場合に大きな効果を発揮することを想定している。また、このフォーマットであれば可逆性を持つことができる。様々な使用用途に対応することができる。

5. 実験

5.1 実測値を用いた実験

差分圧縮を行うデータに関して、実際に走行している車両に携帯端末を搭載してデータの収集を行った。

位置情報の緯度情報について、精度に関しては、最低でも数メートル単位までの誤差範囲であればマップマッチングに影響が出ないとして一桁メートルまでの精度を必要とする。

地球の周囲（赤道上）を4万kmとした場合

緯度の最大値を 360°

1 度につき $111.1111\dots\text{km}$

1 分につき ($/60$) $1.851\dots\text{km}$

1 秒につき ($/60$) $0.0308\dots\text{km}$

30.8m の差

0.1 秒につき ($/10$) 3.08m

の差、と考え最低でも 10 分の 1 秒まで表記すれば十分とする。

最大値は $360 \times 36000 = 12960000$

24bit 3byte 必要である

また、同様に経度情報に関しても同様に扱い 1/10 秒まで使用する。図 4 は 1 秒ごとにデータを収集し提案方式で送信を行う 5 分間分 (250 秒) の位置情報の差分表現をグラフ化したものである。

初回データは差分圧縮できないためそのままのものを送ることになるが、差分表現後のデータは表のようにほとんどの場合符号 bit を付け足しても 3 bit ~ 6 bit 以内に表現できるため十分な圧縮が見込める。

差分をグラフにするとわかりやすく出てくるが、一部大きな変化が出る。ビルなどの大きな建物の間に挟まれた道などで位置情報が大きくずれることがあり、差分も大きくなってしまう場合がある。多少データ量が増加するが、その後の情報によりマップマッチングへの影響はなくせると考える。だが別の方法として大きな変化があった場合足切をして影響を減らせると考える。

また、端末のセンサーの精度に個体差がどこまで出のかを検証するため大学構内で計測した。図 5、6 はスマートフォン Docomo "GALAXYS III SC-03E" を 2 台用いて計測した 2 分間分の位置情報のグラフである。

(縦軸が 1/10 で表現された緯度経度情報、横軸が計測秒数)

どちらの端末も最初の 10 秒 ~ 20 秒ほどの間ぶれがあるがその後安定した位置の情報を出している。しかしながら横に並べ観測したにもかかわらず二つの端末の位置情報のずれが大きい部分が出てきた。これは個体差もあるが、スマートフォン端末の精度の問題なのではないかと考える。また、今回の実験では端末は Wi-Fi 通信のみ可能であり、SIM を挿入していないため基地局通信を使つての AGPS の利用ができなかったのもずれが生じた原因の一つであると考えられる。

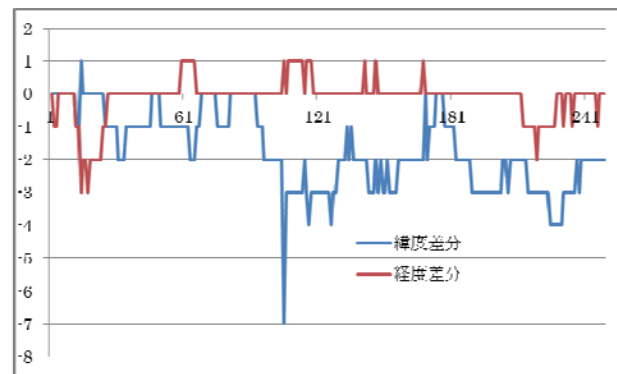


図 4：緯度・経度の差分グラフ

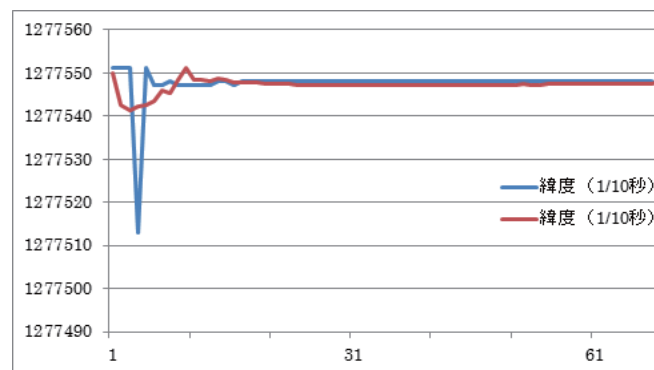


図 5：緯度差分

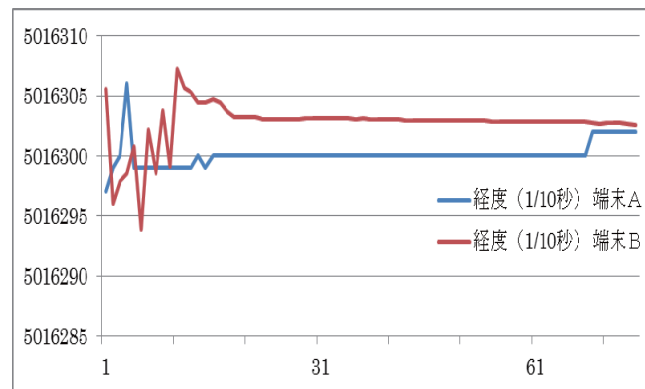


図 6：緯度差分

6. 評価

6.1 前提条件

提案方式はスマートフォンを持っている車の密度にもとづいており、

$n = 1$ エリア内における車両の総数

$d = 1$ エリア内における車両の密度

$PaS(i)$ = 各車両のプロープデータのサイズ

とした場合プロープデータの総量 $PdTotalSize$ を③のように示せる。

$$PdTotalSize = \sum_i PaS(i) \quad \dots \text{③}$$

車両密度についての特徴を以下の2つ上げる

(1) 1 エリア内における車両密度が高い場合

d が大きい場合そこには多くの車両がある、つまり n が非常におおくなる。それは道路は混雑状況であり、エリア内の車両の移動する距離は小さい。したがってアップロードされるデータ量は多く $PdTotalSize$ を小さくする必要がある。

(2) 1 エリア内における車両密度が低い場合

d が小さい場合、エリア内の車両は少なく n も非常に小さい。つまり道路は混んでおらず1 エリア内での車両の移動距離が大きい。この場合はアップロードされるデータ自体が少ないので多少データ量が大きくとも問題がないため $PdTotalSize$ を考慮する必要はない。

これらの方式はあくまで混雑時の通信トラフィックの増大を防ぐための提案であり、通常走行時、道が空いている場合は考慮していない。

6.2 評価

p = 平均圧縮率

パケットサイズ = 128 Byte

とした場合、 p の値を下記の数式④を用いて表すことができる。

$$p = \frac{PdTotal + 50}{128} \quad \dots \text{④}$$

式⑤は圧縮が128 Byte 以上のデータサイズを減らすべきであることを示す。

最低限有効である圧縮率とパケット数との関係を図7に示す。圧縮率はこの図に示す線よりも大きいものであれば提案方式は有用であることが示せる。

(1) 1 エリア内における車両密度が高い場合

プロープデータの種類が多い場合 $PdTotalSize$ の値は非常に大きくなる。多くの場合ほとんどのデータは前回の検出時と変更が少ないと考える。非圧縮時のデータ量が多いため、圧縮率は非常に高い。プロープデータの種類を限定した場合 $PdTotalSize$ は非常に小さくなる。たとえばレコードサイズを16Byteとし、プロープデータレコード300で構成（1秒間隔で収集、5分ごとに送信）する場合 $PdTotalSize$ は4800Byteである。明らかに128Byte以上（1パケット以上）の削減ができています。

(2) 1 エリア内における車両密度が低い場合

この場合、収集されたデータの多くが前回の検出時より変更が多いと想定される。したがって、提案方式では圧縮率

圧縮率

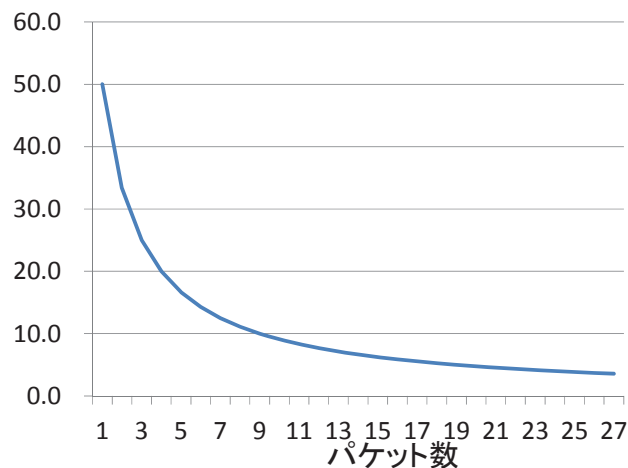


図7 パケット数に応じた有効な圧縮率

を1以上かそれを超える恐れがある。しかしエリア内の車両数が少ないということはアップロードされるデータ量自体も少ないためデータサイズを考慮する必要はないものと判断する。

よって提案方式の有用性は混雑時に十分あるものだと示すことができる。

7. 今後の課題

今回の実験で使用した端末は基地局通信を用いていなかったため、今後の研究には基地局通信の補正も加えたデータでの検証を行う。

携帯端末のGPSの精度が将来的に上がるものとした場合、精度に応じてデータ量も増えると考える。それに応じて地図情報のデータも詳細になる。マップマッチングのために位置情報として提供される緯度経度の秒にあたる部分をさらに細かく必要になる。

よって、今後扱わなければならないデータ量、データ幅が増えた場合提案方式では対応できなくなる恐れがある。データ幅が増えた場合のフォーマットの研究が必要であると考える。

スマートフォンで収集できるデータだけでなく将来ディスプレイオーディオ側で拾得し携帯端末から送信されるであろうデータの収集も行い提案方式で送信する場合の圧縮率の算出が必要である。

データ圧縮以外のトラフィック増大を防止する方法の検証として送信回数の制限についても考慮したい。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 25330119 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) G-Book: <http://g-book.com>
- 2) 日産カーウイング

- ス:<http://drive.nissan-carwings.com/WEB/index.htm>
- 3) インターナビ: <http://www.honda.co.jp/internavi/>
- 4) M. Maekawa, T. Fujita, A. Satou, and S. Kimura, "Usage of M2M Service Platform in ITS," NEC Technical Journal, Vol.6. No.4, pp.43-47
- 5) スマートループ: <https://www.smartloop.jp/smartloop/index.html>
- 6) OnStar: <http://www.onstar.com>
- 7) Mbrace: <http://www.mbusa.com>
- 8) (財)道路情報通信システムセンター:
<http://www.vics.or.jp/index1.html>
- 9) 柿澤浩仁、大植達也、加藤 翼、清原 良三、車載スマートフォンにおけるプローブデータの圧縮方式、情報処理学会研究報告、013-MBL-68(5), 1-6, 2013-11-07
- 10) ISO 22837, "Vehicle probe data for wide area communications," International Standard,(2009)
- 11) Debra A. Lelewer, Daniel S. Hirschberg: Data Compression, ACM Computing Surveys, Vol.19, issue 3, pp.261-296,1987
- 12) T. Hung, H. Ikeda, K. Kuribayashi, and Nikolaos Vogiatzis, "Reducing the Network Load in CREP Environment," Journal of Information Processing, Vol.19, pp.12-24(2011)
- 13) 田島隆行, 若松公威, 佐藤龍哉ほか: インターネット ITS におけるプローブデータ通信量の削減, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS 102(695), pp61-67,(2003)
- 14) 足立晋哉, 新倉聡, 田島昭幸: プローブデータの圧縮方式の研究: プローブデータのロッシー圧縮アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS 104(762), 13-18, 2005-03-22 (2005)
- 15) 清原良三, 伊藤一彦, 齋藤正史, 小塚宏: テレマティクスサービス向け情報圧縮方式, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-MBL-60 No.16, pp.1-8(2011)
- 16) 中瀬裕多, 日江井太郎, 清原良三, 齋藤正史, 神戸英利: 車載スマートフォンにおけるプローブデータ圧縮方式, 情報処理学会研究報告 Vol.2012-ITS-50 No.10
- 17) CARCONNECTIVITY: <http://www.mirrorlink.com/>
- 18) Wi-Fi CERTIFIED Miracast: <http://www.wi-fi.org/wi-fi-certified-miracast%E2%84%A2>
- 19) 加藤 翼、柿澤浩仁、清原 良三、テレマティクスサービスに向けた端末上でのプローブデータ生成方式