

## 車載システムにおける携帯電話をもちいたWWWアクセス通信の解析

左近 透・吉田 真一

{sakon@rinfo,yoshida@rcom}.sei.co.jp

住友電気工業システムエレクトロニクス研究開発センター  
〒554 大阪市此花区島屋1-1-3

携帯電話などの移動体通信機器の普及と情報機器の小形軽量化などにより、移動体情報機器をネットワークに接続するサービスが運用に入りつつある。とくに、最近車載情報機器、特にカーナビゲーションシステムを携帯電話を経由してネットワークに接続し、交通渋滞や観光情報などを提供するサービスが開始された。このサービスでは電子メール転送やファイル転送サービス、さらにWWWアクセスが提供されている。前二者のサービスでは、TCP/IPを用いても回線容量のかんりの部分まで有効に活用できる。

しかし、情報提供形態としてもっとも活用されるWWWアクセスでは、回線容量を有効に活用できていないとみられる現象が多発する。とくに、一般に指摘される通信回線の不安定性、遅延の大きさによる性能劣化に加えて、一般のWWWブラウザで高速化のために採用している、複数のTCPコネクションを開設し並列にデータ取得を行う戦略によっても性能劣化が発生している。これは、複数のTCPコネクションの通信により発生した輻湊状態の発生の結果、再送およびスロースタートが発生していることによる

本報告では、このような現象とその分析と対策検討を報告する。

キーワード:WWW、車載ナビゲーションシステム、携帯電話、TCP/IP

### Analysis of Mobile WWW Access from Car Navigation System

Toru Sakon, Shin-ichi Yoshida

SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES,LTD.

1-1-3 Shimaya, Konohana-ku, Osaka 554

The number of Internet Access Service is growing rapidly in all over the world. Personal Communication Devices ( such as Personal Digital Cellular Phone) and Personal Information Devices ( such as note-PC, PDA ) are now pushing growth of mobile network access services. These services provides e-mail, file-transfer and WWW access to end users. Some Car Navigation System can access information provider which provides traffic or sightseeing information via network connection over cellular phone system.

But WWW access can not utilize full bandwidth of cellular phone system. It is often said that high error rate and high network letency make WWW access inefficeiet. But even network is stable, we still have some preformance degradation.

Network condgestion caused by parallel access to WWW server. But this is not like ordinary condgestion in network, because both end knows what is happening in the network.

This paper reports verious phenomena on WWW access from Car Navigation System and examine some solutions for better performance.

Keywords:WWW,Car Navigation System,Personal Digital Cellular Phone,TCP/IP

## 1. はじめに

近年、個人の所有するパーソナルコンピュータなどの情報機器をネットワーク、特にインターネットに接続し様々な情報サービスを利用することが一般化しつつある。さらに、携帯電話の普及と情報機器の小型、軽量化を背景とした移動体情報サービスもいくつか存在する。このサービスを用いて移動中においてすら情報サービスを利用することができる。

とくに、現代の交通手段としてもっとも重要なものの一つである車からの利用に関しては、カーナビゲーションシステムの急速な普及を背景として、MONET<sup>®</sup>を代表とする新たな移動体情報サービスが97年以降に開始された。そのなかの一つとして、インターネットを基本技術として採用しているインターナビ<sup>®</sup>がある。このシステムはインターネット端末からの旅行計画設定やダウンロード情報の利用などインターネットのもつ様々な場所からのアクセス性、相互運用性をとくに利用したサービスを提供している。

<sup>®1</sup> MONETIはトヨタ自動車株式会社の登録商標

<sup>®2</sup> インターナビは本田技研工業株式会社の登録商標

現在インターネットナビシステムは、HTTP1.0、HTMLv2.0をベースとし、キャッシュ制御ならびにTCPコネクション制御に関してはHTTP1.1を一部とりこんだものを基本としている。また、インターネット端末からの情報設定や位置関連情報の地図データへのリンクのために、データタグの一部拡張などを行っている。また、ナビゲーションシステムに搭載されたWWWブラウザは複数のTCPコネクションを用いてデータを並行して取得することにより可能な限り、データ転送時間を短縮するように設計されていた。このような実装はNetscapeやInternet Explorerなど一般の市販WWWブラウザも採用している。

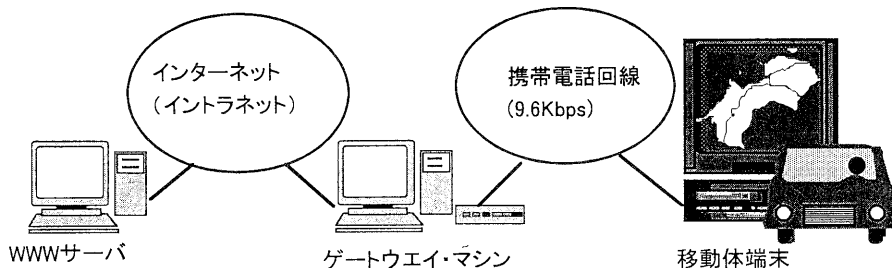


図1: インターナビ基本構成

サービス計画当初もっとも心配されていたことは、低速でかつ遅延の大きい携帯電話を使ったことによる性能劣化とTCP/IPのヘッダによる転送オーバーヘッドである。しかし、市街地および郊外における走行中のファイル転送の実測を繰り返した結果、携帯電話回線品質は当初予想に比べてはるかに安定しており、高速道路や市街地走行でも理想スループットの8割から9割程度が得られた。

しかし、実際にWWWを用いた運用試験に入るとこれらの数字から推測される性能が確保できなかった。一つはHTMLファイル取得のためにTCPコネクションを設立してから実際の転送が始まるまでの時間がTCP挙動から推測されるよりも数秒長くかかることであり、もう一つは観光情報や画像を使った道路案内で複数の画像をもつページを転送した場合に想定される性能の7割程度しか得られていなかったという現象である。

ここでは、まず、これらの現象についてデータ収集と解析の結果を示す。とくに複数画像ページの転送効率に関して、一般に移動体でのTCP/IP接続の性能向上方法として提案されている方式のうち代表的な3方式およびWWWアクセス高速化にたいして提案されている1方式について、本現象にうまく対応できるかを検討する。

## 2. 評価環境

評価に用いた器材環境を図2に示した。ゲートウェイマシンはFreeBSD2.2.5を用い、ISDN経由で携帯電話から接続可能である。WWWサーバには、一般インターネットサイトでの使用実績などからFreeBSD2.2.5+ApacheサーバとWindowsNT3.5の2種類を用いた。パケット・モニタとゲートウェイ、WWWサーバはLAN環境で接続されている。

移動体端末は、インターネットナビシステムで実際に使用されているナビゲーションシステムおよび参照用としてFreeBSD2.2.5搭載ノートパソコンを用いた。移動体端末からサーバへのアクセスは事務所内と路上環境から行った。代表的な路上環境として、大阪市内のビジネス街と繁華街周辺と大阪市郊外の主要幹線道路からのアクセスを行った。

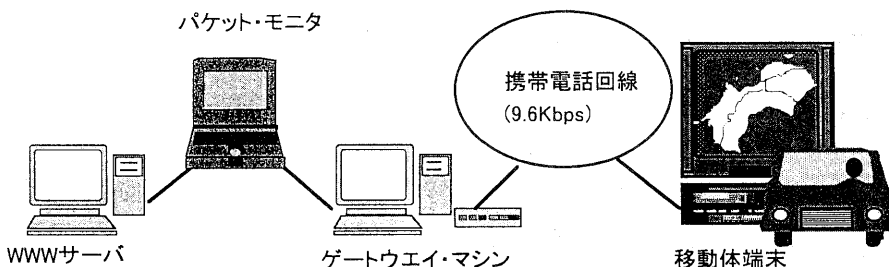


図2 実験環境

WWWサーバで用意したデータは、①2Kバイトのテキストのみからなるページ、②観光案内用ページ(10Kバイトの画像データ1つ、1Kバイトテキストデータ1つ)、③天気予報用データ(1Kバイト天候マーク10個+1Kバイトテキストデータ1個)、④案内用画像データ(平均8Kバイト道路案内画像データ7個+平均2Kバイトテキスト4個)の4種類である。これらのうち最初の3つはインターナ

ビシステムで実際に提供されているページである。

これらのページに関して、先ののべた環境でアクセス、取得したときの通信挙動をパケット・モニタでデータ収集、解析するした。なお、基本の携帯電話による通信区間の特徴を確認するためpingによるゲートウェイまでのラウンドトリップ時間（データ転送を想定して1500MTUで実行）の測定とファイル転送（500Kbyte）のスループット測定を行った。

### 3. 結果と解析

まず、基本的なラウンドトリップ時間の測定とファイル転送性能については、市街地、郊外ともに次のような結果となっている。

- ①Pingによるラウンドトリップ時間は、突発的に大きくなり（3倍から5倍）、その時間は数秒継続する（数パケット分の転送時間に相当）。パケット落ちの頻度は、時間、場所に依存するが、数百回に1回程度の頻度で発生する。その前後はラウンドトリップ時間は大きくなっている。
- ②ファイル転送はほぼ0.8から1.0Kバイト/秒（最頻値0.9Kバイト/秒）で行われる。回線断が発生しない限りこの範囲内に収まる。

WWWサーバーへのアクセスでは次のような現象が得られた。

- ③WindowsNTをWWWサーバーとしている場合、Pushビット付きのデータに対応するACKがサーバーに到達するまで次のデータパケットを送信しないという現象が発生している。このためHTMLファイルのヘッダ情報送信直後に毎回数百ミリ秒の無転送時間が発生していた。これは1Kバイト程度のデータ転送時には無視できない。

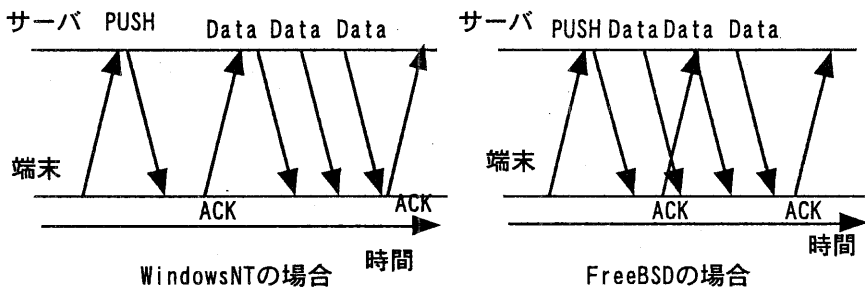


図3 WindowsNT3.5とFreeBSDでのpushビット関連遅延

- ④各パケットが順調に流れているにも関わらず、データパケットの再送信が発生している場合がある。送信したデータに対応するACKが帰っていないために、タイムアウト、スロースタートが発生している。とくにこの現象は画像転送を複数回行う場合に顕著になる。とくに最悪の場合、データ転送効率がデータサイズから想定するよりも3割程度低下する。

とくに④の場合、並行してデータ転送を行っている他のコネクションではパケットは順調に送信されている。また、直接有線のシリアル回線を使った場合でも同様の現象が発生する。このことから、この現象は単にパケット落ちが発生した結果の再送ではなく、他のコネクションのデータ転送に邪魔されて一時的に詰まる結果輻輳が発生したものと考えられる。

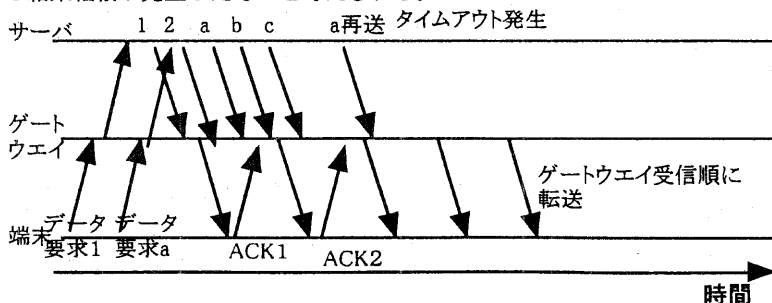


図3 WWWアクセスでの再送発生

	送信データパケット数	データ転送時間
TCPコネクション1つ	50~51	6秒
TCPコネクション(並列転送)	50~78	6秒~11秒

表1 転送時間とデータパケット数(複数画像アクセスパターン例)

#### 4. 実装に関する考察

この無線区間での輻輳現象は、発生した場合、性能が大きく低下する。通常の移動体でのTCP/IPの性能向上案として、1:End-To-Endプロトコル、2:Separated TCP、3:Datalinkプロトコルの3種類に大別される。これらの方式が基本的にどのような挙動を示すかを考察する。各プロトコルの挙動の基本的なパターンはA Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links(H. Balakrishnan, et. al. ACM SIGCOMM96)にしたがって考察する。

最初のEnd-To-Endプロトコルは、端末側からSelective ACKなどパケット消失に関連する詳細な情報を送り出すことで、サーバー側で発生する無線区間のパケット消失に関連した障害を回避する方法である。しかし、本報告で述べている現象は、基本的にはゲートウェイにおけるパケットの送信具合が障害発生の原因となっている。したがって、端末側から障害を発見することは困難であるため、本方式を基本とした改善はむづかしいと思われる。

Separated TCPの方式は有線区間と無線区間でTCPのコネクションを切り、無線区間の影響が有線区間に影響しない様にする。この方式では有線側のWWWサーバーにはゲートウェイにデータが入った時点でACKが返されるために、先に述べたことが原因で発生する輻輳は起こらない。ただし、単純に無線区間にTCPを用いた場合には同じ原因による輻輳が発生する可能性がある。また一般論としてSeparated TCPは、ゲートウェイでの資源を前2者と比較して多く必要とする。また、telnetなど反応性を要求されるソフトウェアには本方式は向いていない。これらの一般的な指摘を解決する必要がある。

また、最後のDatalinkプロトコルは無線区間のdatalink層でTCPの挙動を考慮した実装を行い、無線による障害の発生を押し込む方式である。本方式は端末とゲートウェイのdatalink層で実装される。この場合、先に述べたことが原因で発生する輻輳を避けるためには、サーバーのTCPの再送パラメータなどをdatalink層で解釈してTCPのフロー制御を補助することが必要である。たとえば、タイムアウトが近づいているデータパケットを優先的に無線区間に送信することなどである。この実装にはほぼTCPフロー制御とゲートウェイでのパケット送信のスケジューリングが必要となる。これは次に述べる。

結局、現状ではSeparated TCP方式が本現象の解消への近道であると考えられる。しかし、ゲートウェイの負荷、リソースの制御などの問題解決が必須となる。

またTCPを改善するのではなく、ゲートウェイ側と端末側に通信要求変換ソフトウェアにおいて通信の問題を回避する方法も提案されている。WebExpressは、移動体環境でWWWアクセスを最適化するための機構である。複数はられているコネクションを1つにまとめて、新たなコネクション設立などの要求をゲートウェイと端末側に存在するインターセプト・ソフトウェアで変換してWWWサーバーや端末側ソフトウェアに渡す。その結果、コネクション維持のためのパケットが無線区間を移動することが避けられて性能向上が実現される。

ただし、WWWを使用する場合にTCPコネクションを複数使い、並列でデータ転送を行うか、単一のコネクションでデータ転送を直列にするで行うかは単純には決めがたい。表1に示した通りにある程度安定した環境では直列転送は有利である。しかし、移動体での通信障害のパターンは前後数秒にわたって発生する。もし、複数のTCPコネクションを用いて転送を行うと、コネクションのいくつかは通信障害の影響を免れる可能性が高い。しかし、TCPコネクション1つだけで転送を続けると通信全体が影響を受ける。この見地からすれば、通信エラー率、通信エラー継続時間、スループットから適当なコネクション数が存在することが考えられる。

#### 5. まとめ

最近のITS(Intelligent Traffic System)では車の中から交通情報などのインタラクティブな取得が一つの大きな分野を形成している。この情報システム実現のために、インターネット、とくにWWW関連技術を基本としたインターナビシステムを構築した。しかし、当初、ファイル転送とネットワーク遅延をもとにした性能予測を実現することはできなかった。とくに案内のための複数画像転送で大きく性能予測と食い違っていた。

通信の解析の結果、本現象は複数TCPコネクションによるデータ転送が輻輳状態をつくりだし、その結果、パケット再送、スロースタートを発生させていることが原因であったことが判明した。

さらに後者の現象を改善するために移動体でのTCP/IP性能改善の手法としてあげられているEnd-

結果、パケット再送、スロースタートを発生させていることが原因であったことが判明した。

さらに後者の現象を改善するために移動体でのTCP/IP性能改善の手法としてあげられているEnd-To-End Protocol、I-TCP、Datalink Protocolの3方式が本現象にたいしてうまく対応できるかを検討した。その結果、TCPのコネクションを無線区間と有線区間で分離するI-TCP形式がもっとも対応しやすいと考えられる。しかし、単に無線区間と有線区間で分離しただけでは、無線区間内ではやはり輻輳が発生してしまう。一方、Web Expressは無線区間でのコネクションの数が1とした場合の最適実装を追求している。しかし、無線区間で一つだけのTCPコネクションを使っているため、移動中の通信遅延やパケット落ちの影響で、再送、スロースタートが全体のデータのスループットに影響する。単に2つのTCP区間を作るだけではなく、無線区間でのフロー制御やコネクションの数の最適化を行うことが必要とおもわれる。

さらに、最近、人工衛星による携帯電話を使ったネットワーク接続や、PHSを用いた室内での簡易LANの構築、さらにはデジタルパケット通信網やW-CDMAの高速通信の普及が予想される。これらに対しても、単純に無線区間でのパケットの送受信を最適化するだけでは、サーバーと端末のTCPの挙動によっては、本報告で述べた現象を発生させる。そこで、携帯電話の場合と同様、障害頻度、帯域や遅延などから通信制御や通信に利用する資源量などを最適化する必要があるとおもわれる。

## 参考文献

TCP Extentions for Long-Delay Paths  
RFC1072

V.Jacobson and R.Braden

A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links

H.Balakrishnan, V.N.Padmanabhan, S.Seshan and R.Katz

ACM SIGCOMM'96, pp.256-269, Palo Alto, CA, August (1996)

I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts

A.Bakre, B.R.Badrinath

Proceedings of the 15th International Conference on Distributed Computing Systems, Vancouver, Canada, June 1995

M-TCP:TCP for Mobile Cellular Network

K.Brown and S.Singh

ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol27, No5(1997)

Improving reliable transport and handoff performance in cellular wireless networks

H.Balakrishnan, S.Seshan and R.H.Katz

Wireless Networks, Vol.1, No.4, December(1995)

WebExpress: A System for Optimizing Web Browsing in a Wireless Environment

B.C.Hosel and D.B.Lindquist

MOBICOM '96