

拠点間のデータ通信性能を改善する WAN高速化技術

WAN Acceleration Technology for Enhanced Point-to-Point Data Transmission Performance

● 小口直樹 ● 亀山裕亮 ● 佐沢真一 ● 内藤雅弥

あらまし

昨今のビジネスのグローバル化、システムのデータセンターへの集約や仮想化、クラウド利用の普及、およびモバイル端末利用の拡大に伴い、広域ネットワーク(WAN)を介したデータ通信を高速化したいというニーズが高まっている。しかし、これまで多くのアプリケーションが利用しているTCP(Transmission Control Protocol)は、WANにおいては輻輳制御の制約により最大通信速度を使い切れず、通信性能が上がらないという課題があった。富士通研究所では、TCPに代わる二つのプロトコル技術と、これらのプロトコルをWANやアプリケーションの特性に応じて自動選択する技術を開発した。更に、転送データサイズの削減や、転送シーケンスの効率化によって、ソフトウェアのみで最大通信速度以上にデータ通信を高速化する技術を開発し、WAN経由のデータ通信の高速化を実現した。

本稿では、富士通研究所が開発した業界最高レベルのWAN高速化技術と、その技術を適用した富士通のミドルウェア製品(FUJITSU Software Interstage Information Integrator)について紹介する。

Abstract

In tandem with the recent globalization in business, system integration and virtualization with data centers, as well as the increasing use of cloud computing and mobile devices, there are growing needs for faster data transmission via a wide-area network (WAN). However, the transmission control protocol (TCP) which is most widely used by many applications today is often unable to attain the maximum speed on a WAN due to the restrictions of the congestion control. Fujitsu Laboratories has developed two types of protocol that replace TCP, and also technology for automatically selecting these protocols depending on the conditions of the WAN and properties of the applications. Furthermore, it has developed technology to surpass the maximum speed by virtue of the software itself, through data compression and enhanced efficiency of transmission sequences, leading to a faster transmission speed via a WAN. This paper explains this top-of-industry WAN acceleration technology developed by Fujitsu Laboratories. It then describes Fujitsu's middleware product (FUJITSU Software Interstage Information Integrator) to which the technology is applied.

まえがき

近年、モバイル端末やクラウドサービスの普及により、無線網や広域ネットワーク（WAN）を介して、ファイル転送やデータのバックアップ、仮想デスクトップといった通信アプリケーションが利用されている。これらの通信アプリケーションでは、通信プロトコルとしてTCP（Transmission Control Protocol）が標準的に用いられている。

今後、ビジネスのグローバル化やモバイル端末の利用拡大により、国際回線や無線回線を使った利用シーンが更に増えることが予想されている。このため、遅延の大きい通信環境でも、スループットや応答時間などにおいて十分な通信性能を提供できる技術への期待が高まっている。

本稿では、WANを介した通信の課題、それに対する富士通研究所のWAN高速化技術、これらの技術を適用した製品、および本技術の今後の展開について述べる。

WANを介した通信の課題

WANを介した通信は、以下に示す三つの課題により通信性能が上がらないことがある。

(1) トランスポートプロトコルの性能劣化

TCPは、^{ふくそう}輻輳制御の仕組みを備えているため、ネットワークの遅延やパケットロスの影響を受けてスループットが大きく変動する。例えば、海外のクラウドとの通信では、光の速度の制限からその物理的な距離に応じて数十ミリ秒から数百ミリ秒の遅延が生じる。また無線アクセス網では、基地局と端末間の電波の強度が不十分で信号エラーが生じると、これを補うために再送が行われ遅延が増加する。更に、ネットワーク上の様々な中継

機器で輻輳が生じると、パケットロスを引き起こす。このような様々な要因によって、TCPのスループットは大きく低下する。

(2) WANの最大通信速度不足

離島や無線環境のようにネットワークの最大通信速度が低い場合は、トランスポートプロトコルの通信性能に比べ、ネットワークの最大通信速度がボトルネックになる状況が生じる。

(3) アプリケーションの煩雑な通信手順

アプリケーションによっては通信手順が複雑なため、遅延が小さいLANでは問題にならなかった通信であっても、WAN経由ではアプリケーションの応答時間が長くなる。

富士通独自のWAN高速化技術

WAN高速化技術は、遅延の大きいWANの両端で、端末またはサーバのTCPセッションを高速通信プロトコルに変換することによって、TCPの性能を改善する（図-1）。富士通研究所のWAN高速化技術は、全てソフトウェアのみで実現されている（WAN高速化ミドルウェア）。したがって、本ソフトウェアを汎用のサーバにインストールし、拠点の端にゲートウェイとして配置したり、端末に直接インストールしたりして使うことができる。

今回開発したWAN高速化技術は、図-2に示すように、様々なプロトコルレイヤーにおける最適化技術により構成される。以下、各技術について述べる。

● トランスポート最適化技術

前章の課題（1）に示したように、輻輳制御の制約により最大通信速度を使い切れないTCPに対して、UDP（User Datagram Protocol）では輻輳制御を行わないため最大通信速度を使い切ることが

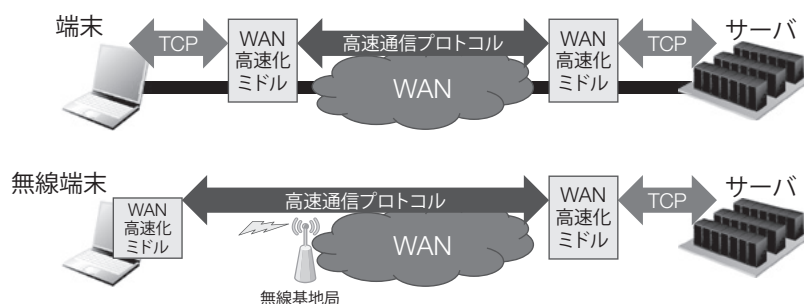


図-1 WAN高速化技術の利用形態

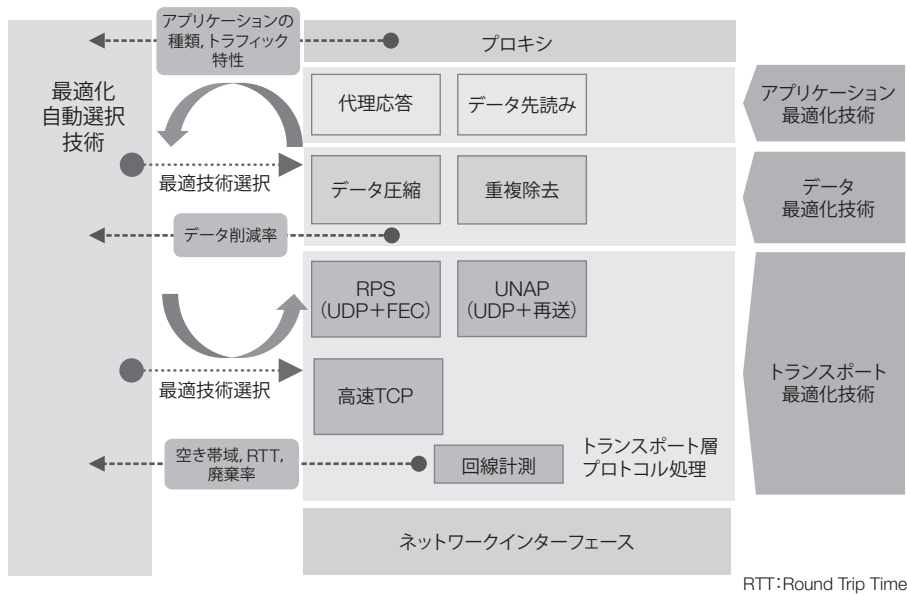


図-2 WAN高速化ミドルウェアのアーキテクチャ

できる。その一方で、パケットロスが発生した場合の再送と輻輳を防ぐ仕組みが必要になる。

そこで従来のUDPに対して、誤り訂正符号 (FEC: Forward Error Correction) を組み合わせた RPS (Random Packet Stream) と、効率的な再送方式を組み合わせた UNAP (Universal Network Acceleration Protocol) という二つのプロトコルを開発した⁽¹⁾

RPSは、パケットロスが多いネットワークで有効である。送信側が送信データを冗長符号化することで、受信側ではパケットロスの影響を受けずに元の送信データを復元できるため、再送が不要となる。

UNAPは、遅延が大きいネットワークで有効である。パケットロスを検出した場合、そのデータの再送を行う。また、データの到達状況の管理に加えて送信状況を管理することで無駄な再送を抑制する。

どちらのプロトコルでも、ほかの通信に影響を与えないよう送信データと計測用のデータを用いて、利用可能な最大通信速度の計測を行っており、輻輳の発生を抑えている。

● データ最適化技術

前章の課題(2)に示した最大通信速度が低いネットワークや、UDPが利用できないネットワークにおける通信に対して、圧縮と重複除去により転送

データサイズを大幅に削減し、データ転送を高速化するデータ最適化技術を開発した⁽²⁾

圧縮は、転送データの中で繰り返されるデータパターンを探索し、見つかったパターンをより小さい情報に置き換えることでデータサイズを削減する技術であり、テキストデータなどの場合に効果が大きい。重複除去は、一度転送したデータパターンを送信側と受信側の双方でキャッシュとして保存しておき、2回目以降は、同じデータを送らないようにする技術である (図-3)。

開発した技術では、同じパターンを転送する場合には、そのデータパターンを検出し、ID情報に置き換えてから転送する。受信側ではID情報からキャッシュしておいた元のデータに戻す。これにより、転送データサイズを削減できる。このデータ最適化技術により、転送データが10分の1まで削減できた場合には転送速度が約10倍となるため、回線を増強しなくても多様な通信環境でのデータ転送を高速化することが可能である。

● アプリケーション最適化技術

前章の課題(3)に対しては、高速化対象となるアプリケーションの通信を、代理応答と先読みにより高速化するアプリケーション最適化技術を開発した⁽³⁾

例えば、ファイル共有システムで広く利用されている CIFS/SMB (Common Internet File System/

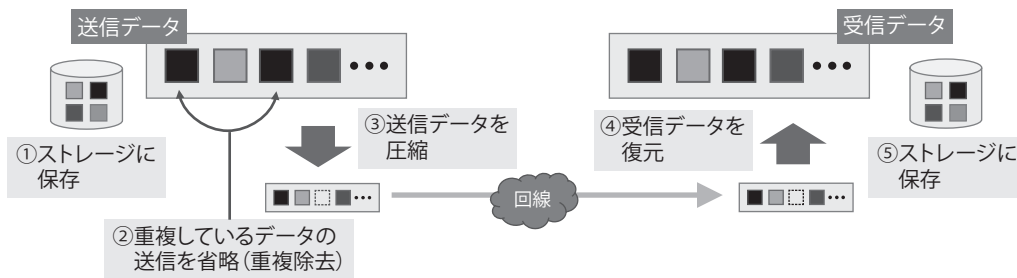


図-3 重複除去・圧縮の概要

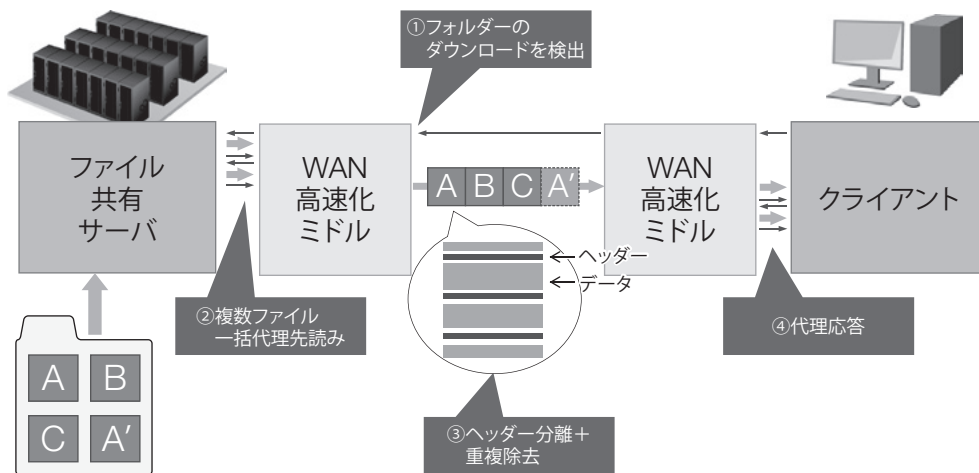


図-4 アプリケーション最適化のメカニズム

Server Message Block) では、複数のファイルを含むフォルダーをダウンロードする場合に、フォルダー内のファイルに対してファイルオープンや属性情報の取得のためのコマンドを発行する。このコマンドの一つひとつが遅延の影響を受けてしまうことが転送速度低下の原因となっている。

アプリケーション最適化技術では、フォルダーのダウンロードを検出した際に、クライアントからファイルダウンロードに対するコマンドが送られてくる前に、ファイル共有サーバ側でフォルダー内の複数のファイルを一括で先読みする。先読みしたファイルをまとめて転送することで遅延の影響を最小限にできるため、転送速度の低下を防ぐことができる(図-4)。

● 最適化自動選択技術

UNAPは、遅延が大きい環境においてファイル転送などスループットを重視するアプリケーション利用時に性能改善効果が大きい。またRPSは、パケットロスが多い環境においてインタラクティ

ブ通信など、レスポンスを重視するアプリケーション利用時に性能改善効果が大きい。WAN高速化技術を適用するネットワークの特性は、アプリケーションや経由するネットワークの混み具合により様々に変化する。また、ユーザーが通信する場所を移動したり、接続先を変えたりすることによっても特性が変化する。しかし実際には、ユーザーがネットワークの特性を確認し最適な通信技術を選択することは、専門的な知識や技術を必要とするため容易ではない。

自動選択技術であるR-TSP (Reconfigurable Transport) は、ユーザーに代わり、アプリケーションやネットワークの特性を計測する。その結果から、それぞれのトランスポートプロトコルの通信性能を推定し、TCP・UNAP・RPSの三つから最も高い性能が期待できる通信プロトコルを自動で選択する(図-5)。

また、データ最適化技術、およびアプリケーション最適化技術も動的に選択する要素技術の研究開

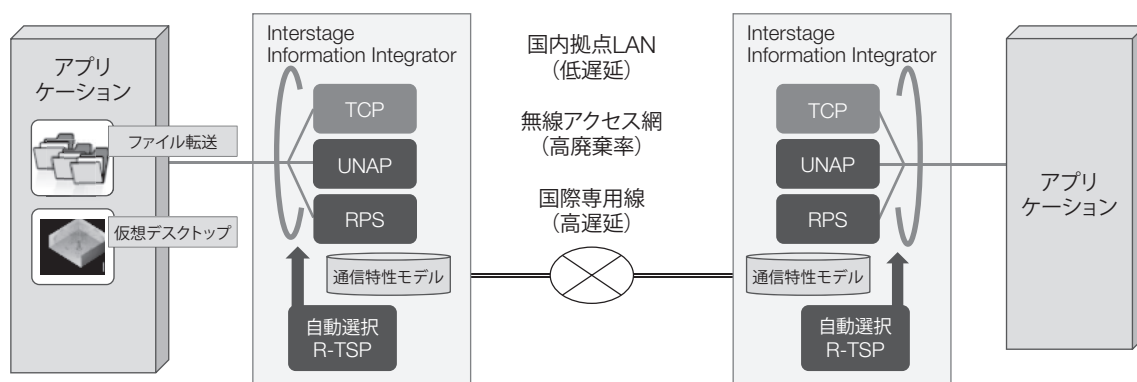


図-5 最適化自動選択技術のメカニズム

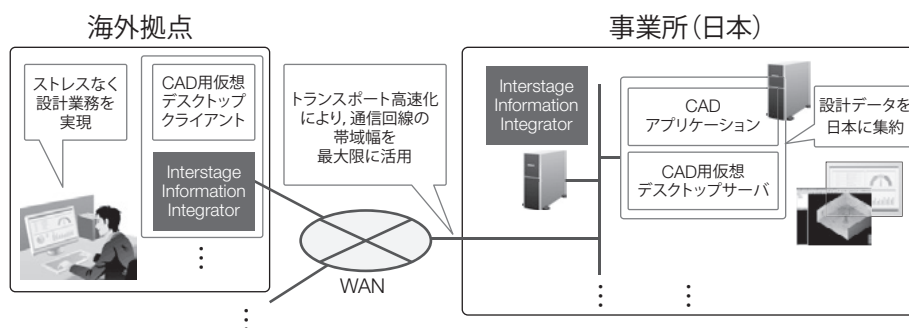


図-6 海外拠点の仮想デスクトップ高速化例

発に取り組んでいる。これらの技術を実現し、ユーザーにより最適な通信環境を提供する⁽⁴⁾

製品への取組み

富士通では、前章で述べた四つの技術を組み込み、TCPアプリケーション間の通信高速化を実現するミドルウェア「FUJITSU Software Interstage Information Integrator」を開発・製品化している。WAN高速化をソフトウェアにより実現することで、仮想環境やクラウドでの利用、あるいは出張先や無線LAN環境など、使用ネットワークを固定できないノートPCにインストールしての利用を可能とした。

これらの技術がより効果を発揮するケースとして以下を想定し、本製品を提供している。

- ・仮想デスクトップでのスムーズな画面遷移（特に画面変化や通信データサイズが多いCAD分野）
- ・海外拠点や国内遠隔地とのファイル共有アクセス高速化
- ・遠隔地とのファイル転送高速化、災害対策向け

バックアップ高速化

以下に、本製品の適用事例を示す。

● 海外拠点の仮想デスクトップでのスムーズな画面遷移

お客様は、国内だけでなく海外拠点からも仮想デスクトップでCADを使用できるようにしたが、海外拠点からの利用は画面遷移のレスポンスが遅く、実用に耐えない状況であった。

アプライアンス型のWAN高速化装置で本課題が解決できるか試行したが、画面遷移には高速化の効果がないことが判明した。一方、図-6に示すように本製品ではTransport最適化により既存の通信回線を最大限に活用し、設計者はスムーズな画面遷移でストレスのないCAD操作の実現を図った。この結果、設計データの日本国内への一元化、開発期間の短縮などの効果を上げることができた⁽⁵⁾

● 遠隔地からのWindowsファイル共有アクセス高速化

富士通グループでは、コミュニケーション基盤

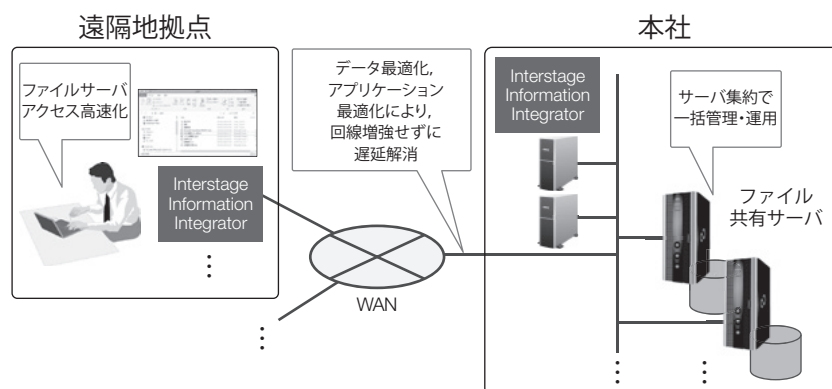


図-7 遠隔地からのWindowsファイル共有アクセス高速化例

の統一（グローバルコミュニケーション基盤）^{(6),(7)}を実施しており、コミュニケーションの活性化、ワークスタイルの変革、運用コストの削減を進めている。コミュニケーション基盤では、サービスの一つとしてファイル共有サービスを提供している。しかし、ファイルサーバ設置場所から遠い事業所では、ネットワーク遅延の影響によりアクセス性能が劣化するという課題がある。

この課題に対応するため、本製品による評価を行い、アプライアンス型のWAN高速化装置との性能比較では、データ最適化により同等、あるいはそれ以上の高速化効果と、アプリケーション最適化で更なる高速化効果を確認した。そして、遠隔地事業所からのファイルサーバへのアクセスの高速化を実施した。この結果、回線を増強せずに遅延による性能劣化問題を解消でき、またサーバを集約し、一括管理・運用することも可能となった。この評価結果を受け、現在は遠隔地事業所の1万人を超える利用者に向けて、段階的に本製品の適用を進めている。本ケースのシステム概要を図-7に示す。

今後の展開

WAN高速化技術は、グローバル化、多様化した通信の高速化を行うためますます需要が高まっている。富士通は、これまでミドルウェアとしてパッケージ製品を提供してきた。今後は、ソフトウェアのみでWAN高速化を実現している強みを生かし、クラウドベンダーやキャリア各社に対してWAN高速化サービスを提供できるように機能を強化していく。

クラウドサービスにおけるWAN高速化サービス

は、通常のクラウドサービスにオプションとして追加料金を支払うことでInterstage Information Integratorをサービス提供することを想定している。今後、クラウドへ適用するための制御API（Application Programming Interface）などの検討を進めていく。

また、ネットワーク機器の機能を仮想化（ソフトウェア化）する技術であるNFV（Network Functions Virtualisation）に本技術を適用し仮想WAN高速化技術を通信キャリアのサービスとして提供する。これにより、通信キャリアにとっては通信サービスの機能拡充となり、サービスの利用者にとっては本機能の導入・変更が迅速に行えるというメリットをもたらす。この実現に向け、制御APIのサポートだけでなく、冗長化対応なども検討していく。

む す び

本稿では、クラウドの普及や仮想化の進展で近年増加してきたWAN高速化の需要を踏まえ、ソフトウェアだけで実現する富士通研究所のWAN高速化技術について述べた。また、これらの技術を搭載した富士通のミドルウェア製品FUJITSU Software Interstage Information Integrator、適用事例、およびその効果を紹介した。

グローバル化、クラウド化、およびモバイル化が進み、遠距離・低品質の回線において大容量データの高速通信に対応することがますます重要になっている。今後も先端技術をいち早く製品に取り込み、更なる通信の高速化を進めるとともに、クラウドやNFVといった領域への展開を進めていく。

参考文献

- (1) 富士通研究所：ファイル転送や仮想デスクトップなどの通信性能をソフトウェアだけで改善する新データ転送方式を開発。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2013/01/29-1.html>
- (2) 富士通研究所：多様な通信環境に適用できるデータ転送高速化技術を開発。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2014/04/8-1.html>
- (3) 富士通研究所：遠隔地からのファイルアクセスを高速化するデータ転送技術を開発。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2015/06/22.html>
- (4) 富士通研究所：世界初！どのような通信環境で利用しても最適な通信プロトコルを自動的に選択する技術を開発。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2013/03/7.html>
- (5) 富士通：海外拠点とのネットワーク通信をソフトウェアのみで高速化。
<http://software.fujitsu.com/jp/middleware/casestudies/glory/>
- (6) 富士通：富士通の実践するワークスタイル変革。
<http://www.fujitsu.com/jp/services/application-services/application-development-integration/ms-solutions/global-comm/>
- (7) 富士通：富士通国内グループ200社、11万人のコミュニケーション基盤構築を完了。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2014/03/3-1.html>

著者紹介



小口直樹 (おぐち なおき)

コンピュータシステム研究所
サーバネットワークプロジェクト
所属
現在、WAN高速化技術、およびNFV
のインフラ技術の研究開発に従事。



佐沢真一 (さざわ しんいち)

ものづくり技術研究所
デザインエンジニアリングプロジェクト
所属
現在、WAN高速化技術の研究開発に
従事。



亀山裕亮 (かめやま ひろあき)

ものづくり技術研究所
デザインエンジニアリングプロジェクト
所属
現在、WAN高速化技術の研究開発に
従事。



内藤雅弥 (ないとう まさや)

ミドルウェア事業本部アプリケーション
マネジメント・ミドルウェア事業部
所属
現在、Interstage Information Integrator
製品の開発に従事。