

クラウド環境の快適な利活用を実現する WAN 最適化

—— WAN 最適化技術の新たな展開と仮想環境での活用

高木 経夫

要約 企業活動におけるクラウドの利活用はもはや IT 基盤設計の前提条件となっている。社内外とのコミュニケーションや業務処理においてクラウドサービスの利活用が増大している。いきおいインターネット接続や自社拠点間接続における通信データの量は増加の一途をたどり、WAN 回線の帯域拡張と品質向上は企業の IT システム運用において危急に解決すべき課題となっている。本稿では、回線帯域あたりの通信量を増やしコストを低減するソリューションである WAN 最適化装置の最新の技術動向と適用例を紹介する。

1. はじめに

クラウドの普及によりワイドエリアネットワーク (WAN: Wide Area Network) の利用状況は大きく変化しようとしている。たとえば、企業の IT 資産のデータセンターへの集約、映像コンテンツの利用増大、音声通信の IP 化、仮想デスクトップ環境の本格導入等、クラウド環境により利便性を増した IT インフラ及びサービスの利活用は、同時に WAN 経由のデータ通信量の増大をもたらしている。

一般に WAN 回線はローカルエリアネットワーク (LAN: Local Area Network) と比較して通信帯域が狭小で伝送品質も低いため、時間あたりの伝送データ量 (伝送速度) は限定的なものになってしまう。WAN 回線を利用した通信の伝送速度を上げる方法としてまず検討されるのが通信帯域の拡張である。回線契約料は通信帯域に比例した価格設定がされているため、帯域の拡張は回線運用コストの高騰を招くこととなる。しかも帯域拡張だけでは解消されない課題が残ることはあまり認識されていない。

IP 通信の基本的な課題として、通信を行う機器間の物理的な距離に比例した往復遅延時間 (RTT: Round Trip Time) とパケット喪失率の増大があげられる。LAN と比較して物理的な距離が格段に長い WAN 通信においては、いくら回線帯域を増速してもこれらの課題は解決されずに残ってしまう。WAN 最適化の技術はこの「残された課題」を解決するために開発され、既に多くの場面で活用されている。以下、2 章では課題解決の具体的な手法について、3 章ではその手法を用いたソリューションの適用分野と導入効果について説明する。

2. WAN 最適化技術のいま

クラウド環境において不可欠な WAN 通信の「残された課題」に関して、本章はそのおもだった解決手法を説明する。これらの手法は単体でも機能し効果は期待できるが、複合的に組み合わせることで更なる最適化を実現することとなる。事実、現在販売されている各社の WAN 最適化装置もこれらの手法のうち複数を組み合わせて実装し、そのいずれに力点を置くかによって適用用途の差別化を図っている。株式会社ネットマークス (以降、当社) で取り扱う各社の装置においても、特に強調されている適用用途の違いは明確だが、それらは 3 章で述べる。

2.1 代理応答機能による往復遅延時間 (RTT) の課題解決

通信を行う機器相互の物理的な距離の延伸により往復遅延時間 (RTT) は長くなる。往復遅延時間とは IP 通信におけるパケットの往復にかかる時間のことであり、ビットデータの集まりであるパケットを電氣的もしくは光学的に送受信するパケット通信においては物理的な距離とパケット到達時間はほぼ比例する。ここで表現する物理的な距離とは、伝送路上のケーブル長のみではなく中間に介在するあらゆる伝送装置の内部機構における距離 (配線遅延の影響も受ける) も含まれることを書き添えておく。つまり地理的な距離が長く且つ様々な通信事業者の網内の伝送装置を経由する WAN 回線の通信においては必然的に RTT が長大になり、LAN 通信とは比較できないほど大きな通信遅延を伴うこととなる。

さらに IP 通信において定義されている様々な通信手順 (プロトコル) は、データ送受信の信頼性の確保とのトレードオフとして非常に煩雑なパケットのやり取りを要求し、RTT の積み重ねを膨大なものにしてしまう。各プロトコルが定めているのは主にシーケンシャルな確認・応答の手順であり、パラレルに処理が推移するものではない。つまり帯域をいかに拡張してもこの手順にのっとり一連の通信そのものを速くすることはできない。

上記のような距離による RTT の増大と IP 通信の手順に起因する RTT の積み重ねにより発生する WAN 通信の遅延の解決こそが、WAN 最適化技術を生み出した最も原初的な要求でもある。

2.1.1 IP 通信における RTT の発生と通信遅延

IP 通信は OSI 参照モデルで定義されている IP Suite の各レイヤのプロトコルによって構成されている。特にアプリケーション層 (第7層) の各プロトコルに基づいたパケット通信は、それより下層の TCP (第4～5層) で規定された通信手順や IP (第3層) で規定されたパケット構造を基礎として更に煩雑な手順を踏みながらデータを送受信している。TCP で規定されている基本的なデータ送受信のシーケンスを図1に示す。

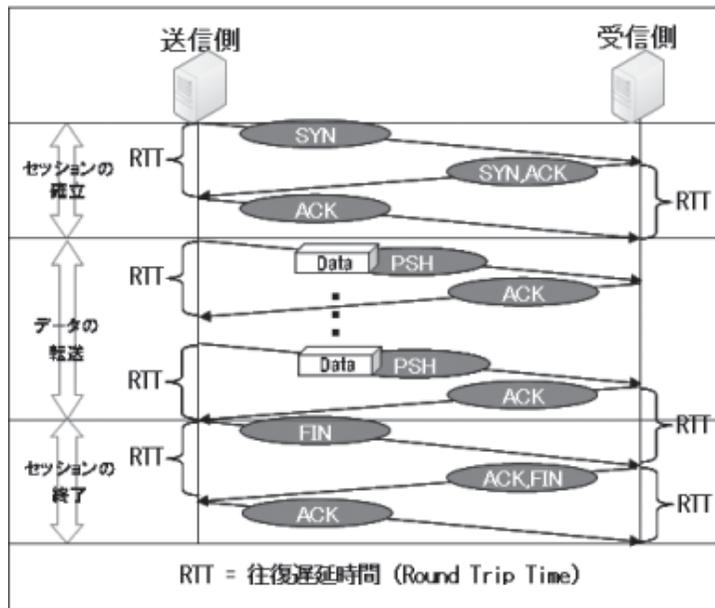


図1 TCPにおけるプロトコルの遷移とRTTの発生

図1のとおり基本的な TCP の手順でさえ、通信を行う対向機器間で複数の確認・応答パケットの往復を繰り返しながら通信フェーズが遷移することがわかる。各パケットの往復にかかるひとつひとつの RTT はネットワークの距離に比例して長くなり、さらにその積み重ねが最終的な通信遅延となる。より上位のアプリケーション層においてはこの手順が「おしゃべりなプロトコル」と表現されることもあるほど煩雑になり、長大な遅延時間を発生させてしまう。

2.1.2 代理応答機能による RTT の削減方法

LAN における RTT は WAN のそれと比べてはるかに小さい。また確認・応答のシーケンスは各プロトコル毎に規定されているため、一度確立されたセッションにおいては途中でネットワークの切断やパケット喪失がなければ予め通信の遷移を予測しパケットを折り返すことができる。この二つの条件を前提に代理応答機能が開発されてきた。

たとえば図1における送信側から「SYN」フラグがオンになっているパケットが送られた場合、経路上特に問題がなく且つ受信側機器が受信可能な状態であれば「SYN」と「ACK」のフラグがオンになったパケットを返すことが予測される。WAN を経由した場合は送信側のコンピュータは RTT 分の待機状態が発生し次のパケット送信を待たなければならない。仮に最初のパケットが WAN 回線に送信される手前で WAN 最適化装置が代理でパケットを返信すれば、送信側コンピュータの待機時間は LAN の応答時間分だけになるので、数 100 マイクロ秒程度で次のパケットを送出できることとなる。ちなみに WAN 回線における RTT は、回線の種別と距離にも依存するが、たとえば東京～大阪間で 20～30 ミリ秒といわれ、およそ 100 倍の応答時間を要する。

一方 WAN 回線をはさんだ受信側コンピュータのある拠点にも同様に WAN 最適化装置を導入することで、送信側で代理応答された通信を復元し受信側コンピュータに対してあたかも送信側コンピュータが発行したかのように通信パケットを受け渡すことができる。つまり一般的に WAN 最適化装置が各拠点に導入されれば、WAN 経由の通信は各社独自に実装された手順により、必要最小限の情報の絞りに絞ったシーケンスで実行される。これにより RTT の発生回数が減り、遅延時間が短縮される (図2)。

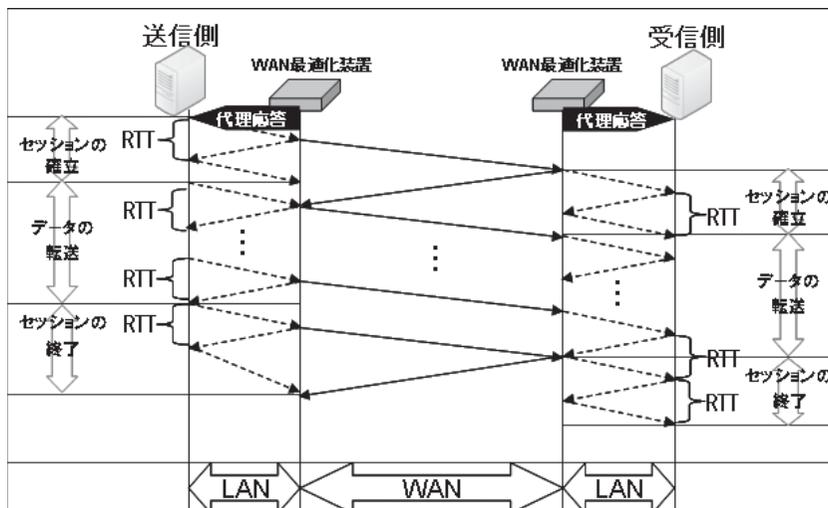


図2 WAN 最適化装置による RTT の削減と短縮

この WAN 最適化装置間の通信手順は装置の各製造元によって独自に開発され、その技術によって導入効果や適用用途に差異が発生している。補足ではあるが、各社装置に共通しているのは、送受信コンピュータ間で最低限必要とされるステータス情報や遷移情報についての同期は都度取り合うということである。たとえばファイル共有プロトコルである NFS や CIFS の通信を最適化する場合、編集中ファイルへのアクセス権の排他処理を行うためには、該当ファイルの編集中ステータスを遅延なくファイルシステム上に反映させておく必要がある。ファイルの編集状態のステータス情報は WAN 最適化装置間で同期がとられ、ファイルサーバーの排他処理が確実に完了されるように工夫されている。

2.2 キャッシュ機能による送受信データ量の削減

前節にて紹介した代理応答機能は、通信拠点間の距離が遠いほど RTT の削減効果が大きくなるのに対して、比較的近距離の WAN 通信においては、送受信データそのものを減らすキャッシュ機能がより有効といえる。キャッシュ機能とは、WAN 最適化装置内に搭載されたキャッシュストレージに一度通信されたデータを記憶し、二度目以降に同じデータの通信が行われた際に WAN 上に流れるデータを差分データのみで削減する機能をいう。当然回線をはさんで対向する WAN 最適化装置同士は同じキャッシュデータを持っていることが前提ではあるが、図 3 に示すように一度通信されたデータについてはキャッシュ上のどこに格納されている

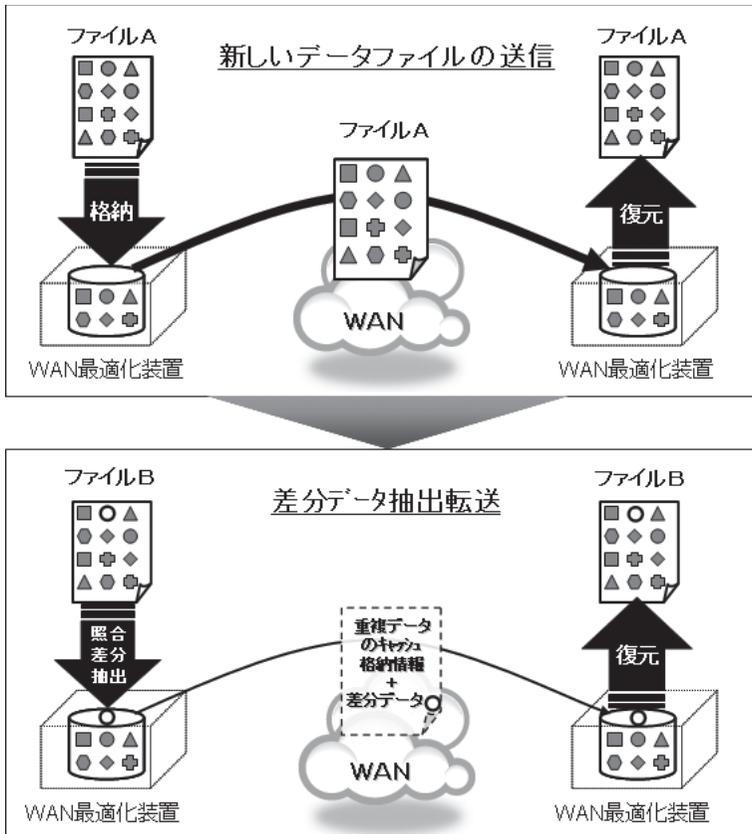


図 3 ファイル転送時のキャッシュ機能の基本的な動作

るかという情報のみを送信し、もしデータが更新されていればその差分データのみを送信する。このキャッシュ機能によって、WAN 回線に流される通信データは大幅に削減される。

キャッシュ機能の効果を高めるために、キャッシュデータのヒット率の向上とキャッシュ領域の有効利用が非常に重要な要素となる。その主な手法を本節の各項にて紹介する。

2.2.1 キャッシュデータの単位

キャッシュデータの管理単位には、ファイル単位、データブロック単位、バイト単位と様々な粒度があり、WAN 最適化装置の多くはデータブロック単位かバイト単位を採用している。ファイル単位のキャッシュデータ管理で差分を抽出した場合、たとえば 10 メガバイトのファイルのファイル名や更新日時が変更されただけでも、10 メガバイト分の差分データが生成されてしまう。一方バイト単位で差分抽出ができれば、同じ 10 メガバイトのファイルの中で漢字一文字が編集された場合であれば 2 バイト分の差分データと数バイトの更新情報データのみを差分データとして抽出することとなるため、WAN 上に流れる差分データの量ははるかに小さくなる。

昨今では WAN 最適化装置を構成するハードウェアの CPU スペックが十分に向上したため、バイト単位のキャッシュデータ管理が主流になりつつある。これは次項に紹介するキャッシュストレージ内の重複排除技術においても大きなメリットとなる。

2.2.2 キャッシュストレージにおける重複排除技術

キャッシュ機能においてキャッシュデータのヒット率の向上は非常に重要である。キャッシュデータの管理がバイト単位まで細分化されると、一旦 WAN 最適化装置を通過したデータファイルに含まれるバイトデータがキャッシュストレージに蓄積されることとなるが、この際に重複排除技術を採用してストレージの使用効率を高め、結果キャッシュデータ量が増えれば、キャッシュのヒット率向上にもつながる。

重複排除技術とは、たとえば同一の文字列が複数のデータファイルに含まれる場合、これを単一のキャッシュデータとして記憶し複数のデータファイルへの関連付け情報を格納しておくことである。つまり限られたキャッシュストレージの容量に対してより多くのキャッシュデータを格納し、キャッシュのヒット率を向上するとともにキャッシュストレージの消費容量を大幅に削減することが可能になるのである。このようなキャッシュストレージにおける重複排除技術は多くの WAN 最適化装置で採用され、WAN 最適化装置の導入効果をより高めることに貢献している。

2.2.3 多拠点接続におけるキャッシュストレージの利用効率向上

WAN 最適化装置は対向拠点において同一のキャッシュデータを保持していることが前提である旨については既に説明したとおりだが、キャッシュデータを格納するストレージの利用効率が高いほど大容量のキャッシュデータが格納され、ヒット率が向上する。ストレージの利用方法として、対向拠点毎に領域を分けてデータを格納する方式と、全対抗拠点で共通の領域を共有する方式に大別される。

対向拠点毎に領域を分割する場合、たとえば通信先拠点 5 箇所と通信する WAN 最適化装置が 10 ギガバイトのストレージ領域を持っていれば、1 箇所の対向拠点あたりおよそ 2 ギガ

バイトのキャッシュ領域しか使えないこととなる。しかも各拠点間通信においては同様なデータが送受信されるケースが想定されるため、各キャッシュ領域に対して重複したデータが格納される可能性が非常に高くなる。

これに対してキャッシュストレージの利用効率を向上するために生み出された方法が全拠点でのストレージ領域共有化である。全対向拠点に対して共有のキャッシュ領域を開放することで重複排除率が高まり、各対向拠点におけるキャッシュヒット率も大幅に向上する。結果としてWAN上に流れる差分データの量が削減されることとなる。

2.3 TCP ウィンドウサイズの自動調整機能によるパケットあたりの伝送効率の向上

WAN 最適化装置を介した TCP 通信において、パケットあたりのデータ転送量を最適化するウィンドウサイズの自動調整機能が独自に機能していなければならない。通常の TCP/IP のノード間通信では、予め設定された TCP ウィンドウサイズによりデータの転送が開始され、送信側ノードは受信側ノードのデータバッファの空き容量によってウィンドウサイズを調整しながらデータの送信を行う。代理応答機能や重複排除機能によって WAN 経由の通信を最適化してしまう WAN 最適化装置間の通信においては、実際にデータを送受信しているノードとは別に WAN 最適化装置同士でウィンドウサイズを最適化する機能が求められる。

2.3.1 TCP パケットの構造とウィンドウサイズ

TCP のパケット構造は図 4 に示すようにヘッダ情報部分とデータ格納部分に大別され、パケットのあて先・送信元情報や通信のシーケンス情報等を格納するヘッダ情報部分を除いたデータ格納部分の大きさに依存して、一度のパケット転送によって送信されるデータの量が増減する。通常の TCP 通信においては、データの送受信をするノード間で予めウィンドウサイズが設定され、通信の状況に応じてウィンドウサイズを調整する転送フロー制御の技術が用いられる。

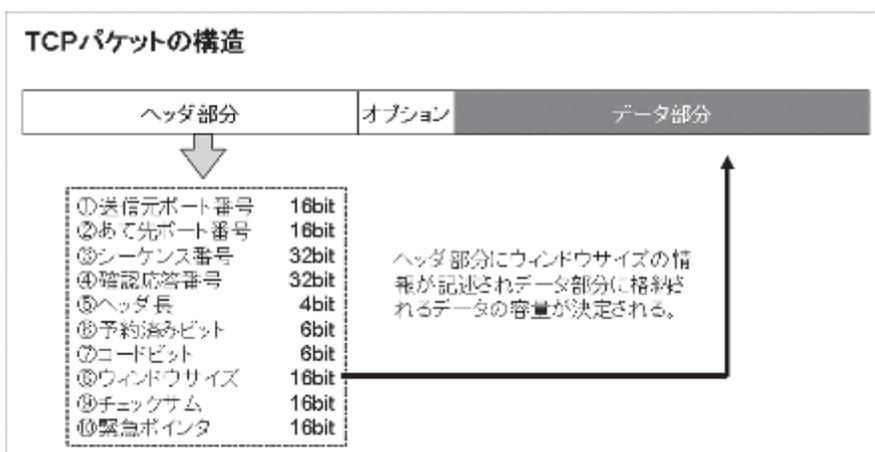


図 4 TCP パケットの構造

2.3.2 WAN 最適化装置間の通信におけるウィンドウサイズの自動調整

WAN 最適化装置間では代理応答機能やキャッシュ機能を利用して通信の最適化を行ってい

そのため、最適化前の通信とは異なるパケット応答とデータ内容を送受信している。このため WAN 最適化装置間では独自にウィンドウサイズを最適化する必要がある。一方で元のデータを送受信しているノードは WAN 最適化装置との間で TCP ウィンドウサイズを調整しながら通信を続行する。このように WAN 最適化装置は LAN 側/WAN 側それぞれの TCP ウィンドウサイズを自動調整することで WAN 経由の TCP の通信を最適化している。

2.4 WAN 回線の通信におけるパケット喪失と到達順の不整合

WAN 経由の通信の遅延と品質低下の要因としてパケットの喪失と到達順序の不整合があげられる。パケットの到達確認を行う TCP の通信においては再送要求の原因となり、その積み重ねが通信遅延となって現れる。またパケットの到達確認を行わない UDP の通信においてもパケット喪失や到達順の不整合はデータの欠落とみなされて、たとえばビデオコンテンツの送信であれば画像にはブロックノイズとして表れ、音声が途切れ途切れとなる。これらの問題を解決するために WAN 最適化装置の中にはパケット補正機能を備える製品も存在する。

2.4.1 喪失パケットの補填機能

WAN 回線では比率の大小があるにせよパケット喪失が発生している。LAN に比べてはるかに長距離の経路をたどる WAN 回線においてはその途中に多くの中継機器や長距離ケーブルが存在する。電気もしくは光の信号の減衰や接点における信号の欠落など、パケット喪失の原因となる物理的な要因が多数介在するため、通信品質の向上を求めれば回線コストが高騰することとなる。

喪失パケットの補填機能として、パリティ情報によるパケット復元機能があげられる。パケットの送信時に連続するパケット同士でパリティ情報を持ち合うことで、万一いずれかのパケットが欠落してしまっても、無事に到達した残りのパケットに格納されたパリティ情報を再計算し、欠落パケットに格納されていたデータを復元することができる (図 5)。

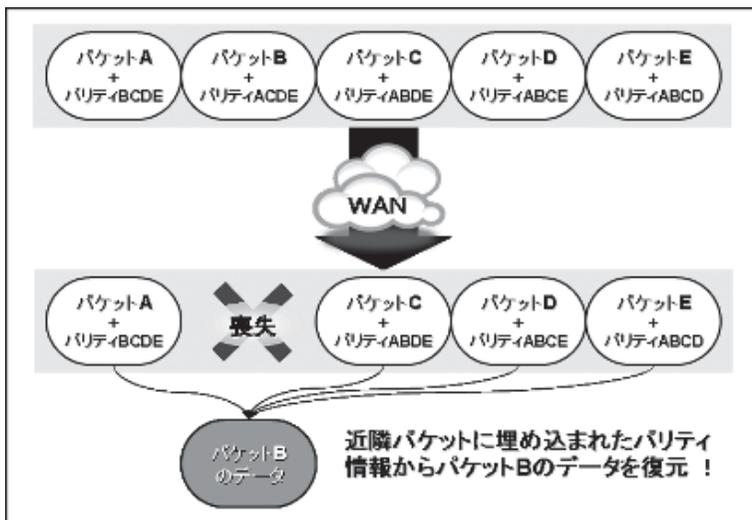


図 5 パリティ情報による欠落データの復元

2.4.2 パケット到達順序の補正機能

WAN 回線の種別によっては、データ送信元から受信先までの回線経路が固定されていない場合がある。IP 通信においては送信パケットが細かく分割されて送信されている。安価なブロードバンド回線に送出されたパケットは、その瞬間瞬間において回線負荷の低いルートを選択して目的の宛先に転送されてゆく。最終的に到達したパケットは必ずしも送信時の順序に従って到達していないため、UDP 等のパケットのシーケンスが制御されていない通信プロトコルにおいては正しくデータが復元できないこととなってしまう。WAN 最適化装置にパケットの到達順序の不整合を補正するシーケンス管理の機能を持たせることにより、たとえば UDP による映像や音声データを安価なブロードバンド回線経由でも正しく再生し視聴することが可能になる。

3. クラウド環境における WAN 最適化装置の導入効果と適用分野

ここまで紹介してきたとおり、WAN 最適化装置は、複数の機能を実装しそれを組み合わせることで WAN 通信における転送速度と通信品質の向上を実現している。本章ではクラウド環境における課題の解決ソリューションとしていくつかの活用例を紹介する。

3.1 アプリケーション通信の最適化

クラウドインフラのデータセンターへの仮想統合が進み、システム利用者の端末から WAN 回線経由のサーバーへのアクセスが増加するにつれ、レスポンスの低下がストレスとなる。具体的にはサーバーコンピュータとの間で TCP/IP による通信が発生するようなアプリケーションソフトウェアを利用している場合、当該アプリケーションに対する代理応答機能の対応如何で最適化効果に大きな差異が生まれる。

当社が販売している米国リバーベッドテクノロジー社製 SteelHead シリーズは、代理応答機能のアプリケーション対応数と実績において群を抜いており、ファイル共有システムやグループウェアシステム、データベースシステムの最適化に大きな効果が見られる。当社でも多数の導入事例があり、中にはパーソナルコンピュータに同社のクライアント用ソフトウェアを導入したモバイル環境への対応事例も存在している。表1にその導入効果の一例をあげる。

表1 アプリケーション通信の最適化例

最適化対象アプリケーション	アクセス速度の向上
ファイル共有(CIFS)	～200倍
ファイル共有(NFS)	～ 55倍
メール(Exchange)	～ 50倍
グループウェア(Notes)	～ 70倍
データベース(MS-SQL)	～ 10倍
データベース(Oracle-SQL)	～ 5倍

3.2 マルチメディア通信およびストレージ間通信の最適化

現在利用されているクラウドサービスにおいて、映像・音声のコンテンツを利用したマルチ

メディア通信の増加は目を見張るものがあるが、同時に WAN 回線の速度と品質の向上が求められることとなる。特にマルチメディア通信やストレージ間のデータ複製通信において利用される UDP は、パケットの到達確認や再送要求などを行わないことで通信遅延を排除しリアルタイム性の用途に適した特性を持っている。そのため比較的品质の低い通信となり、パケットロスが発生した場合は映像であればブロックノイズとして表れ、さらに音声であれば完全に音が抜けることとなる。

当社の取り扱い製品である米国シルバーピークシステムズ社製の NX シリーズは、パケットの喪失補填と順序補正の機能を実装した WAN 最適化装置として他社に類を見ない製品である。たとえば UDP を使ったビデオ会議や IP 電話の通信においては、喪失パケットの補填により高品質な画像・音声の伝送を実現する。またストレージ間のデータ複製・バックアップなど UDP による通信でありながらアプリケーション層でデータの到達確認と再送要求を行うケースにおいても、パケットの補填・補正機能は有効で、比較的回線品質の低いブロードバンド回線を利用して低コストのシステム運用が可能になる。表 2 にその導入効果の一例を挙げる。

表 2 UDP 通信の最適化例

最適化対象アプリケーション	アクセス速度の向上
ビデオストリーミング	～ 50倍
ストレージデータ複製(EMC-Replicator)	～ 30倍
バックアップ(Legato)	～ 20倍

3.3 仮想デスクトップ環境における最適化

昨今注目されている仮想デスクトップシステムにおいては、前 2 節で紹介した TCP 通信・UDP 通信の双方が活用されており、システム設計の段階で要件に応じた機器の選定が重要になる。たとえばデスクトップ画面の転送そのものは TCP 通信により実装されていても、その上で利用されるアプリケーションによっては、音声や画像のデータをネイティブな UDP 通信として送受信できるように制御するソフトウェアも提供されている。つまりどのようなアプリケーションプログラムの通信を最適化する必要があるかによって WAN 最適化装置の機種選定を行う必要がある。その基準については前 2 節を参考にご覧いただきたい。

4. おわりに

本稿の執筆にあたり改めて当社での WAN 最適化装置の取り扱いの歴史を振り返った。2005 年より本格的に販売を開始して以来、様々な業種・業態のお客様に採用頂き、現在も稼働している。昨今用途が広がっていることはこれまで紹介してきたとおりだが、国内のみならず海外拠点との通信環境改善にご活用いただいている例も少なくない。特に国際回線や相手先の国内回線の事情によっては遅延・パケット喪失が使用に耐えないケースも多く、結果的に各国毎にサーバーやアプリケーションを配置することとなり、投資・セキュリティの両面で改善を望まれるお客様も多い。既述のとおりクラウドサービスの浸透とメディア系データの増大により WAN の利用環境に対する要求はますます厳しくなっており、WAN 最適化装置の利活用の場は今後更に増大すると考えている。これまで培ってきた最適化技術がお客様のクラウド環境の

利活用改善につながることを期待しながら執筆する。

執筆者紹介 高木 経 夫 (Tsuneo Takagi)

2004年(株)ネットマークス入社。営業部門にてサーバー/ストレージ、WAN最適化装置、統合ID管理システム等の販売を行う。2008年より商品企画部(現マーケティング部)にて商品化・商品管理・販売プロモーション業務に従事。

