ユニファイドネットワークコントローラPureFlow WSXの開発

安齋賢二 Kenji Anzai, 龍 浩一 Koichi Ryu, 三枝 淳 Saegusa Atsushi, 佐藤敬幸 Takayuki Sato,
小野達也 Tatsuya Ono, 藤井翔也 Syoya Fujii, 小田純矢 Junya Oda

［要 旨］ データセンタ／通信事業者の設備に最適な高性能 TCP 高速化／帯域制御装置・ユニファイドネットワークコントローラ・NF7600 シリーズ(PureFlow WSX)を開発した。長距離通信で発生する伝送遅延や，通信品質の低下による TCP 通信の速度低下を抑えるため，新開発の TCP 高速化エンジン，高速再送機能，TCP-FEC 機能に加えて，高精度帯域制御機能を採用した。グローバルネットワークの伝送遅延を大幅に削減し，インターネットなどパケット廃棄率が比較的高い環境におけるスループット向上を可能とすることで，大容量データを高速転送する 10 Gbit/s 対応 TCP 高速化機能を実現した。

1 まえがき

昨今，企業活動で取り扱うデータの大容量化が進み，集められたビッグデータの分析，保管，共有のために社内の情報管理設備(オンプレミス)に加えて，クラウドサービスなどの外部リソース(オフプレミス)をグローバルに活用する企業が続々と登場している。

クラウドサービスは，遠距離にあるデータセンタのサーバにネットワーク経由でアクセスする。しかしながら，現状の長距離通信を取り巻く環境には，次のような問題が存在する。

(1) TCP(Transmission Control Protocol)通信方式は遅延が大きいネットワークにおいてスループットが低下する。グローバルな長距離通信では数多くの中継器を通過する際，距離による通信遅延が発生する。TCP通信では確実にデータが届くことを保証するため，受信したパケットに対して ACK と呼ばれる確認応答を返す。送信側では ACK を受信するまで後続のパケット送信を待つため，ここに待ち時間(RTT: Round Trip Time)が発生する。RTT が長くなると，後続のパケットを送信するまでの時間が遅延するため，結果的に TCP 通信のスループットが低下する(**図 1**)。

(2) 海外では現地回線の通信品質が保証できない場合があり，伝送装置や伝送路の通信品質の問題でデータが損傷しパケット廃棄が発生する。この場合，一定時間を待ってデータ再送が行われるため，通信速度が著しく低下する。

(3) 狭帯域の国際専用線を利用する場合，使用するデータ量によっては回線上で輻輳が発生し中継器でデータパケットがあふれてパケットが廃棄される。パケット廃棄が発生すると，送信側では ACK のタイムアウトを検出し，パケットが再送されるため，スループットが確保できない。

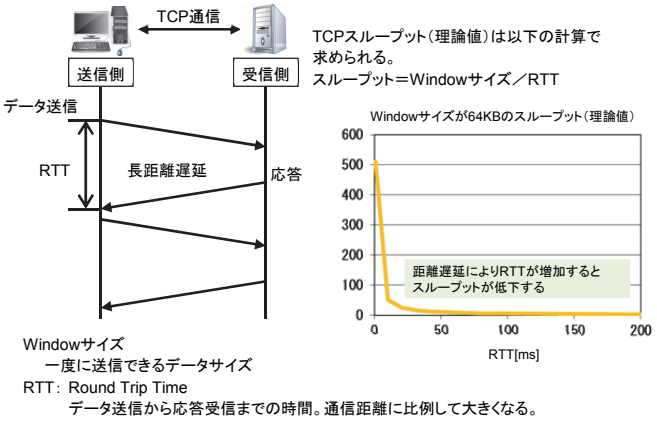

図 1 TCP 通信における遅延メカニズム

これらの問題により，データ転送に多大な時間を要し，全国各地に分散している拠点間の情報共有化の遅延による業務効率の低下を招いている。こうした背景から，長距離通信における高速な通信基盤へのニーズが確実に高まっている。

当社は，これまで帯域制御装置を開発してきた経験を生かし，長距離通信を行う WAN(Wide Area Network)に関する前述の諸問題を統合的に解決できる NF7600 シリーズ ユニファイドネットワークコントローラ PureFlow WSX(以下，WSX)(**図 2**)を開発した。

図 2 PureFlow WSX の外観

本装置は，送信側と受信側，いわゆるネットワークの両端に設置することで，利用者に対し高速で安定した通信の提供を実現するものである(**図 3**)。

本稿では，WSX で採用した技術および特長について紹介する。

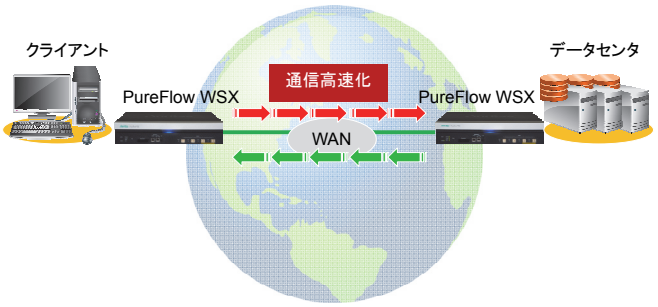

図 3　PureFlow WSX の運用イメージ

2　開発方針

企業のネットワークをグローバルに展開した場合，各拠点ごとに回線品質の状態が異なるため，回線品質によるスループット低下が問題になる。また，グローバルな企業は拠点の数が増加する傾向にあるが，拠点が増加するとともにネットワーク管理者の負荷が大きくなる。このような企業においても，高品位な業務環境を容易に提供できるようにすることを目的とし，以下の点に留意した。

2.1　TCP 高速化機能

先に述べたとおり，従来の TCP 通信方式では送信側と受信側が長距離になるほど通信遅延時間が大きくなり，ACK 応答が遅く RTT が大きくなることで TCP 通信のスループット低下を招くことが知られている。

WSX では，通信遅延時間によるスループット低下を回避し，長距離でも高速な TCP 通信を行うため，WSX 間で“高速 TCP トンネル”を構築することで，TCP 通信の高速化を可能とする。

2.2　高速輻輳制御機能

TCP 通信のスループット低下要因には，通信遅延時間のほかにパケット廃棄がある。従来の TCP 輻輳制御アルゴリズムでは，ネットワークの輻輳によってパケット廃棄が発生すると送信速度を減少させ，パケット廃棄がないときは送信速度を徐々に増加させる。そのため，一度送信速度が落ち込んでしまうと送信速度の回復に時間がかかるため，パケット損失が多いネットワークでは，著しく TCP 通信のスループット低下を招くことが知られている。

このネットワーク輻輳による送信速度の低下を回避し，通信容量を効率的に使用するためには，ネットワークの通信速度にリアルタイムに追従して TCP 通信の送信速度を調整する輻輳制御機能が必要である。

WSX の“高速 TCP トンネル”では，パケット損失が発生したときの通信速度の低下を緩やかにする新たな輻輳制御アルゴリズムを開発することにより，パケット廃棄が多い環境でも十分な通信性能を発揮することを可能とする。

2.3　TCP-FEC 機能

TCP 通信ではパケット廃棄が発生すると再送処理が行われるため，スループットが著しく低下してしまうのは前述のとおりである。

WSX の“高速 TCP トンネル”では，TCP パケットの冗長データを付加する新たな TCP-FEC 機能を開発することにより，パケット廃棄時でも再送することなく，廃棄されたパケットを復元することでスループット低下の回避を可能とする。

2.4　SMB 高速化機能

SMB(Server Message Block)は，Windows ネットワークにおいて，共有フォルダやネットワークドライブによりファイルサーバのファイル共有をする際に使用するプロトコルである。SMB プロトコルは TCP 通信同様，長距離通信に伴う遅延の影響で SMB プロトコルにおけるリード／ライトのセッション時間が長くなる。結果として，データ転送時間が著しく遅くなり業務に支障をきたすため改善する必要がある。

WSX の“高速 TCP トンネル”では，SMB プロトコルのコマンド通信を最適化してファイルリードやファイルライトの操作を高速化する。

2.5　高精度帯域制御

サーバの高性能化，ネットワークの高帯域化により，ミリ秒単位で瞬間的にトラフィック量が増大する現象（以後，マイクロバースト）が発生しやすくなっている。このマイクロバーストは，ネットワークにおいて，トラフィックの輻輳によるパケット損失を引き起こし，TCP 通信のパフォーマンス低下を招くことが知られている。

WSX では信頼性の高い通信ネットワーク実現のため，パケットの送出タイミングをマイクロ秒オーダで制御する高精度制御と，装置スループット性能 10 Gbit/s に対応する。

2.6　クラウド型サービスとの連携

クラウド型サービスのネットワーク管理者は，新しいサービスを立ち上げるたびに，仮想サーバや仮想ネットワークだけでなく，その基盤となる物理ネットワークの設定も変更しなければならない。従来，ネットワーク管理者は，個別に手作業で設定していたが，運用負荷を軽減するため WebAPI(Web Application Programming Interface)を使った自動化が進められている。このニーズに応えるため，WSX は WebAPI に対応した。

また，WebAPI の代表的なプロトコルとして，SOAP(Simple Object Access Protocol)と REST(Representational State Transfer)がある。かつては，WebAPI として使用できるプロトコルは SOAP だけだったが，現状のクラウド型サービスでは REST が多い。このことから，WSX は REST を使った WebAPI を実装した。

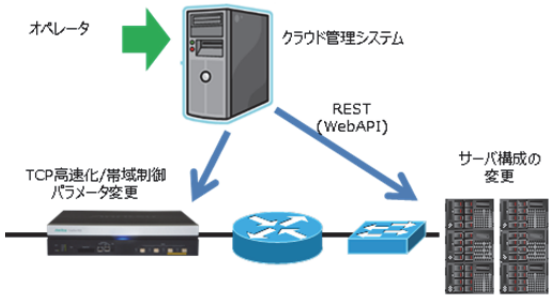

図 4　クラウド基盤管理システム

3　装置設計

3.1　装置構成

本装置のブロック図を図 5 に示す。本装置は，装置管理部，パケット処理部，電源ユニット，ファンユニットで構成している。障害発生時のリスクを最低限にするため，それぞれのユニットは独立して動作する。万が一，装置管理部に障害が発生しても，パケット処理部は動作を継続することができるので，ネットワークサービスを継続させることができる。

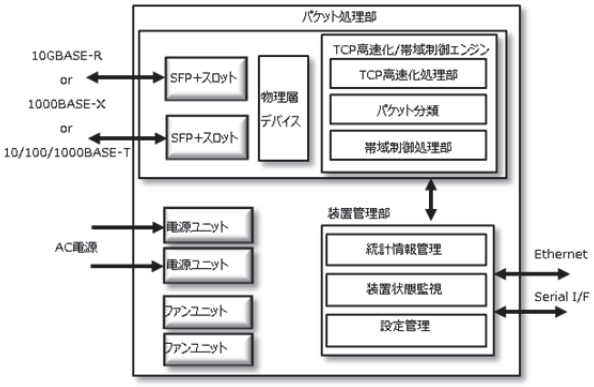

図 5　システムブロック図

3.2　TCP 高速化／帯域制御エンジン

パケット処理部にある TCP 高速化／帯域制御エンジンは，受信したパケットをシナリオと呼ぶ制御単位に分類する。このシナリオに分類した制御単位で TCP 高速化や SMB 高速化，帯域制御などを実行する。パケットに対してさまざまな処理を高性能で，かつ，高精度で行うため，多数の CPU コアをもつマルチコアプロセッサを使用した。TCP 高速化処理，パケット分類処理，スケジュール処理を，独立した CPU コアで並列処理を行う WARP(WAN Acceleration Relay Pipeline)技術を独自に開発し，TCP 高速化／帯域制御エンジンに適用した。WARP 技術により，TCP セッションごとに最適量の通信データ格納用バッファを自動で割り当て，処理分解能を高め，高性能な TCP 高速化通信を実現した。

TCP 高速化は，送信側のクライアントから受信側のサーバに対する TCP 通信を，経路上に設置された WSX がサーバの代理で処理を行い，TCP プロトコル処理を終端(以後 TCP 終端)することで実現した(図 6)。例えば，TCP 通信ではデータをサーバに送信し，受信したサーバが応答(ACK)を返信する。しかし WAN の遅延が大きい環境では ACK の返信が遅くなるため，クライアントは次々とデータを出せず，性能低下が発生する。WSX による TCP 高速化では，クライアントからのデータに対し，クライアント側に設置された WSX がデータを一旦バッファリングし，ACK をサーバの代理で返信する。バッファリングしたデータをサーバ側に設置された WSX との間で独自開発した高速 TCP トンネルで伝送し，サーバ側 WSX がクライアントになり替り TCP 通信によりサーバに送り届けられる。これらの一連の処理により，WAN 回線の遅延に影響されない高速通信が実現できる。

また，TCP 高速化は TCP 終端のためのバッファリング，代理応答，高速化トンネル，帯域制御処理といったさまざまな処理をパケットごとに行う必要がある。これらを逐次処理で行うと，処理時間が積み上がり 10 Gbits/s のスループットは出せない。WSX は 10 Gbits/s のスループットを達成するため，マルチコアプロセッサによる並列パイプライン技術(WARP 技術)を開発し，10 Gbits/s のスループットを達成した。

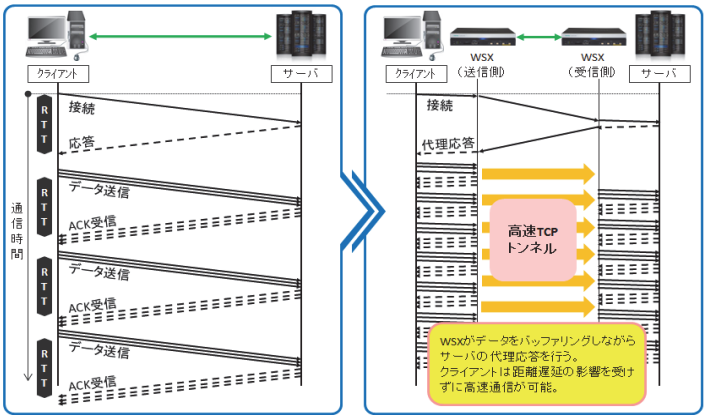

図 6　TCP 代理応答シーケンス

WSX の TCP 代理応答，SMB 高速化処理，高速化トンネル，データ圧縮化処理，帯域制御処理をさらに細かい処理ステージに分割し，全体で 8 段のパイプライン処理構造とした。これらのパイプライン処理をマルチコアプロセッサによって並列処理化することで高スループットを実現した(図 7)。

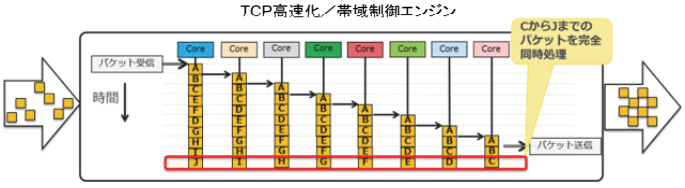

図 7　マルチコアプロセッサによる並列処理

3.3　高速輻輳制御機能

WAN 回線においてパケット廃棄が発生しても，安定して高いスループットの通信が実現可能とする目的で，独自の高速輻輳制御方式の高速適応 TCP(High Speed Adaptive TCP)を適用したWSX 間の「高速 TCP トンネル」技術を開発した。高速適応 TCP は，パケット廃棄と回線遅延などの回線条件に依存せず，パケット廃棄が多い環境においても高速な TCP 通信を可能にする。TCP の特長であるスロースタートアルゴリズムを改良し，通信の手順を変更することなく，通信開始から適切な転送レートに達するまでの時間を短縮した。また，パケット廃棄のパターンから輻輳が発生する転送レートを推測し，転送レートを細かく調整することで，必要以上の転送レートの落ち込みを防止した。

高速適応 TCP は，**図 8** の①Rapid Start 状態と②Optimal Congestion Control 状態の 2 つの状態を持つ。通信開始時は，①Rapid Start 状態から開始する。この状態は，通信レートの上限を検出するため，通信レートを時間とともに増加させる。回線容量の上限に達したとき，②Optimal Congestion Control 状態に遷移し，通信帯域を微調整する。それぞれの状態において，パケットの廃棄パターンから通信レートの変化量を算出する。状態①では高速な立ち上がりを，状態②ではより細かな転送レートの微調整を可能にする。パケット廃棄が連続して発生した場合は，転送レートの下げ幅を大きく，また，パケット廃棄なく通信できているときは，転送レートの上げ幅を大きくする。これによりWSX は，高速なTCP 通信を実現する。

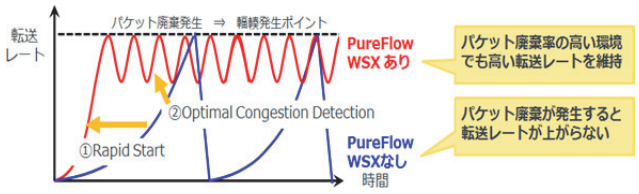

図 8　輻輳制御

3.4　TCP-FEC 機能

高廃棄率環境において，パケット廃棄によるパケット再送が発生すると転送レートが著しく低下する。FEC(Forward Error Correction)技術を用いて送信側でパケットを冗長化し，受信側でパケット廃棄を検出・復元することでパケット再送を低減し，安定した転送レートを実現した(**図 9**)。

送信側の WSX では，クライアントから受信したパケットのデータ部を抽出し，データストリームを構築する。次にデータストリームから予め定められたデータブロックサイズのデータを取り出し，FEC 冗長ブロックを生成する。そして，FEC 冗長ブロックを含むデータストリームをパケット化して送信する。

受信側の WSX では，パケット廃棄による欠損データを検出し，FEC 冗長ブロックのデータを用いて欠損データを復元する。その後，サーバへ FEC 冗長ブロックを除いたパケットを送信する。

WSX 間の高速 TCP トンネルに FEC 機能を持たせることにより，WSX 間の通信経路でパケット廃棄が発生しても，データ復元により再送を回避することができ，高い転送レートを維持することが可能である。

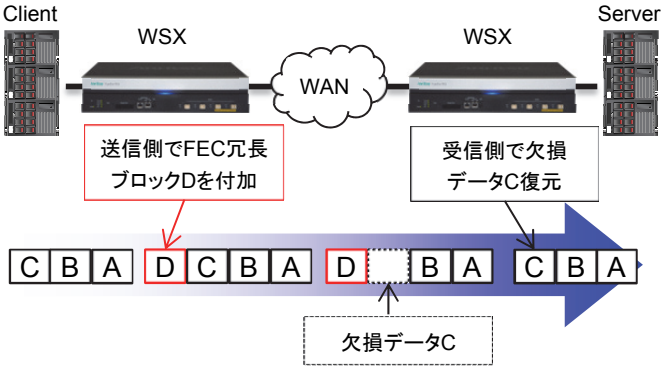

図 9　FEC 機能

3.5　SMB 高速化機能

SMB(Server Message Block)プロトコルは，Windows ネットワークにおいて，共有フォルダ設定やネットワークドライブを設定することでファイルサーバのファイルを共有するときに使用するプロトコルである。

SMB プロトコルによる通信は，クライアントからの SMB コマンド要求と，サーバからの SMB コマンド応答で行われる。クライアントがサーバ上のファイルを操作するとき，アクセス権を要求する Open 要求，属性を読み出す QueryInfo 要求，ファイルの内容を読み出す DataRead 要求，ファイルの内容を書き込む DataWrite 要求，アクセスの終了を通知する Close 要求などを使用する。ファイルリードを行うとき，使用する SMB コマンドは，Open 要求，QueryInfo 要求，DataRead 要求，Close 要求である(**図 10** 左側)。SMB コマンドの応答を受信するまでの時間は，回線遅延の影響を受け，ファイルリードの完了が遅くなる。たとえば，回線遅延が 100 ms だった場合，1 秒当たりに操作できるファイル数は，2 から 3 ファイル程度に制限されてしまう。

この問題を改善するため，SMB 高速化機能は，SMB プロトコルでの通信を最適化し，ファイルリードやファイルライトの操作を高速化する(**図 10** 右側)。クライアントから Open 要求が送信されたとき，クライアント側の WSX は，クライアントからの Open 要求を検出し，サーバ側の WSX に通知する。サーバ側の WSX は，この通知を受信したとき，クライアントが必要とするコマンド要求を予測し，代理で

QueryInfo 要求や DataRead 要求をサーバに送信する。サーバ側の WSX は，サーバから受信したコマンド応答をクライアント側の WSX に通知することで，クライアント側の WSX は，クライアントから QueryInfo 要求や DataRead 要求が送信される前に，これらのコマンド応答を準備する。これにより，クライアントから QueryInfo 要求が送信されたとき，クライアント側の WSX からコマンド応答を返信し，回線遅延の影響を削減する。

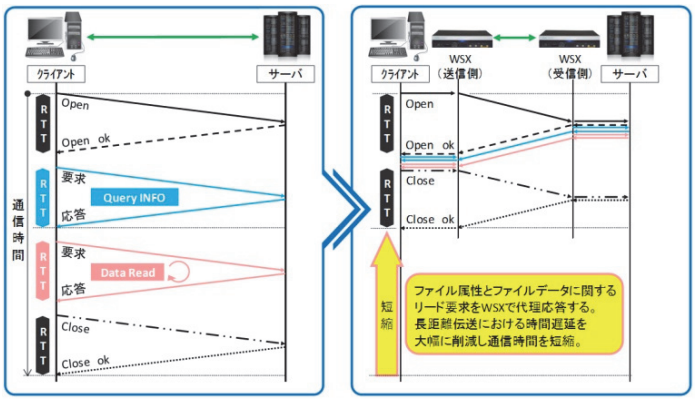

図 10　SMB プロトコルの最適化

3.6　高精度帯域制御機能

高精度な帯域制御エンジンは，マイクロバーストをもつトラフィックに対しても効果を発揮する。1 パケットごとに送信タイミングを制御することで，理想的なパケット間隔を持つ滑らかなトラフィックに最適化することができる(**図 11**)。

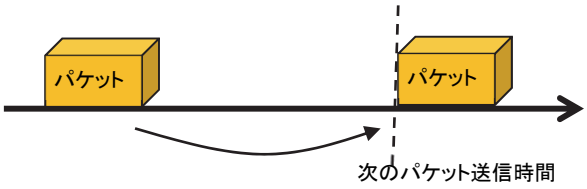

図 11　パケットスケジューリング

これら処理を高速で実現するため，パケットごとの帯域制御処理を複数のコアで分散処理を行う。受信したパケットは複数のコアに分散され，パケット識別，帯域制御処理を行う。複数シナリオのパケット送出時間が重なる場合はコア間で送出タイミングを調停し，送出タイミングが重ならないようにした(**図 12**)。

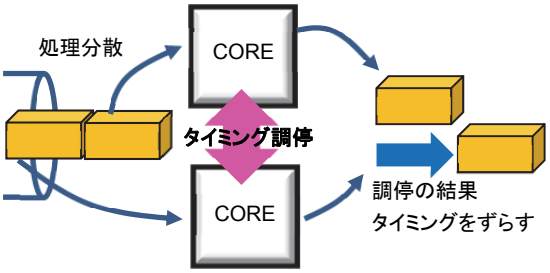

図 12　マルチコアプロセッサによるパラレルスケジューリング

また，帯域制御エンジンは，調停による遅延の影響がないように，次の送出タイミングを算出する。**図 13** は，調停による遅延が発生したときの例である。シナリオ B の 1 個目のパケットが調停により遅延させたとき，帯域制御エンジンは，シナリオ B の 2 個目の送出パケットの送出タイミングを，調停による遅延を差し引いて算出する。このようなパケットスケジューリングを実行することで，遅延が累積することを防止し，送出帯域の誤差を 1%未満に抑えることを可能にした。

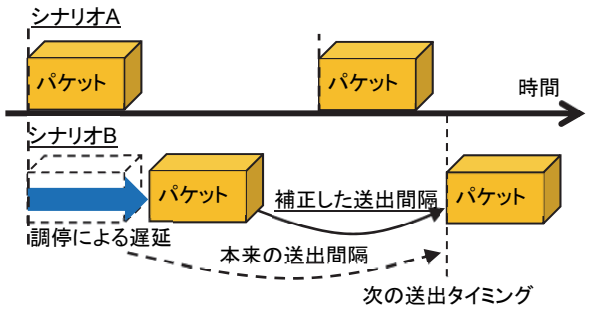

図 13　パケットスケジューリングの競合

3.7　装置管理部

装置管理部は，設定情報の表示や変更，通知，装置ステータスを管理するためのユーザインタフェース機能を処理する。シリアルコンソール，TELNET，SSH(Secure Shell)，SNMP(Simple Network Management Protocol)，WebGUI(Web Graphical User Interface)など一般的なネットワーク管理プロトコルに加え，クラウド型サービスと連携するため WebAPI に対応した。

4　高速化の効果

4.1　TCP 高速化の効果

WAN 回線ネットワークにおける高性能 TCP 高速化の効果を示す。データセンタ間のネットワークを想定したテストネットワークを構築し，検証・評価を行った。テストネットワークは，擬似 WAN 回線を挟み，データセンタ側に HTTP(Hypertext Transfer Protocol)サーバを，クライアント側に HTTP クライアントを配置する(**図 14**，**図 15**)。

擬似 WAN 回線は，転送レート 10 Gbit/s をピークレートとし，遅延時間を変化させた。本検証では，5 GByte の大容量ファイルをサーバ側からクライアントにダウンロードした場合の平均転送レートと転送時間を測定した。

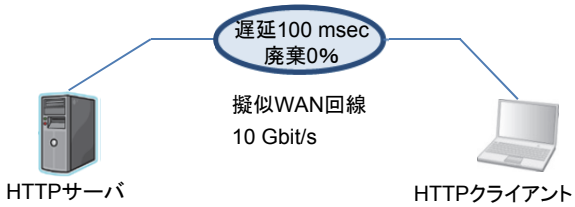

図 14　試験構成 1(TCP 高速化なし)

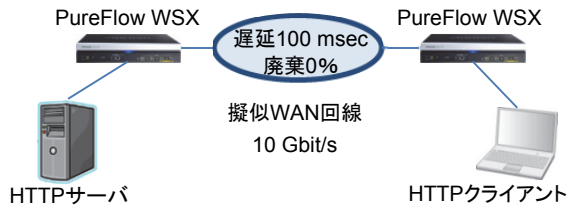

図 15　試験構成 2(TCP 高速化あり)

表 1 は，HTTP クライアント 10 セッションで実測した，遅延 100 msec の擬似 WAN 回線の平均転送レートとファイル転送が終了するまでの転送時間である。TCP 高速化がない場合と TCP 高速化を実施した場合を比較すると，TCP 高速化を実施した方が，平均転送レートも約 10 倍高く，また，ファイルダウンロードが終了するまでの時間も 10 分の 1 に短縮できた。

表 1　平均転送レートと転送時間(RTT 100 msec)

項目	平均転送レート	転送時間
TCP 高速化なし	851.0 Mbit/s	47.0 秒
TCP 高速化あり	8.6 Gbit/s	4.6 秒

また**図 16** は，TCP 高速化がない場合と TCP 高速化を実施した場合の平均転送レートを往復遅延時間ごとにサンプリングしグラフ化したものである。

TCP 高速化がない場合は，遅延 400 msec の擬似 WAN 回線の実効レートは 10 Gbit/s であるにもかかわらず，平均転送レートは 316.0 Mbit/s となった。これは，TCP 通信のデータの送信側において，ネットワークの往復遅延時間により，ACK の返信を待つ時間が長くなったため，転送レートが低下した。

これに対し，TCP 高速化がある場合は，8.5 Gbit/s 以上の平均転送レートとなった。これは，TCP 高速化による ACK の代理応答の効果である。データの送信側に対して ACK を直ちに返信することにより，データ送信側の待ち時間が短縮された結果である。

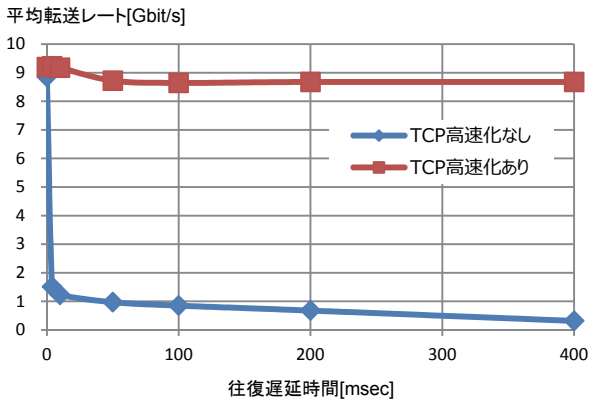

図 16　TCP 高速化によるスループット

次に，パケット廃棄があるネットワークにおける，TCP 高速化の効果を測定した。**図 17** は，TCP 高速化がない場合と，TCP 高速化がある場合(TCP-FEC なし／TCP-FEC あり)を比較したものであり，擬似 WAN 回線でのパケット廃棄率を変化させたときの平均転送レートをサンプリングしグラフ化したものである。

TCP 高速化がない場合，擬似 WAN 回線は 10 Gbit/s であるにも関わらず，パケット廃棄率が 1%のとき，平均転送レートが約 0.9 Mbit/s まで著しく低下した。この原因は，TCP の輻輳制御と再送制御の動作に起因している。通常の輻輳制御が動作すると，一時的なパケット廃棄を回線輻輳によるパケット廃棄として誤って判定し，この結果，データ送信側が転送レートを制限してしまう。また，通常の再送制御が動作すると，欠落したデータが届くまでの間，再送データしか送信できない状態になる。このため，実質的なデータ送信ができず，転送レートが低下してしまう。これらの要因から，転送レートが低下したままの状態が継続し，平均転送レートが著しく低下した。

これに対し，TCP 高速化を適用した場合(TCP-FEC なし)では，平均転送レートは，755 倍の 680 Mbit/s となった。これは，高速適応 TCP による輻輳制御が，一時的なパケット廃棄と帯域超過によるパケット廃棄を識別しながら TCP の転送レートを適切に調節した効果である。

さらに，TCP-FEC を適用した場合(TCP-FEC あり)では，843 倍の 759 Mbit/s となった。これは，TCP-FEC が欠落データを補間し，パケット再送制御を削減した効果である。

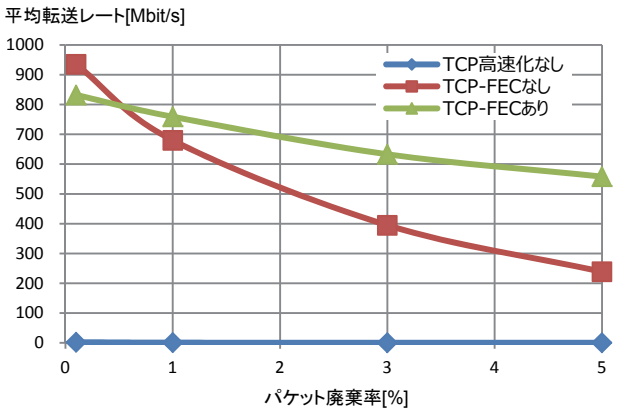

図 17　パケット廃棄によるスループット(RTT 100 msec)

4.2　SMB 高速化の効果

次に，Windows ネットワークにおけるファイル共有プロトコル(SMB)において，1 GByte のファイルをサーバ側からクライアントにダウンロードした場合の転送レートと転送時間を測定した。

図 18 は，SMB 高速化がない場合と，SMB 高速化を実施した

場合の往復遅延時間ごとにサンプリングしグラフ化したものである。

SMB 高速化がない場合は，遅延 100 msec の擬似 WAN 回線の実効レートは 10 Gbit/s であるにもかかわらず，平均転送レートは 19.8 Mbit/s となった。これは，ネットワークの往復遅延時間により，クライアントにおいて SMB コマンドのレスポンスの待ち時間が長くなったためである。

SMB 高速化がある場合は，遅延 100 msec 時において平均転送レートが約 22 倍の 444.5 Mbit/s になった。これは，WSX がサーバの代理で SMB コマンドのレスポンスをクライアントに返信することで，クライアントにおけるレスポンスの待ち時間を短縮した効果である。

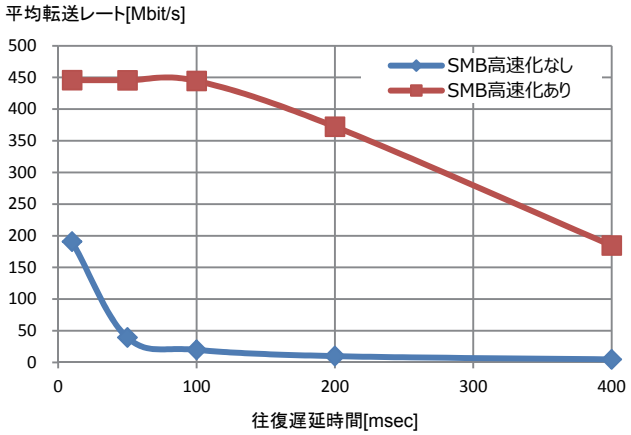

図 18 SMB プロトコルによるスループット

5 機能

表 2 に本装置の主要諸元を示す。

6 むすび

今回最大性能 10 Gbit/s ユニファイドネットワークコントローラ PureFlow WSX を開発した。既存製品である PureFlow GS シリーズは高性能・高精度で国内帯域制御市場でトップシェアを獲得してきた。PureFlow WSX は，さらにお客さまの課題を解決し，真のグルーバルな高速通信を提供できる。

クラウド業界は目覚ましい進歩を遂げ，日進月歩で技術革新し続けている。今後も PureFlow WSX はクラウドビジネスをさらに進化させるキーデバイスになるとともに，市場要請に応え，ソフトウエアによるネットワークの一括制御(Software Defined Network)などの新技術対応開発などを進めながら進化し続けていきたい。

参考文献

1) Alexander Afanasyev, Neil Tilley, Peter Reiher, and Leonard Kleinrock, "Host-to-Host Congestion Control for TCP", July 2010

2) Microsoft Corporation, [MS-SMB2]-v20160926, "Server Message Block (SMB) Protocol Versions 2 and 3", September 2016

3) Microsoft Corporation, [MS-SMB]-v20160714, "Server Message Block (SMB) Protocol", July 2016

* Windows は米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標です。

執筆者

安齋賢二
アンリツネットワークス㈱
開発部

龍　浩一
アンリツネットワークス㈱
開発部

三枝　淳
アンリツネットワークス㈱
開発部

佐藤敬幸
アンリツネットワークス㈱
開発部

小野達也
アンリツネットワークス㈱
開発部

藤井翔也
アンリツネットワークス㈱
開発部

小田純矢
アンリツネットワークス㈱
開発部

表 2　諸元表

項目			仕様				
品名			ユニファイドネットワークコントローラ				
ペットネーム			PureFlow WSX Lite		PureFlow WSX		
形名			NF7602A	NF7605A	NF7601A	NF7603A	NF7604A
ハードウェアバイパス			－	対応	－	対応	対応
制御可能帯域幅			10 kbit/s～1 Gbit/s		10 kbit/s～10 Gbit/s		
シナリオ	最大シナリオ数／最大階層数		4096／8 階層				
	シナリオ種別		アクセラレーションモード, 集約モード, 個別モード, 廃棄モード				
フィルタ	最大フィルタ数		40,000				
ルールリスト	最大グループ数		1,024				
	最大エントリー数		512（ただし, グループ×エントリ合計で 64,000 まで）				
フロー	最大フロー数		1,280,000				
インタフェース	ネットワークポート		SFP スロット×4 1000BASE-SX/LX, 10/100/1000BASE-T		SFP+/SFP スロット×4 10GBASE-SR/LR, 1000BASE-SX/LX, 10/100/1000BASE-T		
	バイパスポート	適応規格	－	1000BASE-T	－	1000BASE-SX 10GBASE-SR	1000BASE-LX 10GBASE-LR
	コンソールポート		RS-232C(RJ-45)（RJ-45／DB9 ケーブル付属）				
	CF カードスロット		CompactFlash Specification Revision 4.1 準拠				
	USB ポート		USB 2.0 コネクタタイプ：タイプ A				
	管理用イーサネットポート		10/100/1000BASE-T				
トラフィック アクセラレーション	対象プロトコル		TCP(IPv4/v6)				
	最大 TCP セッション数		100,000				
	最大 TCP-FEC セッション数		1000（別途オプションが必要）				
	データ圧縮方式		ZIP 方式				
	輻輳制御機能		高速モード(High Speed Adaptive TCP)				
	接続構成		In-Path 接続, Out-Of-Path 接続				
	アクセルバイパス機能		対向装置で異常検出時（RTT 測定, TCP 接続エラー, KeepAlive エラー, 強制）にバイパス切り替え				
	冗長構成		セタンダリピア切り替え				
SMB プロトコル アクセラレーション	SMB セッション数		10,000				
	SMB バージョン		SMB2.0.2, SMB2.1				
VLAN 対応			VLAN Tag(IEEE802.1Q), QinQ(802.1ad)				
QoS 設定			最低保証帯域設定, 最大帯域設定, バッファサイズ, 優先度（8 レベル）				
Tos/Cos リマーキング機能			対応				
最大フレーム長	ネットワークポート		2,048 byte または 10,240 byte				
	管理用イーサネットポート		1,518 byte				
運用管理	設定		コンソール/Telnet/SSHv2 による CLI, RADIUS 認証対応, REST(WebAPI), WebGUI				
	管理		コンソール/Telnet/SSHv2 による CLI, SNMPv1/v2c/v3, EnterpriseMIB, SYSLOG, ピークレートモニタ, WebGUI				
	その他		モニタリングマネージャ 2 によるトラフィック監視				
障害対策			リンクダウン転送機能, 対向装置の自動切り替え, ハードウェアバイパス(NF7603A, NF7604A, NF7605A)				
電源／消費電力			AC100-127 V, AC200-240 V, 50/60 Hz ±2 Hz/180 VA 以下 140 W 以下				
環境条件	動作温度／動作湿度		0～40℃／20～80%（結露なきこと）				
寸法／質量			88(H), 436(W), 471(D)mm（突起物は除く）／9.5 kg 以下（電源ユニット 2 台実装時）				
安全規格			UL60950-1, CSA C22.2 No.60950-1-07, EN60950-1				
妨害波規格			VCCI-A, FCC-A, EN55022-A, RCM-A, JIS C 61000-3-2				

公知