

次世代ビデオストリーミングサーバ ExaEdge™

ExaEdge™ Next-Generation Video Streaming Server

稲葉 秀一 福井 弘晃 栗原 伸一

■ INABA Hidekazu

■ FUKUI Hiroaki

■ KURIHARA Shinichi

近年、ネットワークに接続されたタブレットやスマートフォンなど多量の端末で映像コンテンツを視聴するニーズが高まっている。またIPTV (Internet Protocol Television) 放送やOTT (Over the Top) の普及には、より多くの映像コンテンツをIPネットワークに効率的に配信することが必要である。

東芝は、次世代のビデオストリーミングサーバとして、低消費電力でデータセンターの省スペース化に貢献するExaEdge™を開発した。安定的に同時多数配信性能を向上させるネットワークプロトコルエンジンとダイレクトストレージアクセス (DSA) 機能の開発により、ネットワークに高速かつ同時多数の映像配信が可能になる。

To meet the growing demand for video viewing via terminals including smartphones and tablets connected to various networks, it is necessary to efficiently distribute increasing volumes of video contents to Internet Protocol (IP) networks such as IPTV and over-the-top (OTT).

Toshiba has developed the ExaEdge™, a next-generation video streaming server featuring high speed, extra-low power consumption, and compact size to significantly save space in the data center. The ExaEdge™ makes it possible to distribute video contents to a large number of users by applying technologies including a hardware-based network protocol processing engine to achieve stable performance in simultaneous and multiple distributions and a direct storage access technology.

1 まえがき

近年、IPトラフィック量は世界規模で急速に増加しており、その背景として従来のパソコン (PC) に加えて、タブレットやスマートフォンなどの新しい端末の普及がある。

既にインターネットを介した映像コンテンツの視聴は一般的になるとともに、更なる進化と拡大を遂げ、IPトラフィックに占める映像データの割合は増加の一途をたどっている。このため、映像配信を安定的かつ効率的に行うサーバの必要性が増している。

東芝は、これらのニーズに応えるため、高速・大容量キャッシュを備えた次世代ビデオストリーミングサーバとして新たにExaEdge™ (図1)を開発した。ここでは、ExaEdge™の概要と配信性能、及びこのサーバを用いた配信試験の評価結果について述べる。

2 映像配信の課題

インターネットなどIPネットワークによる映像配信サービスの形態としては、テレビ放送のようにリアルタイムで一斉に同じ内容を配信するライブ方式と、ビデオのように視聴者のリクエストに応じて配信するオンデマンド方式がある。

配信される映像コンテンツはデータ容量が大きいことから、全てを端末にダウンロードするには時間を要し、端末側に大容



図1. ExaEdge™ — 汎用の2Uラックマウントタイプで、他の機器と
いっしょにラックに実装できる。

ExaEdge™

量メモリが必要になるなど、様々な制約が生じる。このため、映像データを数秒ごとなど適正な単位に分割して配信し、端末は分割配信された映像データを順次取得しながら再生する方式が増えている。

配信形態としては、HLS (HTTP (Hypertext Transfer Protocol) Live Streaming) や、Smooth Streaming^(注1)、次世代のMPEG (Moving Picture Expert Group) -DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) などHTTPをベースとして配信する形態と、RTSP (Real Time Streaming Protocol) によるリクエストに応じてRTP (Real-time Transport Protocol) 配信する形態があり、いずれも同時多数リクエストに応じた安定的配信が求められる。

例えば、インターネット経由で視聴可能な人気スポーツなどのライブ配信では、端末からのリクエストが瞬時に増加するた

(注1) Smooth Streamingは、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標。

め、配信応答が間に合わずネットワーク帯域に見合った数の端末が同時に視聴できないケースがありえる。このような同時多数リクエストが発生した場合でもネットワーク帯域に見合った数の端末が同時に視聴できるように、セッションごとのデータ送信タイミングを調整し、平滑化された安定的な映像データの配信が求められる。

3 ExaEdge™の概要

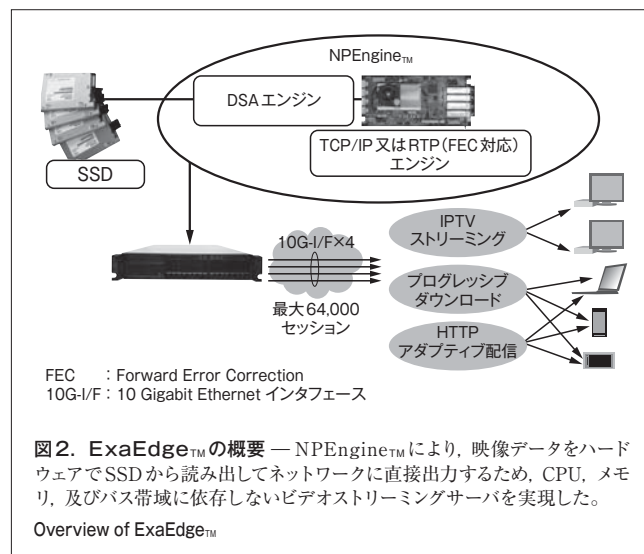
ビデオストリーミングサーバExaEdge™の主な仕様を表1に示す。ExaEdge™は、汎用装置と同様に19型ラックへの実装が可能な2Uラックマウントタイプで、エンコーダなど他の機器といっしょにラックに実装できる。

3.1 特長

映像データの画質化やマルチスクリーンによる視聴の多様化、更に視聴者数も増加していることから、映像配信をソフトウェア処理で行うことは限界を迎えている。このためExaEdge™では、処理の多くをハードウェアで行うことにした。このハードウェアには、当社が開発したTCP (Transmission Control Protocol) /IP通信処理エンジンNPEngine™を採用した⁽¹⁾。NPEngine™は放送用映像素材をファイルベースで蓄積するビデオサーバVIDEOS neo™に使用されており、既に高い評価を得ている。

今回、安定的に同時多数配信性能を向上させるためのチューニングを行うとともに、高速・大容量キャッシュを実現するためにストレージからデータを直接受け渡すDSA機能を開発した⁽²⁾。

ExaEdge™は、図2に示すような使用法を想定しており、高速・多数配信用に四つの10 Gigabit Ethernetのポートを持ち、最大で40 Gビット/sの映像配信を1台で行うことが可能である。最大転送レートの確保と、高速・大容量キャッシュを



実現するために、当社製SSD (ソリッドステートドライブ) を16台搭載している。配信するデータはSSDにキャッシュされ、これをDSA機能で高速に読み出し、NPEngine™で平滑化して安定的にネットワークに配信する。

これにより、従来のソフトウェア処理による配信の課題であったCPU負荷、メモリ容量、及びバス帯域のボトルネックを解消し、データ送信タイミングが平滑化された、安定的配信が可能なコンパクトサイズのビデオストリーミングサーバを実現した。

3.2 ハードウェア設計

ExaEdge™の心臓部であるNPEngine™は、最新のFPGA (Field Programmable Gate Array) Stratix® (注2) Vを搭載した基板で実現した (図3)。

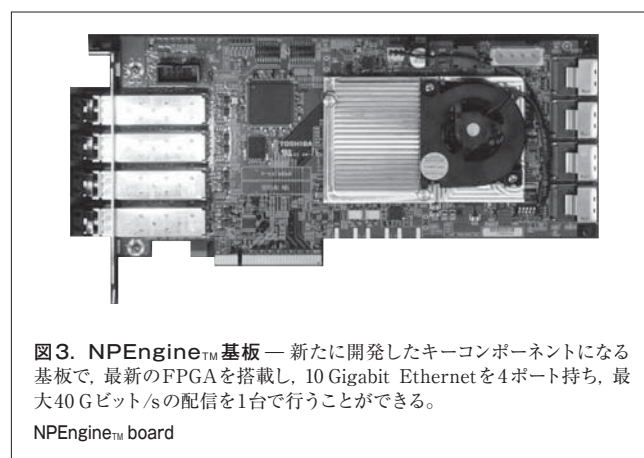
NPEngine™は、図4に示すように、複数のSSDを用いて高速なデータを扱うためのRAID (Redundant Array Independent (Inexpensive) Disks) コントローラ、これを介してデータにアクセスするエンジン、IPネットワークにデータを送出するた

表1. ExaEdge™の主な仕様

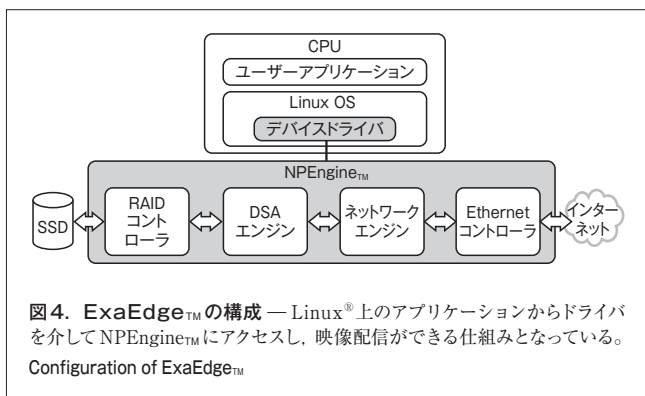
Main specifications of ExaEdge™

項目	仕様	
配信性能	HTTP版	40 Gビット/s当たり最大64,000接続
	RTP版	40 Gビット/s当たり最大16,000接続
ストレージ	SSD	240 Gバイト (MLC) × 16 (RAID 0)
入出力I/F	配信用	10 Gigabit Ethernet × 4 (10G-BASE-SR)
	管理用	Gigabit Ethernet × 2又は6
サーバ	OS	Red Hat Enterprise Linux® 6.2
	CPU	インテル® Xeon® プロセッサ E3シリーズ
	メモリ	DDR3 16 Gバイト
	HDD	500 Gバイト × 2 (RAID 1)
電源	電圧	AC (交流) 100 ~ 240 V
	消費電力	最大400 W (1+1構成)
質量	約22 kg	
寸法 (突起含まず)	445.6 (幅) × 700.2 (奥行き) × 88 (高さ) mm	

MLC : Multi Level Cell DDR : Double Data Rate
HDD : ハードディスクドライブ



(注2) Stratixは、Altera Corporationの米国及びその他の国における登録商標。



めのEthernetコントローラ、及び実際にIPパケットを処理するエンジンを実装している。Linux®(注3)上のアプリケーションからドライバを介してNPEngine™にアクセスし、映像配信ができる仕組みとなっている。

3.3 ソフトウェア設計

ExaEdge™は映像配信に特化したサーバではあるが、従来からソフトウェアベースで提供されているサーバ資産を活用できること、並びに開発期間を短縮するためオープンソースソフトウェア(OSS)を活用することを前提として開発している。このためシステムをつかさどるOS(オペレーティングシステム)として、急速に普及しているOSSのLinux®を採用し、動作させるミドルウェアにもOSSを活用することとした。

4 配信性能評価

映像配信は、主にPCやスマートフォンをターゲットとしたHTTPによる配信と、ネットワーク配信に対応したテレビやセットトップボックス(STB)に向けたRTPによる配信の2種類に大きく分けられ、ExaEdge™には各規格に対応した機種を用意している。

配信性能の試験は、ExaEdge™の10 Gigabit Ethernet×1ポートに対して、仮想的な端末(疑似クライアント)に加え、実端末を接続することにより実際に視聴が可能であることも確認した。視聴確認用として、HTTP配信確認用にPC上で動作するオープンソースのVLC(VideoLAN Client) media playerを、RTP配信確認用に液晶テレビ<レグザ>などの市販されているテレビを用いた。

4.1 HTTP 配信試験

HTTPを用いた映像配信には前述のようにいくつかの方式があるが、その中の一つで一般によく使われているHLSにより配信性能を測定した。配信アプリケーションとしては、一般に広く使用されているOSSの一つであるApache®(注4) Webサーバを使用した。

(注3) Linuxは、Linus Torvalds氏の米国及びその他の国における登録商標。
(注4) Apacheは、The Apache Software Foundationの商標。

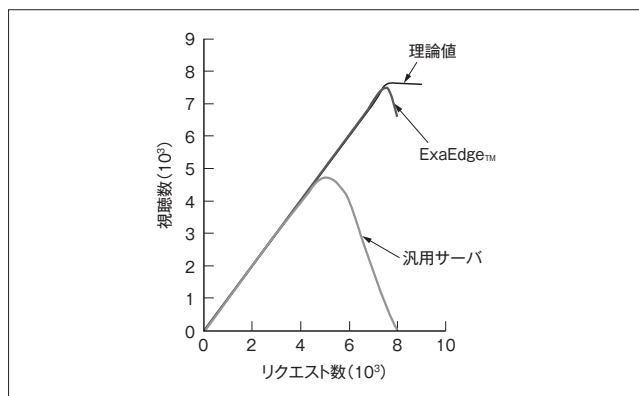


図5. 正常視聴者数 — HTTP 配信を行った場合について測定したデータのうち、約7,600のクライアント接続まで正常に視聴できている。

Number of normal viewings in case of Hypertext Transfer Protocol (HTTP) network

720×480画素の映像を用い、1.25 Mビット/sのコンテンツを用いて試験した。配信性能の測定結果を図5に示す。図5は、クライアントからのリクエストが増加していった場合、どこまで正常視聴ができるかを示すデータである。また、この配信時のCPU使用率は6%程度であった。この装置はメインCPUとしてインテル® Xeon®(注5)プロセッサ E3シリーズを用いている。また、配信性能を比較するため、インテル® Xeon® 5500シリーズプロセッサとTCP/IPオフロードエンジン機能を持つネットワークカードを搭載した汎用サーバを用いてソフトウェアだけで配信した場合の測定結果もプロットしてある。

図5から、ExaEdge™では約7,600のクライアント接続まで正常に視聴できていることがわかる。一方、1パケットを1,500バイトで全て送信し、最低のフレーム間ギャップにできた場合の帯域は約9.7 Gビット/sで、この場合の最大クライアント接続可能数は約7,800である。TCP/IPのレスポンスなどを考慮すると、ExaEdge™は限界に近い接続数を実現していることがわかる。

映像配信時のスループットを測定した結果を図6に示す。

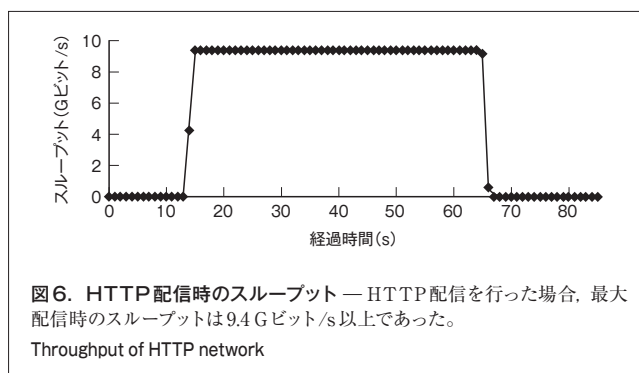
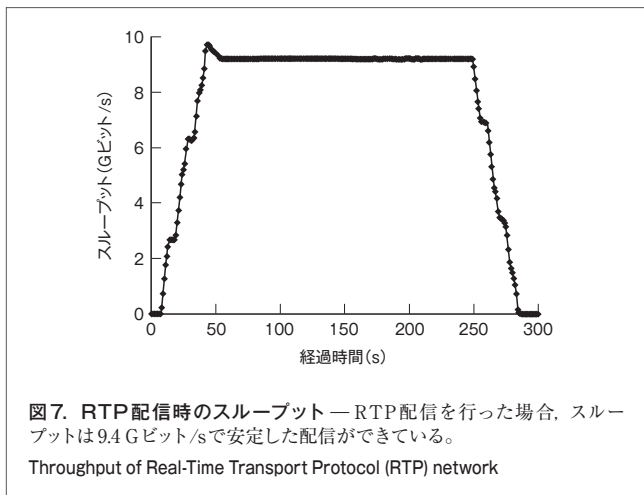


図6. HTTP 配信時のスループット — HTTP 配信を行った場合、最大配信時のスループットは9.4 Gビット/s以上であった。

Throughput of HTTP network

(注5) インテル、Xeonは、米国及びその他の国におけるIntel Corporation又は子会社の登録商標又は商標。



最大配信時のスループットは9.4 Gビット/s以上であり、理論的に限界に近いスループットを実現していることがわかる。

4.2 RTP配信試験

わが国では、STBやネットワーク配信に対応したテレビ向けに、ネットワーク経由でも安定して配信可能なRTPを用いた映像配信が行われている。ExaEdge™では、IPTVフォーラムのIPTV技術仕様に準拠したRTP/RTSP配信機能を実現している。

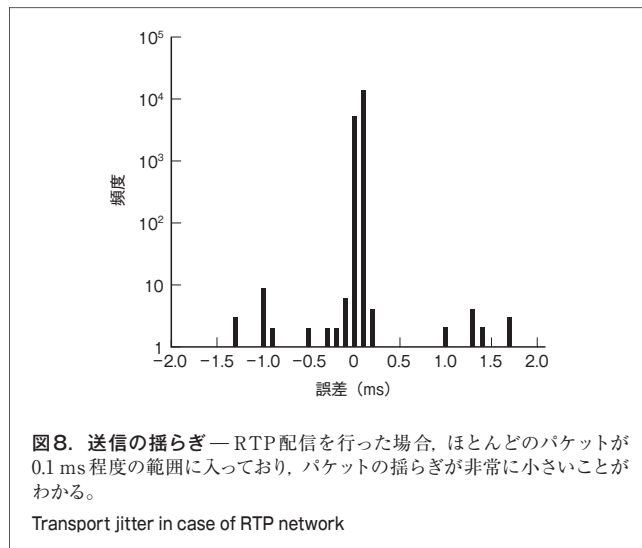
HTTPによる映像配信とは異なり、RTPによる映像配信ではUDP (User Datagram Protocol) が用いられているため、高速かつ効率良く伝送できる反面、パケットが端末に届かなかった場合の再送手順がない。このため、端末がFEC (Forward Error Correction) に対応している場合には、誤り訂正用のパケットを生成して送信する機能を実装した。

高品質なHD (High Definition) 画質を想定し、8 Mビット/sの映像に音声などを加えたトータル8.7 Mビット/sのコンテンツを2,000のクライアントに配信したときのスループットの測定結果を図7に示す。これにより、スループットは9.4 Gビット/sで安定した配信ができていることがわかる。

RTPでは、パケット送信する際に付加される90 kHzのカウンタ値がある。これを用いてパケットの論理的な間隔と疑似クライアントが実際に受信したパケットの間隔から揺らぎの分布を求めたものを図8に示す。ほとんどのパケットが0.1 ms程度の範囲に入っており、パケットの揺らぎが非常に少ないことがわかる。このことから、ExaEdge™を用いれば端末のバッファ容量のほとんどをネットワークでの遅延変動に割り振ることが可能になる。

5 あとがき

映像配信用に開発したサーバExaEdge™の概要と配信性能の評価結果について述べた。DSA機能に対応したNPEn-



gine™を搭載したExaEdge™は、その極めて高い配信性能により、今後更に増えていく高品質な映像コンテンツの高速配信と、ネットワークの整備によりどこでも視聴できる大量配信に対応したビデオストリーミングサーバとして貢献できると考えている。

ネットワークトラフィックが増大していくなか、ネットワーク負荷を軽減する手段として、アクセスするユーザーに近いネットワーク (エッジ) から配信する分散キャッシュ配信が今後いっそう重要になる。映像データのほか、電子書籍、ゲーム配信など、一時的にダウンロードアクセスが集中するような応用にも適用可能である。今後、機能の更なる拡充を行い、ExaEdge™の適用領域の拡大を目指していく。

文献

- (1) 田中信吾 他. 超高速TCP/IP通信ハードウェア処理エンジンNPEngine™. 東芝レビュー. 65. 6, 2010, p.40-43.
- (2) 山浦隆博 他. 映像配信サーバ向けダイレクトストレージアクセス技術搭載NPEngine™. 東芝レビュー. 68. 2, 2013, p.19-22.



稲葉 秀一 INABA Hidekazu

東芝通信インフラシステムズ(株) エンジニアリング本部 システム設計第二部 参事。伝送機器の開発・設計に従事。
Toshiba Communications Infrastructure Systems Corp.



福井 弘晃 FUKUI Hiroaki

社会インフラシステム社 府中事業所 放送・ネットワークシステム部。伝送機器の開発・設計に従事。
Fuchu Complex



栗原 伸一 KURIHARA Shinichi

社会インフラシステム社 ソリューション・自動化機器事業部 社会ソリューション事業開発部 参事。放送と通信の融合分野の企画・提案業務に従事。情報処理学会会員。
Automation Products & Facility Solution Div.