

大規模コンテンツ配信基盤を実現するアクセス網のクラウド化への取り組み

独立行政法人情報通信研究機構の委託研究として理化学研究所計算科学研究機構、東京工業大学及びIJJが共同で行った“アクセス網のクラウド化”への取り組みについて紹介します。

3.1 はじめに

現在では、FTTHのような高速、広帯域で安定したアクセス回線が利用者の手元にある環境が整ってきています。そしてSaaSといった高速で広帯域なネットワークを利用したサービスも増えてきました。

このようなインターネット環境の変化に対応するべく、独立行政法人情報通信研究機構、高度通信・放送研究開発委託研究、「新世代ネットワークを支えるネットワーク仮想化基盤技術の研究開発」として理化学研究所計算科学研究機構、東京工業大学及びIJJが独立行政法人情報通信研究機構より委託を受けてアクセス網クラウドの研究を行いました。

アクセス網クラウドとは、利用者のアクセス回線がサービスを提供するクラウドに接続された環境を提供するためのプラットフォームです。アクセス網クラウド上では、利用者からはインターネット上のネットワークサービスを利用している場合と変わらないように見えていますが、サービス提供者はアクセス回線のすぐそばでサービスを提供することができるようになります。

本記事では、これまでのサービスの提供方法についてふりかえりながら、アクセス網クラウドについて紹介します。

3.2 従来のサービスモデルと問題点

3.2.1 集中型データセンターモデル

初期のインターネットにおけるコンテンツ配信は、クライアントサーバモデルによって実現されてきました。クライアントサーバモデルで高いスケーラビリティを達成するには、高性能サーバの導入やサーバの数を増やしていく必要があり、多数のサーバを要する巨大なデータセンターへの投資が必要となってきます。例えば、アップルの新データセンターへの投資額は10億ドルとの報道もあります。

3.2.2 CDNモデル

インターネットサービスが拡大するにつれ、専用のネットワークを用意するContents Distribution Network (CDN) モデルが現れました。

CDNモデルでは、巨大な集中データセンターに代えて、小規模のキャッシュサーバを地域的に分散したデータセンターに配置する手法を採用しています。キャッシュサーバを地域分散させるメリットは、トラフィック負荷の分散に加えて、コンテンツサーバ - 利用者間の遅延の抑制にあります。

CDN最大手のAkamaiでは、キャッシュサーバでコンテンツサーバから複数ファイルを先読み、キャッシュサーバ - 利用

者端末間の低い遅延によってコンテンツサーバ - 利用者間の遅延を隠蔽、利用者の体感品質を向上させています。そして、Akamaiは全世界に10万台以上^{*1}のサーバを展開し、インターネットトラフィックの3割を占めるに至っています。

3.2.3 P2Pモデル

コンピュータの高性能化や低価格化が進むにつれ、利用者のPCがクライアントとして動作するだけでなく、サーバとしても動作できるだけのリソースを持つようになりました。これにより、各端末が対等なノードとして動作するPeer to Peer (P2P)型のネットワークを構築してサービスを行うP2Pモデルのサービスが現れました。

P2Pとして有名なものとしてはBitTorrentによるコンテンツ配信システムがあります。

P2Pモデルでは、利用者側のPC資源を利用する分散システムを構成することで膨大な投資なしに、高いスケーラビリティのシステムが実現します^{*2*}^{*3*}^{*4*}^{*5}。今日、P2Pはネットワークトラフィックの3分の1を占め^{*6}、そのスケーラビリティは既に実証されています。

3.2.4 各モデルの問題点

集中型データセンター、CDNいずれも巨大なシステム基盤が必要となっています。更に、年率30%^{*7}というトラフィックの伸びに対応した規模拡大も必要となります。例えば、データセンターの増大によって2010年には米国内の総電力消費量の1.7%から2.2%をデータセンターで消費していたという報告があります^{*8}。いずれのアプローチでも今後の拡大余地は大きくないと言わざるを得ません。加えて、対話型Webアプリケーションや実時間ゲームのホス

ティングもデータセンター及びCDNの重要なサービスとなりつつあります。このような用途では、遅延の問題は更に深刻で、データセンターの地域分散化が求められ、さらなる投資が要求されます。

P2Pモデルにおける大きな問題は、将来の挙動、すなわち配信終了時間が予測困難であり、利用者の体感品質の向上につながらないことにあります。この原因は、利用者宅側PCには極端に信頼性の低いものが存在し、P2Pネットワークがしばしば不安定化すること、そして、ノード間通信性能も大きくばらつき、揺らぎも大きいことが挙げられます。これらの課題を解決することで、膨大な投資を必要としない、体感品質の高いコンテンツ配信システムが実現します。

これまでのP2Pコンテンツ配信システムは、ファイル共有に特化されたものとなっていました。対話型Webアプリケーションや実時間ゲームも重要となりつつあります。P2P配信を実現する分散処理基盤には、このようなサービスを膨大な投資なしにホスティングする機能も強く求められることとなります。

3.3 そしてアクセス網クラウドへ

コンピュータの小型化、高性能化、低価格といったものはこれからも進んでいくことが期待できます。また仮想化技術も一般化してきています。これにより、ネットワーク上に無数のコンピューティングノードを配置し、最適な場所でサービス提供を行うことができる環境を構築する可能性が見えてきます。

*1 アカマイ・テクノロジーズ合同会社のプレスリリース(http://www.akamai.co.jp/enja/html/about/press/releases/2012/press_jp.html?pr=102612)。

*2 Open Networking Foundation, 「Software-Defined Networking: The New Norm for Networks」 ONF White Paper, Apr. 2012

長尾洋也, 宮尾武裕, 首藤一幸, 「柔軟な経路表を中心とする構造化オーバーレイ理論の一検討」 信学技報, vol. 111, no. 277, NS2011-115, pp. 67-70, 2011年11月

*3 安藤泰弘, 長尾洋也, 宮尾武裕, 首藤一幸, 「FRT-2-Chord:one-hopとmulti-hopのシームレスな移行が可能かつ経路表に対称性を持つDHTアルゴリズム」 信学技報, vol. 111, no. 469, IN2011-149, pp. 73-78, 2012年3月

*4 島村祥平, 長尾洋也, 宮尾武裕, 首藤一幸, 「スケーラブルな広域ルーティングに向けた到達性保証手法」 信学技報, vol. 111, no. 469, IN2011-170, pp. 199-204, 2012年3月

*5 華井雅俊, 首藤一幸, 「グラフ処理系を用いた分散システムの大規模シミュレーション」 信学技報, vol. 111, no. 468, NS2011-272, pp. 529-534, 2012年3月

*6 本レポートのVol.16(http://www.iij.ad.jp/company/development/report/iir/pdf/iir_vol16.pdf)のブロードバンドトラフィックレポート「この1年間のトラフィック傾向について」を参照。

*7 シスコシステムズ合同会社のホワイトペーパー(http://www.cisco.com/web/JP/solution/isp/ipngn/literature/pdf/white_paper_c11-481360.pdf)を参照。

*8 IPA, 「ニューヨークだより2012年7月号」(<http://www.ipa.go.jp/about/NYreport/201207.pdf>)、Analytics Press「Growth in data center electricity use 2005 to 2010」(<http://www.analyticspress.com/datacenters.html>)を参照。

そこで、ネットワーク上のあらゆる場所にコンピューティングノードが存在する世界を考えてみます。利用者に対して低遅延で高品質なサービスを提供するために最適だと考えられるのは、アクセス回線が接続される通信事業者のアクセス回線集約局舎になります。アクセス回線集約局舎に小規模なサーバクラスタを構築し、仮想化技術を使って必要な時にコンピューティングノードを起動できる環境を用意することで、サービスプロバイダが利用者に近い場所でサービス提供を行うことができるようになります。

利用者がサービスの提供を受ける場合に、接続回線から先のどこでサービスが提供されているかを意識する必要がな

く、利用者に近い場所でサービスを提供するためのプラットフォームとなるものが我々が考えているアクセス網クラウドです(図-1)。

関連研究として、米国では2012年6月に高速ブロードバンド網の構築に関する取り組みが米国連邦政府より発表されました^{*9}。US Ignite Partnershipと呼ばれるこのプロジェクトでは、GENIラック^{*10}と呼ばれる仮想化基盤をブロードバンドアクセス回線に直結し、広帯域・低遅延環境での次世代アプリケーションサービスの創出を目指しています。アクセス網クラウドは、このような大規模アプリケーションプラットフォームを実現するために必要な技術となります。

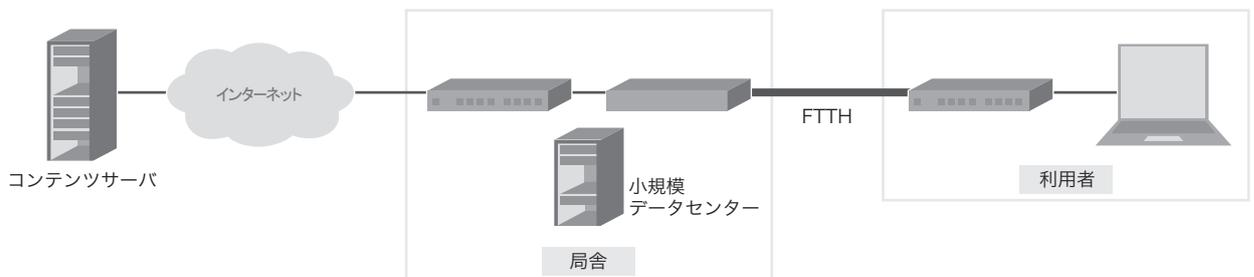


図-1 アクセス網クラウドの概要

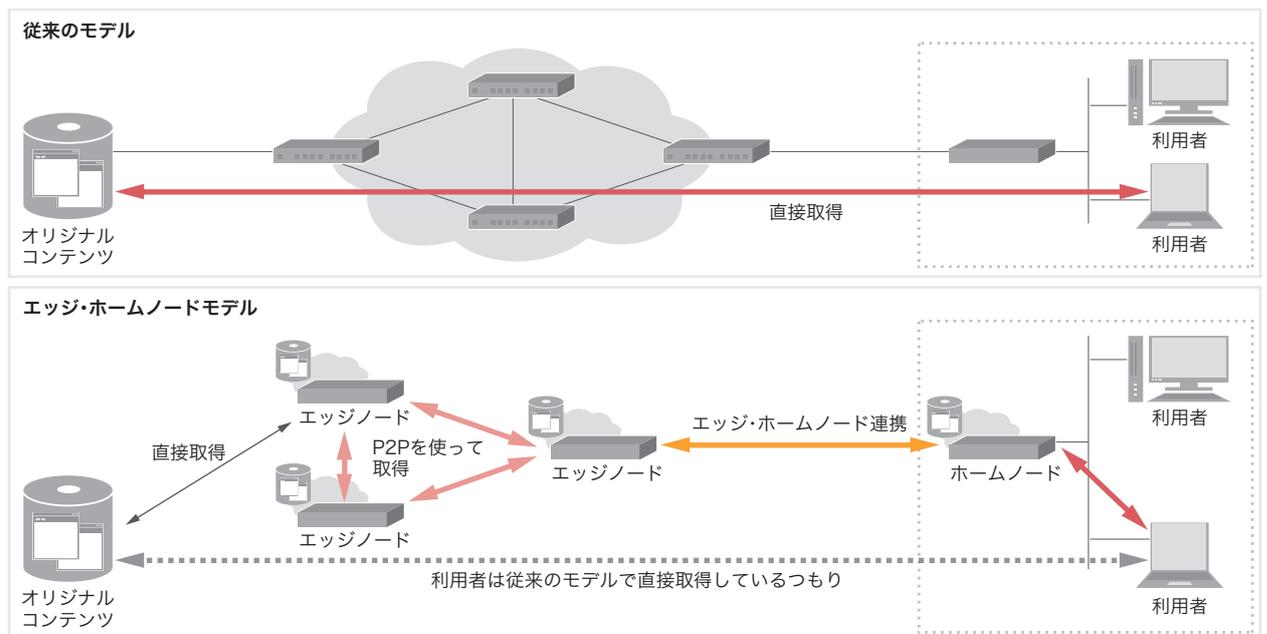


図-2 従来のモデルとの違い

*9 US Ignite(<http://us-ignite.org/>)。

*10 GENI Racks(<http://groups.geni.net/geni/wiki/GENIRacksHome>)。

3.4 アクセス網クラウドのサービス提供方法

アクセス網クラウドは、アクセス回線の利用者側で動作するホームノードと、アクセス回線の局舎側で動作するエッジノードが連携してサービスを提供します。エッジノードとホームノードが連携して利用者にサービスを提供することから、エッジ・ホームノードモデルと呼んでいます(図-2)。

ホームノードは、利用者によるサービスへのアクセスをエッジノード側に誘導する役割を持ちます。またホームノードは利用者宅内にあり、定期的に動作しているとは限りません。利用者がネットワークサービスを利用していない場合には節電のためにホームノードを含めて電源を切ることも考えられます。

エッジノードは、コンテンツプロバイダによるサービスを提供するための環境を実現します。エッジノードはアクセス回線の集約局舎の安定した環境で動作します。エッジノード上では、必要に応じてサービスを提供するためのアプリケーションが動作します。

エッジ・ホームノードモデルでは、次のようにして利用者の近くでサービスが提供されるようになります。

1. 最初はエッジノードにはサービスを提供するためのアプリケーションが動作していない状態とします。
2. 利用者がサービスを利用しようとする、今まで通りの遠くにあるサーバに対するアクセスとなります。
3. コンテンツプロバイダは、利用者のアクセス回線が接続されている集約局舎に存在しているエッジノード上でサービスを提供するためのアプリケーションを動作させます。
4. エッジノード側の準備ができれば、コンテンツプロバイダはホームノードに対してエッジノード上のサービスへ切り替えるように指示を出します。
5. ホームノードは利用者のアクセスをエッジノードへ向けるため、利用者はアクセス回線を最大限に利用したサービスを利用できるようになります。

3.5 まとめ

理化学研究所計算科学研究機構、東京工業大学及びIIJが共同で研究を行った“アクセス網のクラウド化”と、アクセス網クラウドとして考えていることについて紹介しました。アクセス網クラウドが実現すれば、利用者は低遅延で安定したサービスを利用できる世界が来ると考えています。

執筆者:



山本 茂(やまもと しげる)

IJ プロダクト本部 基盤プロダクト開発部 サービス技術課。1996年入社。自社開発ルータであるSEILの開発に初期のころから参加。SMFの開発には最初から関わっており、SMFのプロトコル設計、及びIJSMF、IJSMFsxの開発を行っている。



曽我部 崇(そがべ たかし)

IJ プロダクト本部 アプリケーション開発部 戦略的開発室。2001年IJ入社。関西支社で法人向け専用線インターネット接続サービスやISP向けネットワークコンサルティングに従事。2005年からは、ISPとしては世界的にも希少な「モノづくり」ができるSEIL事業部に移籍し、ソフトウェアの不具合と格闘しつつ日々面白い技術を探し回っている。週末になるとバイクでオフロードを走るのが何よりの楽しみで、平日のアーバンライフとは真逆の泥まみれの生活を送る。