



プロ野球の インターネット配信の実現手法

鶴巻 悟

ソフトバンクBB(株) 技術本部技術企画部
stsuruma@bb.softbank.co.jp



特集

通信と放送の融合

5

プロ野球のインターネット配信の実現手法

2005年一躍脚光を浴びた感のあるプロ野球のインターネット配信であるが、その実現方法や構成、機器選定など、非常に多くの検討すべき点、留意する事項が存在する。

本稿ではインターネットのライブ配信について、その実現のために必要となる技術的要素、検討すべき事項をまとめるとともに、今後のインターネット配信の方向性についても検討を行う。

インターネット配信の形態

2005年一躍脚光を浴びた感のあるプロ野球のインターネット配信であるが、実は2005年になって初めて開始されたものではない。実証実験などを除いても、2001年にはいわゆる公式戦のライブ配信が開始されている。しかし、4年前と現在とは状況が大きく異なっている。それはブロードバンドの普及だ。実際、4年前のインターネット配信では多くの視聴者のインターネット接続環境が貧弱であったため、大きな接続帯域を必要とする高品質の配信を行うことはできなかった。しかし現在ではこのブロードバンドの普及により非常に高品質の配信が可能となっている。

しかし、一言でインターネット配信といっても、その配信形態はさまざまである。大きく分けると、ユーザからの要求に応じてあらかじめ用意した映像データの送出を行うビデオ・オン・デマンド方式と、生映像をリアルタイムに映像データに変換して視聴者に送出するライブ方式の2つに分類される。前者がレンタルビデオ、後者がテレビ放送に当てはめると理解しやすいであろう。本稿では、このライブ配信に絞り、その実現のために必要となる技術的要素、検討すべき事項についてまとめるものとする。

インターネット配信における要素技術

さてインターネットでのライブ配信を実現するためには、技術的に大きく分けて3つの段階が必要となる。

映像のエンコード(符号化)、データの伝送、視聴者へ

の配信である(図-1)。

ここではそれぞれの段階で考慮すべき点、典型的な構成等について解説する。

●映像のエンコード(符号化)

プロ野球の中継で制作される映像は、一般的に地上波や衛星放送テレビ用のものであるため、当然このままではインターネット上に配信することも視聴者のPCで再生することもできない。そのために必要となるのが、放送用の映像信号を汎用的なPCで視聴可能なデジタルデータへ変換および情報量の圧縮を行うことである。この変換のことをエンコード(符号化)と呼ぶ。

エンコードを行うにあたり、まず第一に検討しなければならないのは、どのような形式でエンコードを行うか、という点である。現在さまざまなエンコード形式が考案されており、代表的なものとしては、MPEG2、MPEG4、Windows Media、DivXなどがあげられる。それぞれの形式には長所短所があり、たとえばMPEG2はDVDやデジタル放送で使用されていることから分かっており非常に実績のあり安定した形式ではあるが、本規格が制定されたのが比較的古いこともあり、他の形式と比較して圧縮効率が悪く、またPCでの視聴を行うには専用のアプリケーションソフトの導入が必要となるため、いわゆる「PC初心者」には少々敷居の高い形式となる。現在最も普及している基本ソフトであるMicrosoft Windowsシリーズに視聴用アプリケーションが標準で導入されていることなどから、広くインターネットのユーザ向けに配信

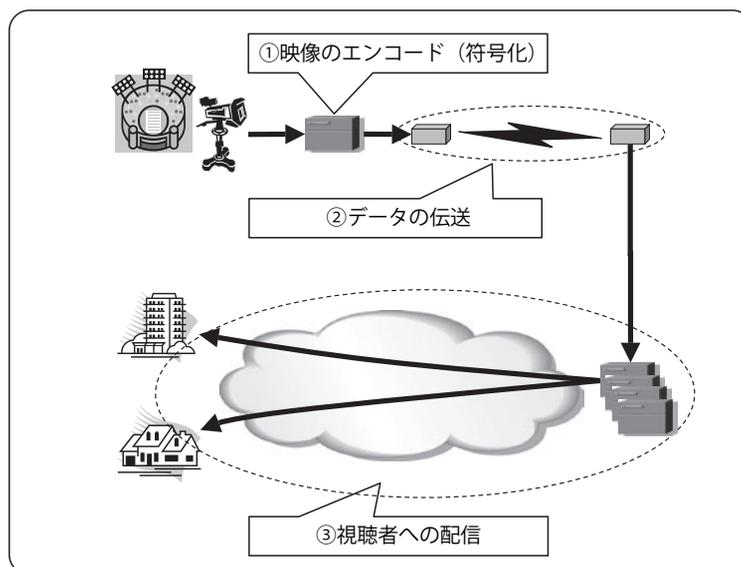


図-1 インターネット配信の要素技術

を行う際には、Windows Media形式でのエンコードが採用されるケースが多くなっている。

ビットレート

エンコード形式が決定したら、次に考慮すべき点は映像品質である。映像品質はビットレートと解像度によって定義される。

ビットレートとは単位時間あたりの情報量のことで、bps (bit per second: 1秒間あたりのビット数) で表される。たとえば1秒間あたり100万ビットの情報量を持った映像データのことを 1000000 bps = 1000 Kbps = 1 Mbps と表現する。基本的にはビットレートが高いほど、視聴時の品質は向上する。ただしビットレートの決定には次のような点を考慮した上で闇雲に高いビットレートを指定すべきではない。

• 視聴者のインターネットアクセス回線の回線速度

回線速度はbpsで表現され、これはまさにビットレートと同義である。つまり、対象となる視聴者のインターネット接続回線の速度が映像のビットレートを下回ってしまうと、その視聴者はその映像データを正常に視聴できなくなってしまう。

• 視聴者のPC環境

映像データの表示は、それを表示させるPCに非常に負荷をかけることになる。しかもこの負荷は、ビットレートが高い、つまり情報量が多ければ多いほど高くなることは直感的に理解できるだろう。したがって想定する視聴者のPCの性能から勘案し、無理なく表示できるビットレートを設定しなければならない。

• 映像の内容から必要とされる品質

一般的に、動きの激しい映像ほど多くの情報量が必要となるため、映像の品質を維持しようとするより高いビットレートにしなくてはならない。特に野球は選手の動きもあり、球が小さく動きも非常に速いため、あまり

に低いビットレートを採用してしまうと、選手の動きはもとより、球がどこにあるのか分からない、という結果になりかねない。

映像解像度

次に解像度であるが、PCのディスプレイ上に表示される映像の大きさのことで、その映像の縦横のピクセル(画素)数で表現される。たとえば 320×240の解像度であれば、視聴時にはディスプレイ上に横320ドット、縦240ドットの大きさで表示される。ビットレートが一定とした場合、程度の問題はあるものの、解像度が小さいほど映像そのものの品質は向上する。なぜならば、ビットレートが一定、つまり情報量が一定の場合、解像度が低い方が単位面積あたりの情報量が増加するからである。情報量の増加は画像のきめの細やかさや動きのなめらかさに繋がり、これが視聴時の品質に影響を与える。

映像品質の決定は、視聴者に満足を与え、かつ技術的にも問題のないビットレートと解像度の組合せを選択することが肝要となる。

エンコード選択時の留意点

このように、エンコードを行う前に決定すべき点は多岐に渡り、かつ、必ずしも技術的な見地、制約のみで決定され得るものでもない。この映像データを誰に、どのような方式で配信するのか、といったサービス要件に依るところが非常に大きいのである。たとえば想定する視聴者の属性が、インターネットアクセス回線として100Mbpsの光サービスを利用している、PCの利用歴が長くPCリテラシの高いユーザである、といったケースを考えてみよう。まず光回線を利用していることから、回線速度からみたビットレートの制約は考慮しなくてよいだろう。次にPCリテラシの高いユーザであることから、一般的に利用しているPCの性能も平均以上であると想定さ

れる。また専用の視聴用アプリケーションの導入についても問題なく行えると考えられる。したがってこのようなユーザ向けであれば、視聴用アプリケーションの導入が必要なエンコード形式を選択することも可能であると思われる。またDVD並みの品質を提供できるような高ビットレート、高解像度での映像配信が可能であるかもしれない。

エンコード用機器の選択

さて以上のような要件を定義してから実際のエンコードを行うわけであるが、大別すると専用ハードウェアを使用する方法と、汎用的なサーバ機に専用のソフトウェア、ハードウェアを追加する方法に二分される。いずれの方法を採用する場合でも、下記のような情報を整理し、どのような機器が必要となるかをあらかじめ確認しておく必要がある。

- 元素材となる音声・映像信号の規格および物理インタフェース
- その機器が対応するエンコード形式
- その機器が対応する解像度、ビットレート

専用ハードウェアを使用する場合、一般的には汎用的な機器と比較して高品質なエンコードを行うことができること、導入、設定、運用が比較的簡易に行えることが利点としてあげられる。もちろんこれは一般論であってこれに該当しないケースもあり得るが、後者、特に運用の簡易さについては十分に検討を行うべき事項であろう。たとえば専用機であれば電源のオン・オフはスイッチを押すだけで済むが、汎用サーバではキーボードからのコマンド入力などが必要となる。野球場のように郊外に立地していることが多く、万が一の障害に備えたサーバやOS、アプリケーションなどの知識を持った技術者の確保が困難なケースでは、この運用の簡易さは非常に重要なポイントであるからだ。専用ハードウェアの短所は、これも一般論となるが製品が高価なことである。導入を決定する際には、機器の導入にかかるコストと運用にかかるコストを比較して、最適な方法を決定することとなる。

一方汎用的なサーバを使用する方法であるが、汎用サーバ機以外に必要なのが、映像信号をサーバに入力するためのインタフェース機器とエンコードを行うためのソフトウェアとなる。インタフェース機器はサーバの空きスロットに装着するカードタイプの物が一般的である。PC内の各種ノイズからの影響を除去し高品質な映像入力を実現するといった機能を持つ高性能なものから、一般ユーザによる利用を想定した廉価な製品までその製品ラインナップは多岐にわたっている。こちらを選択する際のポイントは、品質とコストのバランスに加え、エンコード用ソフトウェアでの対応可否となる。この対応可否はインタフェース機器のメーカーが公開していることが多く、またエンコーダ用ソフトウェアのメーカー側で動作確認機器一覧として提供されている場合もある。せつ

かく購入した製品が、実は想定したエンコードを行うことができない、といったことがないよう、対応可否については事前に十分な調査が必要である。

●データの伝送

前節でも触れたが、野球場は一般的に郊外に立地していることが多く、そこからインターネット中継を発信するセンタまでなんらかの方法でデータを伝送する必要がある。このデータの伝送が必要となるのが、ライブ配信の大きな特色である。この伝送方式は3つに大別される。

映像伝送専用回線を利用する

いわゆる通信会社が提供している映像伝送用の専用線や衛星通信を利用する方法である。指定した場所まで、指定した形式で映像を届けてくれるため、配信を行う側から見ると、伝送に関してはすべて通信会社に任せることができ、これにかかる手間が省けることが最大のメリットであろう。また前節で述べた運用的な問題から、エンコードをセンタ側で行いたいケースにも有用である。通信会社によりさまざまな料金プランが用意されているが、一般的に高価であることが短所となる。

エンコード済みデータをIP伝送する

エンコードされたデータをEthernetやATMなどの回線にTCP/IPを利用して伝送する方法である。Ethernetは企業間通信などで一般的な伝送方式のため、回線は通信会社の専用線や仮想専用線網（IP VPN/Internet VPN）など一般的なサービスの回線をそのまま使用することができ、映像伝送専用線に比べて比較的安価に利用することができる。またTCP/IPを利用したパケット通信であるため、複数のエンコードされたデータを1本の回線上で伝送することも可能となり、非常に効率的でもある。

ただし映像伝送専用回線であげた例とまったく逆で、野球場側でエンコードを行わなければならないため、運用面を十分考慮する必要がある。また仮想専用線網を利用する場合、一般的には帯域が保証されないサービスが多いため、網の状況によっては伝送を行うに十分な帯域が確保されずデータの損失が起こる可能性があることを留意すべきであろう。

映像用IP伝送装置を利用する

上記2つの折衷的な方式である。IP伝送と同様の専用線や仮想専用線網を用意し、その両端に映像用のIP伝送装置と言われる機器を設置し、映像信号の伝送を行う。IP伝送装置は、「映像信号を特定の形式にエンコードし、Ethernetで送信する」機器と、「特定の形式にエンコードされEthernetで送られたデータを映像信号にデコード（復号）する」機器を一对として利用する。エンコード形式としてはMPEG2が使用されるケースが多い。この方式の利点は、IP伝送装置は汎用的サーバと比較して故障率が

低く、設定、操作も簡易なため、球場側の運用負荷を軽減することができることである。また伝送するための回線として、映像伝送専用回線と比較して安価な一般的な専用線や仮想専用線網を利用することが可能である。

ただし本構成を選択した場合には、IP伝送装置による映像品質の劣化を考慮しなくてはならない。ほとんどすべてのエンコードには不可逆圧縮のアルゴリズムが採用されている。IP伝送装置に多く採用されているMPEG2も同様で、つまりいったんエンコードを行ったものをデコードしても、元の映像信号と同じ情報量を取り出すことができないのである。インターネット中継を行うためには、この情報量の欠落した映像信号を再度エンコードしなければならないため、過度の情報量の欠落があった場合、最終的なエンコード後の映像が視聴に耐えないものになってしまう可能性がある。地上波テレビ並みの品質を持つ映像をMPEG2でのエンコードを行うIP伝送装置で伝送後、人間の目で見て伝送前後の違いがあまり気にならない程度の劣化に抑えるためには、一般的にIP伝送装置でのビットレートを15Mbps程度確保しなければならないと言われている。したがって伝送に使用する専用線、仮想専用線網に必要とされる帯域は上記IP伝送を使用した場合と比較して大きくなる。

●視聴者への配信

配信サーバは、エンコードされたデータをいったん取り込み、それを視聴者に対して送信する役割を担う。対象となる視聴者が小規模であれば、エンコード用の機器を配信サーバとして使用することも不可能ではない。しかし、視聴者が大規模になってくると配信サーバ自体のパフォーマンスや、配信能力の限界から、専用の配信サーバは必須となる。配信サーバの設計を行うにあたり、視聴者に対してどのような方式で映像を届けるのか、また配信サーバのハードウェアは何を使用するのかを検討する必要がある。

まずハードウェア的な要素として、エンコーダの場合と同様、専用の機器を使用するか、汎用サーバに配信用ソフトウェアを導入するかのどちらかを選択することになる。一般論としての長所短所もまたエンコーダの場合と同様である。すなわち、専用の機器を使用した場合は導入・運用の負荷を軽減することが可能となるが、コストは汎用サーバを導入した場合と比較して高い。やはり運用負荷とコストを比較して、最適な機器を選択することとなるが、どちらの場合にも共通する留意点としては、その機器の配信能力である。昨今の機器はギガビットEthernetのポートを持つものが主流となっているが、実際の動画配信がこのギガビットEthernetの限界、1Gbpsまで行えるとは限らない。特に汎用サーバの場合、汎用的なOSや配信用アプリケーションの性能、ハードウェア

的な制限などさまざまな要因が重なり、1Gbpsの配信を行わせることは非常に困難である。

配信方式

次に配信方式であるが、一般的にどのような方式があるのかを見ていこう。

•ユニキャスト配信

ユニキャスト配信は最も一般的な配信方式で、視聴者からの視聴要求に応じて、それぞれの視聴者宛に配信サーバが個別に送出を行う。配信サーバと視聴者がそれぞれ1対1の関係になることがユニキャストと呼ばれる所以である。視聴者からのリクエストに応じて配信の開始、停止処理が行われるため、配信状況の管理や課金等に繋がる視聴動向などが行いやすいメリットがあるが、視聴者数に比例したサーバの配信能力やネットワークの接続帯域が必要となる。

•マルチキャスト配信

配信サーバと視聴者の関係が1対Nとなる配信方式である。まず前提として、マルチキャストに対応したネットワーク機器で構成された網が必要となる。まず最初にその網に直接接続された視聴者からの配信要求が発生した際に、配信サーバからその視聴者への通信経路を計算した上で、その視聴者に対して映像データを送出する。視聴者が1名しか存在しない場合は、結果的にユニキャスト配信とまったく相違点はないが、複数の視聴者がいる場合の動きがマルチキャストの特徴である。

複数の視聴者がいる場合、配信サーバから各々の視聴者までの間の通信経路が計算されるが、通信経路が重複している場合には、その重複区間には1視聴者分の映像データしか流さず、通信経路の分岐点となる通信機器で、各々の視聴者向けに映像データを分岐させるのである。この動作により、網内の通信機器間の映像データによるトラフィックは、どこでも1視聴者分しか存在しないことになり、ユニキャストで問題となる接続帯域を劇的に減少させることが可能となる(図-2)。このようにマルチキャスト配信は非常に優れた技術であるが、ネットワーク網内の全通信機器がマルチキャストに対応している必要がある。したがってインターネット上の不特定多数に向けた配信を行うことは現状では不可能であり、マルチキャストに対応したネットワーク網を持つISP等の加入者向け等に限定した配信となる。

•CDN(コンテンツ・デリバリー・ネットワーク)の利用

したがって、広く広くインターネットに接続したユーザを対象とした配信を実現しようとした場合、ユニキャストを使用するのが一般的な解となる。しかし上記で述べたとおり、ユニキャスト配信は同時視聴者数に比例した設備の確保が必要となり、コスト的また運用的に大規模な配信を行うことは難しい。そこで利用されているの

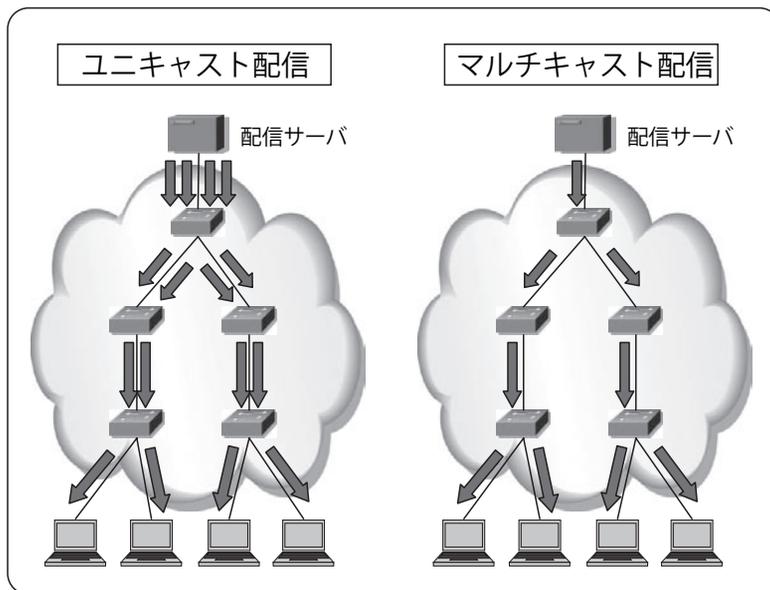


図-2 ユニキャストとマルチキャストの違い

がCDN (コンテンツ・デリバリー・ネットワーク)である。CDNと一言で言ってもその動作原理や利用形態などさまざまであるが、ほとんどのCDNに共通する考え方は、ユニキャストを使用した配信をマルチキャスト的に実現すること、と言えるだろう (図-3)。具体的に説明していこう。まずCDNでは視聴者により近い場所、たとえば対象となる視聴者が契約しているISPの中などに専用の配信サーバを設置し、配信拠点側にある大もとの配信サーバから映像データを受け取れるように設定を行っておく。この配信サーバの数や設置場所の多寡が、そのCDN自体の配信能力を決定する要因となる。次に視聴者からの視聴要求を、その視聴者の最寄りの配信サーバへ誘導する仕組みを用意する。この仕組みのことをユーザナビゲーションと呼ぶが、これこそがCDNの要素技術である。代表的なユーザナビゲーションとして、DNSを利用した方法やHTTP 302 Redirectを利用した方法などがあるが、多くの方法は視聴者やその視聴者の参照しているDNSサーバのIPアドレスを判定材料として、あらかじめ設定しておいた判定基準により、最適な配信サーバへの誘導を行っている。最終的に最適な配信サーバまで誘導された視聴者は、その配信サーバより映像データを受け取ることになるが、同じ配信サーバに接続する視聴者が何人いようとも、大もとの配信サーバからこのユーザの最寄りの配信サーバの間は1視聴者分の映像データしか流れないことになる。これが「マルチキャスト的な配信」と述べた理由である。

このような仕組みにより、大もとの配信サーバを管理運営する配信主から見ると、CDNを利用することにより自前で用意しなければならない配信サーバやインターネットとの接続帯域を大幅に削減することが可能となる。

CDNを利用する際の留意点としては、やはり第1にコストである。CDNを構成するための機器は一般的に高価である。また配信代行事業者、つまり自社で構築したCDNネットワークのレンタルを行っている業者も多数存在するが、こちらも総じて高価な傾向にある。ここで考慮すべきなのは、自社のみで配信を行った場合とのコスト比較は当然として、視聴者の満足度を上げるためにどこまでコストをかけるべきか、というサービスの提供者としての判断である。この観点に立つと、たとえば非常に人気があり、多くの視聴が見込まれるもの、野球にたとえるなら開幕戦など、については多少のコストをかけてでもCDNを利用し、それ以外の定常的な配信については自社のみで配信を行う、といった状況に応じた取捨選択も必要になるであろう。次に、要素技術であるユーザナビゲーションと自社の提供するWebページや映像データ自体の親和性を考慮する必要がある。ユーザナビゲーションを行わせるためにはWebページの改修が必要な場合もあるし、そもそも選択したエンコード方式がCDNシステム側で対応していない場合もあるからだ。

インターネット配信の将来

最後に、インターネット配信の今後について述べておきたい。

ここ数年で日本のユーザにおけるインターネット環境は飛躍的に向上した。ブロードバンドと呼ばれる広帯域のサービスが、世界一と言われるほどの低価格で一般的な家庭にまで提供された結果、以前はインターネットで映像を視聴できるということだけで満足していた視聴者が、より高品質な、よりビットレートの高い映像を求

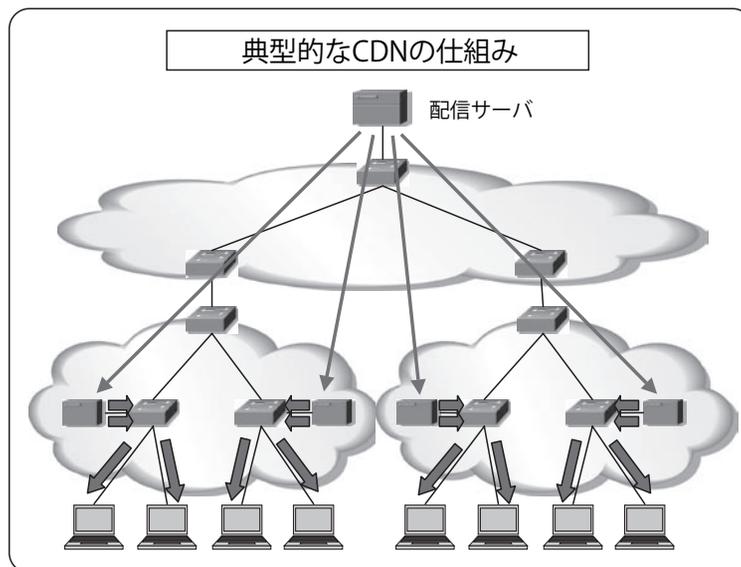


図-3 コンテンツ・デリバリー・ネットワーク

める状況となっている。一例を挙げると、インターネット配信における一般的なビットレートは、5年ほど前までは56Kbps程度であったが、現在では500Kbpsから1Mbps程度となっており、実に10倍から20倍程度の伸びを示しているのだ。ご存じの方も多いと思うが、衛星デジタル放送や地上デジタル放送ではエンコード形式としてDVDと同じMPEG2が使用されており、ハイビジョン映像のビットレートはおおよそ15~30Mbpsである。これをMPEG2ではなく、より最新の圧縮効率のよいエンコード方式に変更すれば、4~8Mbps程度で同等の品質の映像を提供できると言われている。つまり、単純にビットレートだけに着目すれば、現在のブロードバンド回線でハイビジョン並みの品質を持つ映像配信が十分可能なのだ。2011年のアナログテレビ放送波停止に向け、現在テレビ放送の世界では映像のハイビジョン化が急ピッチで進んでおり、視聴者が目にする映像そのものは、ここ数年のうちに着実に高品質化していく。ブロードバンドがもたらしたインターネット配信における品質の向上と同等の現象が、今度はテレビ放送の世界でまさに起きようとしているのだ。一度高品質な映像に慣れてしまったものを低品質な映像で我慢させることはきわめて難しい。テレビで視聴できるものと同等の品質をインターネット配信に求めることは、視聴者として当然の欲求であろう。このような視聴者からのニーズに後押しされ、ハイビジョン並みの品質を持つインターネット配信が一般化するのも、それほど遠い将来ではないだろう。

一方で、ブロードバンドのもたらした高品質・広帯域化が、配信を行う事業者側に大きな負担を強いることとなっている。たとえば1Mbpsのビットレートで同時視聴者数1万人規模のサービスをユニキャスト方式で提供しようとすると、インターネットの帯域として実に10Gbpsもの広帯域が最低限必要となる。このような大きなインターネ

ット帯域の利用料や、大規模な視聴者向け配信設備への投資など、配信を行うに必要なコストは非常に大きくなり、比較的体力のある大規模な企業のみしか大規模な配信を行うことができない状況になりつつあるのである。日本のブロードバンド環境の発展が、提供事業者間の非常に熾烈な競争によって生まれたことから考えると、インターネット配信の世界は、ブロードバンドの発展の過程と同じ方向に向かっているとは残念ながら言い難い現状である。

しかし逆に、ここに技術革新のニーズがあると考えられる。1つの方向性としては、既存技術の拡張や、より使いやすくなるための改良やフレームワークの制定が必要であろう。たとえば配信方式の1つとして解説したマルチキャスト技術がある。上でも述べたようにマルチキャストによる配信は、特定のISP内など限られた範囲の中で提供されているケースがほとんどである。これが多くのISPで採用されマルチキャストの相互接続が進めば大きな帯域の抑制に繋がるであろう。基礎技術としての広域マルチキャストはある程度確立されている。運用や監視面での応用技術的な実装が進めば、今後の配信技術の中核となっていくことが期待される。また、より高性能な配信サーバの開発やより圧縮効率が高く高品質であるエンコード技術の改良などがこれにあたるだろう。

もう1つの方向性として、まったく新しい革新的な技術の開発があるだろう。たとえば、より低帯域での配信が可能となるまったく新しい配信技術の開発などはこの好例である。

いずれにしても、インターネット配信技術は比較的新しい分野であるため、優れた技術は日本のみならず世界的な標準として利用されていくことも十分予想される。今後この分野での革新的な技術が、産学にこだわらず生み出されていくことをつとに願うものである。

(平成17年12月1日受付)