パワードコム社における CDN 実証実験

Substantive Tests of CDN in Powerdcom,Inc

池 田 和 弘

要 約 ブロードバンド環境の急速な普及に伴い，ストリーミングコンテンツなどのブロードバンド向けのコンテンツも増加している．これらコンテンツをクライアントに対し安全にかつ安定した品質で配信する仕組みを作ることが急務となっている．

株式会社パワードコムは，ブロードバンドコンテンツ配信ポータルサイトとして「Powerbroad」をサービスしている．同サイトでは安定した品質で配信するための CDN（コンテンツ配信ネットワーク）の実証実験を行なっている．実証実験の取り組みと，今後解決していかなければならない課題について記述する．

Abstract The contents for broadband services, such as streaming contents, are also increasing with the rapid spread of broadband networking environment. Three is a pressing need to build the mechanism by means of which these contents are delivered to clients keeping the quality of services secure and stabilized.

Poweredcom Inc. provides “ Powerbroad ” services as broadband contents distribution portal site, and the company ’s sites conduct the substantive test of CDN（Contents Distribution Network）for delivery in secure and stable quality.

This paper describes the measures of substantive tests and the subject that must be resolved from now on.

1. は じ め に

現在の国内ブロードバンド環境は ADSL を中心に急速に普及している．総務省の発表によれば平成 15 年 5 月末の時点で DSL サービス加入者数は約 791 万人に達し，月あたり約 30 万人規模で増加している[1]．また，今後，FTTH サービスも接続料金の値下げなどに伴い急速に普及が見込まれる．

ブロードバンド環境の普及に伴い，ストリーミングコンテンツなどのブロードバンド向けのコンテンツも増加しており，これらのコンテンツを安全にかつ安定した品質で配信するための仕組みを作ることが急務となっている．

株式会社パワードコムではブロードバンドコンテンツ配信ポータルサイトとして Powerbroad（http：//www.powerbroad.ne.jp）をサービスしている．同サイトではコンテンツを保護するために DRM[*1] ゲートウェイというシステムを構築した．このシステムによりコピー防止や視聴制限をかけることができ，“ 安全 ” なコンテンツ配信を実現している．一方，安定した品質で配信するためには CDN（コンテンツ・ディストリビューション・ネットワーク）を構築する必要があり，昨年度よりキャッシュと広域負荷分散について製品の机上および実機による評価を行い，実験的にシステムを構築した．

以下に実験で構築したシステムの概要，今後の実験および課題について記述する．

2. キャッシュ製品の評価

安定した品質で配信するためには，ネットワーク的に，よりクライアントに近い場所にコンテンツを配置するための仕組みが必要である．

図 1 は Powerbroad サイトからインターネットにコンテンツを配信する場合のネットワーク概念図である．実際にはクライアントは ADSL 等のアクセス系通信事業者のネットワークに接続するが，説明の関係上，このような概念図を表現した．

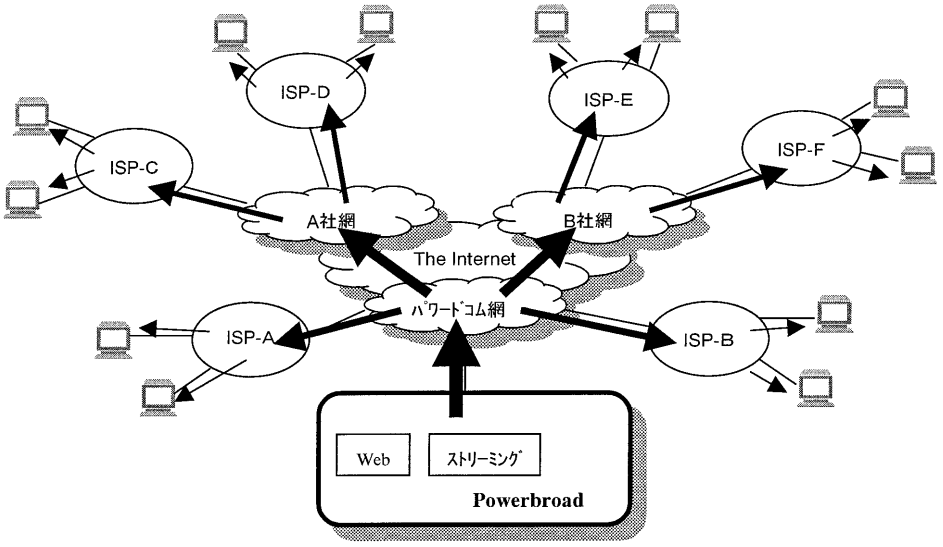

図 1　配信ネットワーク概念図

各クライアントが Powerbroad サイトからコンテンツを視聴した場合，Powerborad とパワードコム網の間の回線には視聴しているクライアント数分のデータが流れることになる．また各 ISP においてもそのクライアント数分のデータが外部コネクティビティに流れることになる．また，各通信事業者のネットワークにはそこに接続している各 ISP のクライアント数分のデータが流れることになる．

このようなネットワーク環境で飛躍的に増加しているブロードバンド人口に対してこちらも飛躍的に増加しているブロードバンドコンテンツを配信するのは困難である．

そこで，Powerborad サイトから見た場合の各エッジサイトにキャッシュ装置を配置することで，Powerbroad とエッジサイト間の使用帯域を削減させることを目的に検討を行なった．

キャッシュ装置に対する主な要件は以下の通りである．

① Real および WindowsMedia のストリーミングをキャッシュできる．
② リバース Proxy が行なえる．
③ Pull 型/Push 型両方のキャッシュが行なえる．
④ セキュリティレベルが高い．

①については単純にそのサイトのコンテンツに依存する．

②の Proxy の方法だが，Proxy についてはフォワード Proxy とリバース Proxy がある．フォワード Proxy の場合はクライアントに Proxy の設定が必要であり，主に企業内ネットワー

クのようにクライアントに対して Proxy の設定を指示できる環境で使用される。一方，インターネット環境においてクライアントに対して Proxy の設定を指示することは現実的に不可能である．そのため，各キャッシュ装置はリバース Proxy の設定をしておき，後述する広域負荷分散の仕組みでリクエスト・ナビゲーションする必要がある．

③のキャッシュ方式だが，Pull 型キャッシュはクライアントが視聴しているストリーミングを蓄積している方式で，Push 型キャッシュはクライアントに関係無く，センタ側から事前に配備しておく方式である．両方の方式が可能であれば，有料コンテンツは事前に配備しより安定した配信を行なうなどの細かい運用も可能になる．

④のセキュリティについては物理的に他の場所に設置されるため，そのキャッシュ装置からキャッシュされているコンテンツをコピーできるようなことが無いようにしなければならない．また，ネットワーク的にも保護されていないセグメントに配置される場合があるため自ら ACL（アクセス・コントロール・リスト）を設定し防御できなければならない．

Powerbroad では以上の要件を満足するキャッシュ製品としてネットワーク・アプライアンス社の NetCache を用いて実験を行なっている．

3. 広域負荷分散製品の評価

クライアントが各エッジのキャッシュ装置にアクセスするためには，センタ側でそのクライアントがアクセスすべきキャッシュ装置に誘導する必要がある．このような仕組みを一般的にリクエスト・ナビゲーションと呼んでいる．リクエスト・ナビゲーションの目的はクライアントに対して最も最適なキャッシュ装置などの配信サーバに誘導することである．

リクエスト・ナビゲーションの方式には，大きく以下の三つがある．

① ナビゲータ（リクエスト・ナビゲーションを処理するソフトウェア等）が自ら DNS となり，名前解決の際に最適な配信サーバのアドレスを返す方式

② 事前に各クライアントの CIDR[*2] ブロックに対する最適な配信サーバをナビゲータに登録しておき，クライアントの IP アドレスで判断する方式

③ キャッシュ装置などを同じ IP アドレスにしておき，クライアントのリクエストが最も早く到達したものを使用する方式

①の方式は，ネットワーク的にクライアントに近い場所に DNS があればいいが，国内のネットワーク環境では DNS は必ずしもクライアントに近い場所には配置されていない．また，ISP によっては自ら DNS を持たず，外部の DNS を使用しているものもあり，①の方式は日本国内のネットワークには適用しにくい．

②の方式であれば，クライアントの IP アドレスによって最適な配信サーバに明示的に誘導することができ，現状の国内ネットワーク環境では最も有効な方式である。

③の方式は，通信事業者の網内などでは有効と思われるが，ISP 等のエッジセグメントにそのセグメント外の IP アドレスの装置を配置することはできない．よりクライアントに近い場所に配置することを目的とするならこの方式も採用できない．

Powerbroad は基本的な方式として②の方式を採用した．

②の方式を実現する製品はいくつか存在するが，Powerbroad ではネクストコム社の SSLB を用いて実験を行なっている．

4. 実　　験

実際にある ISP にキャッシュ装置を配置し，センタ側でリクエスト・ナビゲーションをする環境を構築した．図 2 は図 1 の ISP–A にキャッシュ装置を配置した実験構成である．

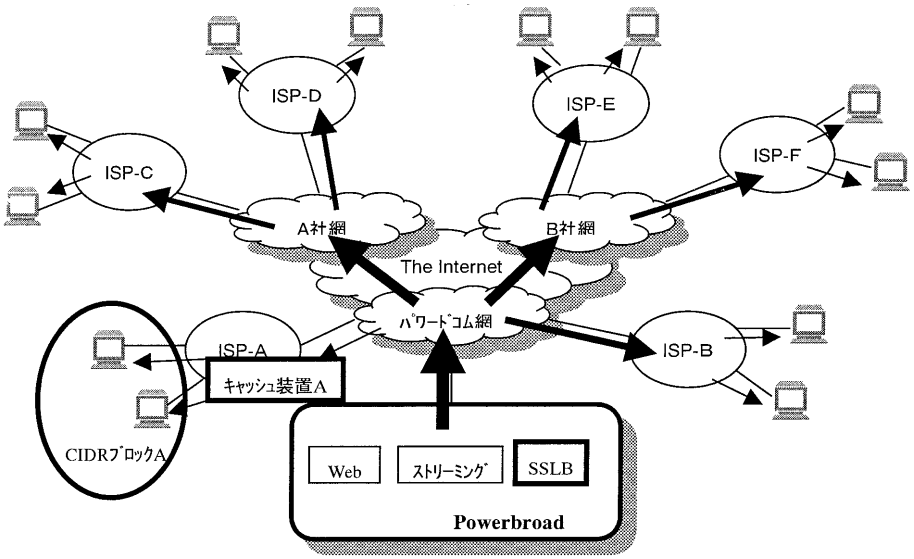

図 2　実験構成

4.1　ナビゲーション・ルール

今回の実験で定義したルールの基本的な方針は以下の通りである．

① CIDR ブロック A からのリクエストはキャッシュ装置 A の URL を返す．
② キャッシュ装置 A がダウンした場合は CIDR ブロック A のリクエストはセンタの配信サーバの URL を返す．
③ CIDR ブロック A 以外からのリクエストはセンタの配信サーバの URL を返す．
④ センタの配信サーバがダウンした場合はサービス停止を示す Web ページの URL を返す．

ISP–A に配置するキャッシュ装置が複数台になった場合は，ひとつのサーバグループとして定義する．また，センタ側の配信サーバも複数台あれば，それもひとつのサーバグループとして定義する．これらグループ内の負荷分散は SSLB がラウンドロビンで行なう[2]．

4.2　処理シーケンス

図 3 は Real の場合の処理シーケンス，図 4 は WMT 4.1（WindowsMediaTechnology 4.1）の場合の処理シーケンスである．Real の場合と WMT 4.1 の場合でシーケンスが異なるのは使用しているプロトコルが影響している．

ストリーミングで使用している代表的なプロトコルに RTSP と MMS がある．Real や WindowsMedia 9 は RTSP を使用しているが，WindowsMedia 9 より前のバージョン（WMT 4.1）では MMS を使用している．RTSP にはリクエスト URL を書き換えて返すリダイレクト機能があるが，MMS にはそのような機能が無く，WindowsMediaPlayer からのストリーミングリ

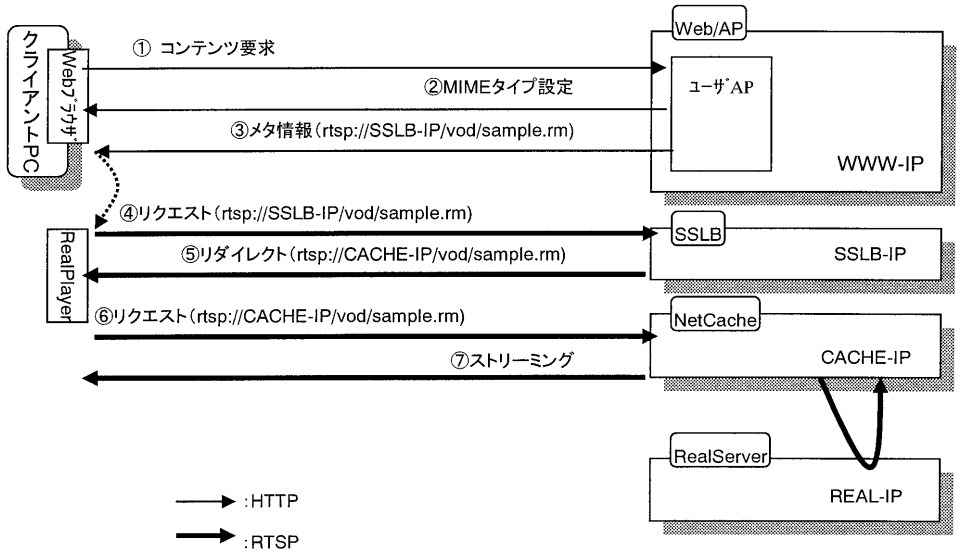

図 3　Real の場合の処理シーケンス

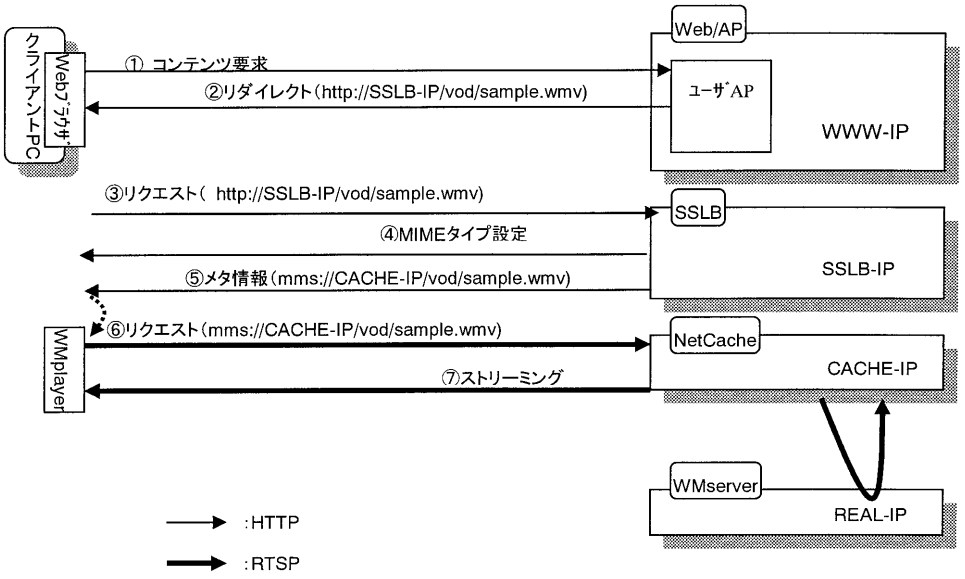

図 4　WMT 4.1 の場合の処理シーケンス

クエストを直接書き換えて返すことができない．そこで，WMT 4.1 については，HTTP のリクエストからストリーミングのメタ情報を作成し，リダイレクトする方式になる．RTSP リダイレクションと HTTP リダイレクションの違いは，RTSP リダイレクションはメタ情報の中のリクエスト URL のサーバアドレス部を書き換えるのに対し，HTTP リダイレクションはメタ情報そのものを生成しリダイレクトすることである．

RTSP,HTTP どちらのプロトコルのリダイレクションでも通常のコンテンツであればどちら

の方式を使用したとしても問題は無い．しかし，1 回のリクエストで複数のコンテンツを動的にストリーミングする場合は HTTP リクエストでは対応できない．図 5 はそのようなコンテンツの例である．

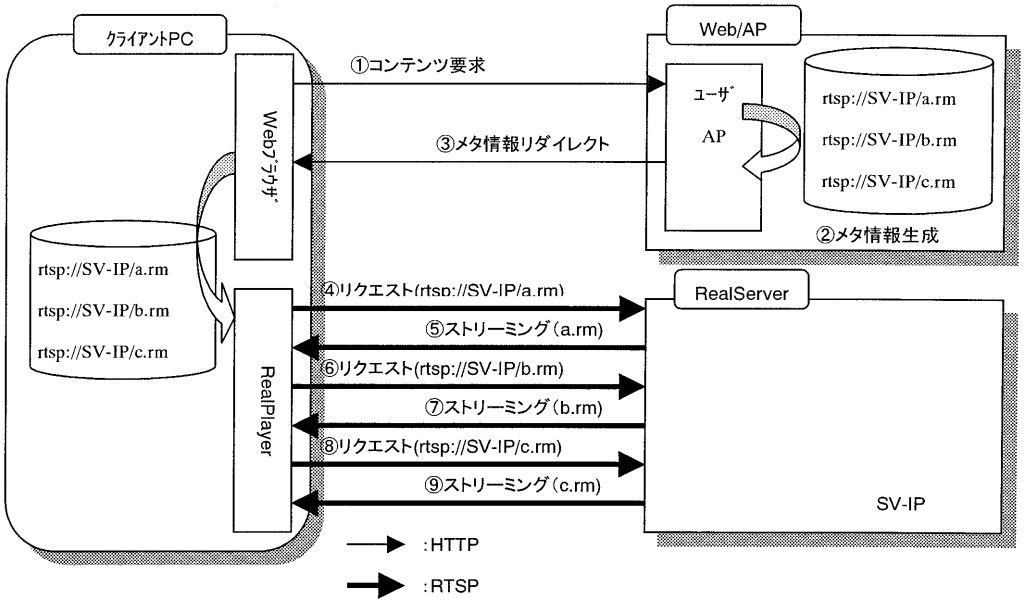

図 5　動的再生コンテンツ例

この仕組みは，Web ブラウザ上でコンテンツ再生ボタンを一回押すと，格納されている複数のコンテンツをランダムにストリーミングするものである．RTSP リダイレクションであれば，ユーザ AP でメタ情報を生成する際に SV-IP を SSLB の IP アドレスにすれば，図 5 中の④⑥⑧のリクエストは SSLB に対して行なわれ，IP アドレス部がキャッシュ装置などの配信サーバに書き換えられた形でリダイレクトされるので問題無く処理できる．しかし，HTTP リダイレクションの場合は，SSLB がメタ情報を生成しなければならず，ユーザ AP がランダムで生成したメタ情報を引き継ぐことができないため，このようなコンテンツには対応できない．

配信サーバにアクセスする際のリクエストをリダイレクトする形にしておけばコンテンツの形態にとらわれること無くリクエスト・ナビゲーションが可能である．WindowsMedia 9 に移行すれば RTSP プロトコルになるため，全て RTSP リダイレクションにすることができるが，そのためにはクライアントの WindowsMediaPlayer も 9 シリーズになっている必要がある．サーバ側が WindowsMediaServer 9 に移行したとしても発呼するのはクライアント側である．クライアントの WindowsMediaPlayer 9 への移行にどの程度の期間がかかるのか予想することは困難であり，全てを RTSP リダイレクションにするのは将来的な課題となる．

5.　今後の実験に向けての課題

今回構築した構成は最も単純な構成である．今後，CDN を展開していくためにはいくつか

の課題を解決していかなければならない．以下にそれらの課題を整理する．

5.1 コンテンツ事前配備

コンテンツをキャッシュ装置に事前に配備するためには，まず以下のような運用ポリシを決める必要がある．

① どのコンテンツを対象にするのか
② どのようなタイミングで配備するのか
③ 配備に失敗した場合の対処

①については，キャッシュ装置にセンタ側の配信サーバと同じディスク容量があれば単純に全てのコンテンツを対象にすることも可能だが，費用面などから現実的な構成では無い．そこで，どのコンテンツを配備するかというポリシを決める必要がある．ポリシを決めるためには目的を明確にする必要がある．

事前配備の目的は帯域削減と配信品質の安定化と考えられる．但し，事前配備をすることによる帯域削減の効果は現実的にはほとんど無いものと考える．

例えば，エンコード時の帯域が 1 Mbps のストリーミングコンテンツをキャッシュさせる場合を想定すると，Pull 型キャッシュの場合は最初にそのコンテンツが視聴される際に配信サーバとキャッシュ装置間で 1 Mbps の帯域が使用される．以降はコンテンツがキャッシュされているため配信サーバとキャッシュ装置間での帯域使用は無くなる．一方，Push 型キャッシュにした場合でも同じデータ量をキャッシュ装置に送らなければならず，合計回線使用量は同じである．但し，事前配備する際の帯域制限を 10 Kbps に絞れば配備する時間は 10 倍になるが同時使用帯域は 10 分の 1 に削減することができる．また，帯域制限を逆に 10 Mbps にすれば同時使用帯域は 10 倍になるが配備時間は 10 分の 1 にできるといった運用が可能になるといった利点はある．また，回線が混雑する時間帯を避けて配備するといった運用も可能になる．

一方，配信品質の安定化を目的にするならば事前配備は効果がある．Pull 型キャッシュの場合は，そのコンテンツにクライアントが初めてアクセスする時点で配信サーバとキャッシュ装置間でストリーミングが行なわれる．そのため，そのタイミングがインターネット上の回線混雑時に重なった場合，安定したストリーミングが損なわれる可能性がある．配信サーバとキャッシュ装置間で安定したストリーミングが行なわれなければ，当然，キャッシュ装置とクライアント間で安定したストリーミングは行なわれない．1 Mbps のストリーミングを行なう場合，配信サーバとキャッシュ装置間のネットワークは，必ず 1 Mbps 以上の帯域が常に使える状態でなければならない．ところが，事前配備の場合はストリーミングでは無く，ファイル転送に近いので使える帯域が不安定であっても最終的には送りつけることができる．送りつけてしまえば配信サーバとキャッシュ装置間の帯域は関係無くなるので，その間の回線混雑状況に関係無く，クライアントは近いキャッシュから安定した品質でストリーミングを受けることができるのである．

②のコンテンツ配備のタイミングは，コンテンツをエンコードしてから Web ページ上にアップするまでの間になる．この間で他の通信に影響が無いように使用帯域を絞り長時間かけて配備するか，逆にクライアントの通信が少ない時間帯に帯域を多く使って短時間で配備するかの方針を決める必要がある．但し，配備に使用できる帯域はキャッシュ装置を設置したエッジサイトで制限されるはずであり，また，広帯域を使える場合も時間帯を制限されるはずである．

これらの条件によって 1 回に転送できるコンテンツの総容量が制限されるため複数回に分けて配備するなどの方針も決める必要がある．

③の配備失敗時の対処方針として少なくとも以下の事柄を決めておく必要がある．

a)　エッジサイト全体の内，何%成功したら成功とみなすか

b)　一回で配備するコンテンツが複数あった場合，何%成功したら成功とみなすか

c)　失敗した場合には Web ページのアップも止めるか

a)と b)は，1 箇所以上のキャッシュ装置に故障が発生した，配備するコンテンツ容量が大きく所定の時間内に一部のコンテンツを転送できなかった, などの場合に配備処理全体の成功/失敗の基準である．c)は配備処理を失敗とした場合にコンテンツ・アップそのものも止めて再度配備処理を実施するか，配備処理は行なわずにコンテンツ・アップを行い，センタ側の配信サーバからは配信できるようにしてしまうかの方針である．

5.2　アクセスログの集計

クライアントがキャッシュ装置にアクセスした場合でもセンタ側の配信サーバには必ずアクセスログは出力される．但し，センタ側の配信サーバに記録されたアクセスログは，クライアント IP アドレスが実際のクライアント PC の IP アドレスでは無く，キャッシュ装置の IP アドレスで記録される．もし，クライアントのドメインごとのアクセス数集計などのクライアント IP アドレスをもとにしたアクセスログの集計を行なう場合は，以下のような対処が必要になる．

①　キャッシュ装置のアクセスログをセンタ側に収集する．

②　収集したアクセスログのフォーマットを RealServer や WindowsMediaServer などのフォーマットに編集する．

③　配信サーバのアクセスログからクライアント IP アドレスがキャッシュ装置の IP アドレスになっているレコードを削除する．

④　②と③のアクセスログをマージする．

クライアント IP アドレスをもとにした集計を行なわないのであれば，センタ側配信サーバのアクセスログのみで集計することができるので，キャッシュ装置のアクセスログは平均して過去数日分残るような容量でサイクリックに上書きするような設定にしておけば良い．

集計内容によって運用の煩雑さも変わってくるためメリット/デメリットを整理して方針を決める必要がある．

5.3　クライアント CIDR ブロックの登録

クライアント CIDR ブロック単位にリクエスト・ナビゲーション・ルールを作成すれば，明示的に最適な配信サーバから配信することができる．しかし，ある ISP の CIDR ブロックを登録しようとすると数十から数百クラスの登録が必要になる．また，一度登録したとしてもそれは不定期で増減することになる．実際の運用を想定した場合，手作業で登録および修正していくことは非常に困難である．

そこで初期登録の簡略化とそれ以降の修正の自動化の方式について検討していく必要がある．

5.4 動的なリクエスト・ナビゲーション

キャッシュ装置をいくつかのエッジサイトに設置したとしても，Powerborad のようにインターネット上で全てのユーザがサービスを受けられるオープンサイトでは CDN を利用できるユーザの比率は決して高く無い．その状態では，クライアントに対して安定した品質で配信することも，センタへのアクセス集中を避けることもできない．そこで，通信系事業者の網内にキャッシュ装置を展開し，CIDR ブロック登録外のクライアントに対してはそれらのキャッシュ装置の中から最適なものにリクエスト・ナビゲーションする方式が考えられる．

ここで問題となるのが，そのクライアントにとって最適なキャッシュ装置を判定する方式である．判定のレベルは大きく以下の 3 段階に分けられる．

① 単純に複数のキャッシュ装置にラウンドロビンで割り当てる．
② 各キャッシュ装置の負荷状況を監視し,最も負荷の軽いキャッシュ装置を割り当てる．
③ ②に加えて，クライアントとキャッシュ装置間のネットワーク的な距離を測定し，最も近いキャッシュ装置を割り当てる．

①は単純なラウンドロビンなので，もし過負荷状態のキャッシュ装置があったとしても関係無く割り当てつづけてしまう．②であればそのような問題は避けることができるが，負荷を見ているだけなので，例えば北海道と東京と九州にキャッシュ装置を置いた場合，九州のキャッシュ装置の負荷が軽ければ，北海道のクライアントに対して九州のキャッシュ装置を割り当ててしまう．

理想は，③のクライアントからネットワーク的に最も近く，かつ負荷の軽いキャッシュ装置を最適なキャッシュ装置として割り当てる方式である．このような最適なキャッシュ装置が判定してナビゲーションする機能を持った製品はいくつかあるが，一般的な方式はエッジサイトのキャッシュ装置などからクライアント PC に対して ping を発行し，その応答時間から最も近いサイトを判定する方式である．例として NetCache の L 7 server を使用した場合の処理イメージを図 6 に示す[3]．

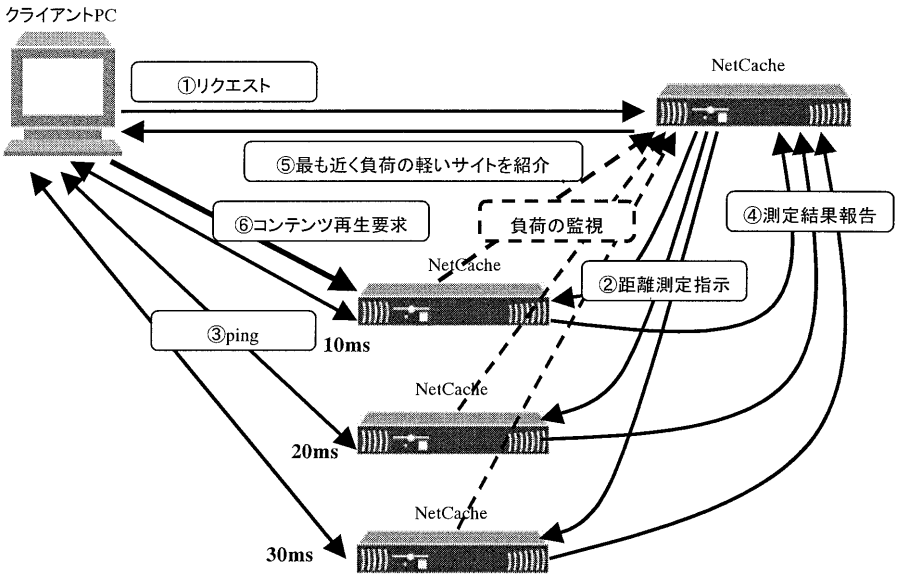

図 6　NetCache の L 7 server を使用した場合の処理イメージ

但し，この機能は距離測定で用いている ping の応答時間に明確に差が出るようなネットワーク環境であれば有効だが，日本国内のネットワーク環境では明確な差が出にくい．また，タイミングによってはすぐ近くのキャッシュ装置より離れたキャッシュ装置の方が応答時間が速い場合もしばしば発生する．さらに，アクセスしたクライアント PC に対しては定期的に ping を発行して測定を行なうため不正アクセスとみなされる場合もある．そのため，この機能については有効性など十分検証した上で採用可否の検討を行なう必要がある．

5.5 CDN ピアリング

今まで述べてきた課題をクリアしていけば論理的には効果的な CDN を構築することができる．しかし，現実としては他通信事業者の網内にキャッシュ装置を設置することは非常に困難である．そのような場合は，その通信事業者の持っている CDN を利用するという手段もある．但し，他の CDN を利用する場合には，その CDN にアクセスするクライアントの CIDR ブロックが分かっていなければならない．CIDR ブロックが分かれば，4.1 節で説明したナビゲーション・ルールを以下のように変更することで対処できる．

① CIDR ブロック A からのリクエストは，キャッシュ装置 A の URL を返す．
② キャッシュ装置 A がダウンした場合は，CIDR ブロック A のリクエストはセンタの配信サーバの URL を返す．
③ 他 CDN の CIDR ブロックからのリクエストは，その CDN のナビゲータの URL を返す．
④ CIDR ブロック A および他 CDN の CIDR ブロック以外からのリクエストは，センタの配信サーバの URL を返す．
⑤ センタの配信サーバがダウンした場合は，サービス停止を示す Web ページの URL を返す．

③のルールを追加することで他 CDN のナビゲータが最適なキャッシュ装置を紹介することができる．

但し，通常はセキュリティ上の問題があるため，自社網に接続する ISP のクライアント CIDR ブロックを開示しない場合が多い．互いの CDN を相互に利用するためにクライアント CIDR ブロックを開示しあうか，いくつかの CDN の上位に位置するナビゲータを共同で運用するなどの検討が必要である．

6. おわりに

株式会社パワードコムのブロードバンドコンテンツ配信ポータルサイト Powerbroad における CDN 実証実験について実験構成の構築と検討課題について簡単ではあるが紹介した．課題については今後，随時検討していく予定であるが，ブロードバンド関連の技術は日進月歩であり，今ある技術で課題を解決し CDN を構築していきつつも常に最新の技術動向を把握し，将来的に間違った方向に進まないように注意していく必要がある．

＊1 Digital Rights Management の略．デジタルコンテンツの著作権管理技術であり，暗号化などによって違法コピーを防止する．
＊2 Classless Inter-Domain Routing の略．クラス分けを無視したアドレス空間へのルーティングの仕組み．

参考文献

各種数字等については，
［1］ 総務省のホームページ（http：//www.soumu.go.jp/）より各種速報を参照のこと
CDN 関連の技術情報については，各ベンダや公開されているホームページがある．
SSLB については，
［2］ ネクストコム社のホームページ（http：//www.nextcom.co.jp）を参照のこと
NetCache については，
［3］ ネットワークアプライアンス社のホームページ（http：//www-jp.netapp.com）を参照のこと
［4］ 甲斐真典，ストリーミング配信での著作権保護（DRM）と配信ネットワーク（DN），2003，ユニシス技法 76 号．

執筆者紹介

池 田 和 弘（Kazuhiro Ikeda）
1964 年生．1986 年東京電機大学理工学部数理学科卒業．同年日本ユニシス(株)入社．現在テレコム＆メディア事業部サービスビジネス統括部技術サービス部で(株)パワードコムのブロードバンドコンテンツ配信サイト「Powerbroad」のシステム構築作業に従事．
The CDN actual proof experiment in Powerdcom, Inc.