

利用者の属性に適応したコンテンツを提供する CDN の設計と実装

石津 健太郎[†] 岡村 耕 二^{††}

インターネット利用者の増加にともない、サーバやネットワークの処理能力を超えるサービス要求が1カ所に集中し、利用者が安定したサービスを受けることができないという問題がある。これを解決するため、CDN (Content Delivery Network) 技術では、サロゲートと呼ぶ複数のサーバを広域に分散配置し、利用者のコンテンツ要求をこれらのサロゲートに振り分けている。CDN の各サロゲートが配布元のコンテンツを加工して利用者に提供することを、ユーザアダプテーションと呼ぶ。通常のCDN では、利用者が複数のサロゲートをまたいで、自分の属性に応じてユーザアダプテーションを行ったコンテンツの提供を受けることはできない。本研究では、サロゲートがつねに同じ静的なユーザアダプテーションを行うのではなく、利用者の属性に応じた動的なユーザアダプテーションを行うCDN の実現を目的とした。そのため、組織をまたぐ利用者認証機構とユーザアダプテーション機構の設計と実装を行い、CDN におけるコンテンツのユーザアダプテーションについて考察を行った。

Design and Implementation of CDN Architecture to Deliver Contents Adapted to Users' Attributes

KENTARO ISHIZU[†] and KOJI OKAMURA^{††}

We have a serious issue when a large number of accesses concentrate on one server. CDN (Content Delivery Network) technology can solve this issue by distributing some surrogates on a wide area. Each surrogate on CDN can customize original contents and provide them for users, which is called user adaptation. For example, in a case of a delivery service of movie files on CDN in which surrogates automatically change movie quality based on users' contract, each surrogate must authenticate users and deliver files adapted to each user. This study aims to realize a CDN architecture in which surrogates deliver contents dynamically adapted to users' attributes, while surrogates in the existing CDN can make just a static user adaptation. We designed and implemented a user authentication protocol over organizations and a user adaptation scheme. Finally we noted some issues on the authentication scheme and the user adaptation on CDN.

1. はじめに

インターネットの利用者が急速に増加し、ネットワークの基盤技術や製品の開発技術もますます発展してきた。これにともない、インターネットの専門家ではない利用者が、情報収集や連絡手段のために使用したり、電子商取引や映像の配信にも使用したりするなど、インターネットはすでに社会生活の重要な基盤の1つとなっている。

しかし、利用者の接続が1つのサーバに集中するよ

うなサービスにおいて、利用者の要求がサービスを提供するサーバの処理能力やネットワークの使用可能帯域を超えてしまうという問題が顕著になった。これでは、利用者に安定してサービスを提供することができなくなる。この問題を解決するために、サロゲートと呼ぶ複数の計算機をネットワークに広域に分散配置し、これらに利用者の要求を振り分けることにより、計算機の過負荷とネットワークトラフィックの局所的な集中を防ぐ方法がある。これをCDN (Content Delivery Network) と呼び、広い帯域を必要とするサービスや利用者が特に多いサービスで広く使用されている。

従来のCDNでは、各サロゲートが配布元のコンテンツをそのまま複製し、配布元と同様のコンテンツを提供する方法が多く利用されてきた。一方、サロゲートがそれ独自のポリシーに従い、配布元のコンテンツに加工を施して利用者に提供するという手法もある。

[†] 九州大学大学院システム情報科学府
Graduate School of Information Science and Communication Engineering, Kyushu University

^{††} 九州大学情報基盤センター
Computing and Communications Center, Kyushu University

この手法の例として、CDNによって映像を提供するサービスを考える。このサービスにおいて映像の品質は2種類存在し、高額な料金を支払っている利用者は高品質な映像を視聴できるが、低額な料金しか支払っていない利用者は低品質な映像のみしか視聴できないものとする。また、利用者が登録している情報に基づいて、CDNが自動的に字幕情報や音声の言語を選択して利用者に提供できるものとする。このサービスは、各サロゲートが利用者の契約情報や登録属性に従って、提供する映像、音声、文字情報を選択することにより実現できる。

ここで、上に説明したサービスを提供するような組織が複数存在し、利用者がこれらの複数の組織からサービスの提供を受ける機会があるものとする。たとえば、ある利用者Xが組織Aとこの映像サービスの契約を結んでおり、ネットワーク接続手段として無線LANを提供する組織BとPHSを提供する組織Cを使用するものとする。この場合、組織Aに登録している利用者Xの認証情報と属性を用いて、組織Bと組織Cのサロゲートが利用者X向けに映像サービスを提供できれば、このシステムはCDNの特徴を生かした効率的なネットワークの利用と安定したサービスの提供が可能であるといえる。

本研究では、サロゲートが利用者に対してつねに同じ静的なユーザアダプテーションを行うのではなく、各利用者の属性に適応して動的にコンテンツのユーザアダプテーションを適用できるCDNを実現することを目標とした。これにより、利用者はCDNにより選択される最適なサロゲートから、その利用者の属性に適応したコンテンツの提供を受けることが可能となる。

本稿では、まず2章で本研究の基盤となるCDNとユーザアダプテーションについて説明し、3章で本研究の目的を述べる。4章では提案するCDNアーキテクチャの設計と実装を行い、5章で動作の評価と考察を述べ、6章でまとめを行う。

2. CDNとユーザアダプテーション

2.1 CDN

CDNの構成を図1に示す。CDNは、オリジナルのコンテンツを持つサーバ(オリジナルコンテンツサーバ)および利用者にサービスを行うサロゲートから構成する。

図1において、CDN上の特定のサロゲートにコンテンツ要求が集中すると、複数のサロゲートを配置している意味がなくなる。そこで、各サロゲートに利用者のコンテンツ要求を効率的に分散しなければなら

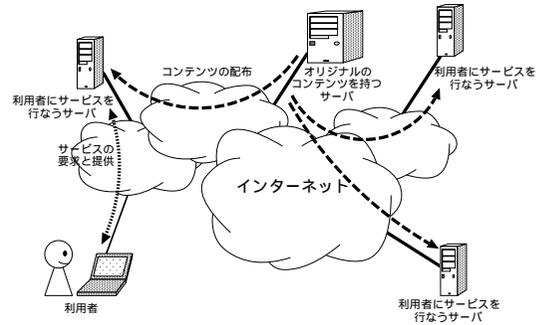


図1 CDNの構成

Fig. 1 Architecture of CDN.

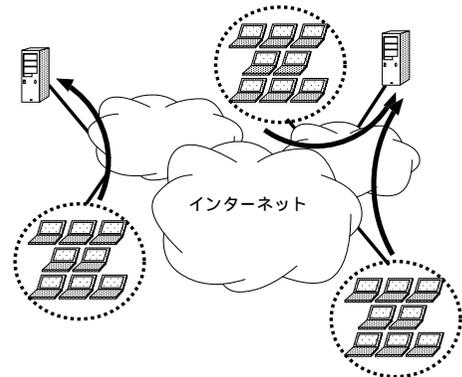


図2 リクエストルーティングの効果

Fig. 2 Effect of request routing.

い。また、利用者がサロゲートからコンテンツを受信する場合、複数のサロゲートの中から最も都合の良いサロゲートを利用したいという要求がある。これらを実現するのが、CDNのリクエストルーティング機能¹⁾である。

この機能は、利用者が送信するコンテンツの要求を適切なサロゲートへ導くことを可能にするものである。図2は、リクエストルーティング機能により、利用者のコンテンツ要求が近いサロゲートへ誘導される様子を示している。このようにして利用者のコンテンツ要求を最適なサロゲートへ誘導すれば、利用者はサロゲートから効率良くコンテンツを受信することができる。

リクエストルーティングを実現する方法は様々であり、DNSの名前解決を用いて利用者のコンテンツ要求を特定のサロゲートへ誘導する方法^{2),3)}、HTTP⁴⁾やRTSP⁵⁾のようなアプリケーション層のプロトコルによりコンテンツの要求を転送する方法などがある。サロゲートの決定は、ネットワークの輻輳状態や利用者とサロゲートのトポロジ情報などを判断材料にすることが多い。

2.2 ユーザアダプテーション

インターネット上には、利用者個人に特化したサービスを提供する場面が多い。このようなサービスの例として、

- 利用者の使用言語に合わせたウェブページ
- 利用者が契約しているプロバイダが独自の付加サービスを提供するページ

などがある。上の例における使用言語やプロバイダのような情報を、利用者の属性と呼ぶ。このように、利用者の属性を用いてコンテンツを加工することをコンテンツのユーザアダプテーションと呼ぶ。

ユーザアダプテーションを CDN において実現するためには、サービスの提供者が、利用者の属性に対応するページを利用者の要求に応じて作成するか、あるいは、あらかじめ作成しておく必要がある。

3. 研究の目的

3.1 研究の目的

本研究では、サロゲートが配布元のコンテンツに対してつねに同じ静的なユーザアダプテーションを行うのではなく、利用者の属性に適応して動的にコンテンツにユーザアダプテーションを施すことが可能な CDN を実現することを目的とする。これにより、既存のリクエストルーティング機能の利点を生かしつつ、サロゲートが利用者に異なるコンテンツを提供することが可能となる。

本研究では、CDN のサロゲートとして HTTP (Hypertext Transfer Protocol) サーバを対象とする。また、利用者認証情報やコンテンツ提供サービスを共有することが可能な密な連携をしている利用者組織が複数存在し、これらが CDN を構成して、以下を満たしているものとする。

- サービスの利用者は、CDN を構成する利用者組織のいずれかに所属
- 利用者は所属する利用者組織でのみ認証を受けることが可能

ここで利用者組織とは、プロバイダや職場などのネットワークの単位である。本研究では、この利用者組織をユーザアダプテーションに用いる利用者の属性として用いることにした。利用者がサービスを受けるときは、自分が所属する組織から認証を受けた後、ユーザアダプテーションを適用したコンテンツを取得する。

3.2 関連研究

利用者の属性に応じてウェブコンテンツを加工する方法や、さらにそれを CDN で行う方法はこれまでに研究されている⁶⁾。しかし、CDN における認証結果

に基づき、サロゲートでコンテンツに動的なユーザアダプテーションを適用し、それを評価した研究は行われていない。

文献 7) では、利用者の嗜好に適応したサービスを自律的に提供することが可能なネットワークアーキテクチャを提案している。これは、コンテンツや利用者などの様々な情報をシステムコンポーネントとしてモデル化し、これらがお互いの関係を自律的に獲得することにより、独自のサービスを構成する手法である。しかし、このようにして利用者に適応したサービスを、複数の組織にまたがる CDN において実現する方法はいまだ確立されていない。

IETF (Internet Engineering Task Force) では、複数のネットワーク組織により CDN を構成する場合に、認証と課金を行うことが可能な CDN の構成を検討している⁸⁾。しかし、これはネットワークの構成や通信の流れを示しただけであり、具体的なプロトコルにまで触れて提案されていない。

Web サーバには、クライアントの IP アドレスやユーザエージェントの種類を取得し、それに適応したサービスを提供する技術がある。たとえば、HTTP サーバの Apache⁹⁾ や FTP サーバの ProFTPD¹⁰⁾ では、クライアントの IP アドレスや URL のホスト名に応じて異なるコンテンツを提供することが可能である。これらをバーチャルホスティング機能と呼び、1 台のサーバが複数のドメインに異なるサービスを提供する場合にしばしば使用される。しかし、このようなコンテンツのユーザアダプテーションは、利用者のネットワーク環境に依存し、利用者本人の属性に適応することはできない。

また、HTTP/1.1 ではクッキーと呼ぶプロトコルを規定している。これは、サーバの応答によりユーザエージェント上に作成される情報であり、クッキーの名前、値、有効期限、有効ドメインおよびパスを設定することができる。HTTP サーバは、ユーザエージェントからの HTTP 要求を受けたとき、HTTP 応答にクッキー情報を含めて応答し、ユーザエージェントはこのクッキー情報を保存する。ユーザエージェントは、再び同一サーバへ HTTP 要求を送る際に、HTTP 要求に保存していたクッキー情報を含めてサーバに送信する。これを利用すれば、サーバがクッキー情報に基づいてコンテンツのユーザアダプテーションを行うことも可能となる。しかし、この手法によりコンテンツのユーザアダプテーションは可能になるものの、これだけでは利用者の認証を行うことはできない。したがって、利用者の認証を必要とするようなセキュリティに

配慮が必要なコンテンツを配送することはできないという問題がある。

4. 設計と実装

本研究の目的を達成するために、CDNにおける利用者認証機構とユーザアップデート機構を以下のように設計、実装した。

4.1 CDNにおける利用者認証機構

本節では、CDNにおいて利用者を認証するための機構を提案する。

まず、この機構で使用されるHTTPのベーシック認証とRADIUSによる利用者認証を説明し、次にこれらを使って複数の組織にまたがる利用者を認証するプロトコルを提案する。

4.1.1 HTTPのベーシック認証

HTTPのベーシック認証は、利用者が利用者IDとパスワードをサーバに送信し、認証を受ける認証方法である¹¹⁾。サーバは、クライアントの認証が成功したときにのみ、要求されたURLを応答メッセージとして返答する。

クライアントは、利用者IDとパスワードをコロン(“:”)で連結し、この文字列をBASE64¹²⁾と呼ぶ方式で符号化する。例として利用者IDとパスワードがそれぞれ“ID”と“Password”の場合、

ID:Password

という文字列をBASE64方式で符号化した

SUQ6UGFzc3dvcmQK

が符号化した後の文字列である。この文字列を用いて、以下に示すようなAuthorizationヘッダを作成し、これをHTTP要求のヘッダに追加することによりHTTPサーバへ認証を要求する。

Authorization: BASIC SUQ6UGFzc3dvcmQK

HTTP要求が認証を必要としているURLを要求している場合、サーバはAuthorizationヘッダの値を用いて認証する。BASE64方式で利用者IDとパスワードを復号し、認証に成功するかを検査する。認証が成功した場合には要求されたURLを応答メッセージとして返答するが、認証に失敗した場合にはステータスコード401(Unauthorized)の応答メッセージを返答する。

4.1.2 RADIUSによる利用者認証

Remote Authentication Dialin User Service (RADIUS)は、サーバがクライアントからの認証要求を受けて認証結果をクライアントに返答するクライアント・アプリケーション型のプロトコルである。RADIUSを用いることにより、複数の利用者の認証

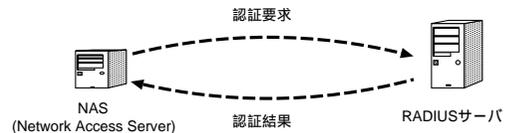


図3 RADIUSの構成

Fig. 3 Architecture of RADIUS.

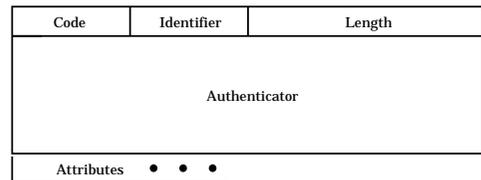


図4 RADIUSのパケットフォーマット

Fig. 4 Packet format of RADIUS.

表1 RADIUSパケットのCodeフィールド

Table 1 Code field of RADIUS packet.

値	機能	説明
1	Access-Request	認証情報をサーバへ問い合わせ
2	Access-Accept	サーバが認証成功を応答
3	Access-Reject	サーバが認証失敗を応答
4	Accounting-Request	課金に必要な情報をサーバに通知
5	Accounting-Response	課金の要求に応答

を集中して行えるだけでなく、課金情報も管理することができる^{13),14)}。

図3に示すように、RADIUSはRADIUSサーバとNAS(Network Access Server)から構成する。同じ利用者群を認証する複数のRADIUSサーバを設置することにより、RADIUSサーバの冗長化も可能である。

図4は、RADIUSのパケットフォーマットである。Codeフィールドに表1に示すような値を設定することにより、RADIUSの機能を指定する。Attributesフィールドには、利用者IDやパスワード、サービスの種類や通信方法の設定などを指定することができる。

例として、NASがRADIUSサーバに認証要求を行う場合を考える。NASは図4のCodeに1を設定し、Attributesフィールドには認証を行う利用者のIDとパスワードを設定する。Access-Requestメッセージを受け取ったRADIUSサーバは、利用者IDとパスワードを検証し、認証に成功した場合はAccess-Acceptメッセージ(Code=2)を、認証に失敗した場合はAccess-Rejectメッセージ(Code=3)をそれぞれNASに返答する。

4.1.3 複数の組織にまたがる利用者認証

CDNにおける利用者認証を実現するために、複数

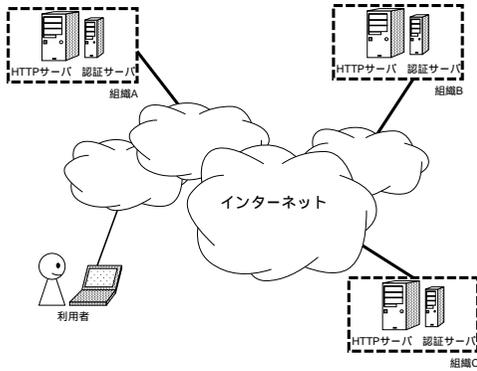


図 5 CDN における利用者認証機構

Fig. 5 Architecture of user authentication in CDN.

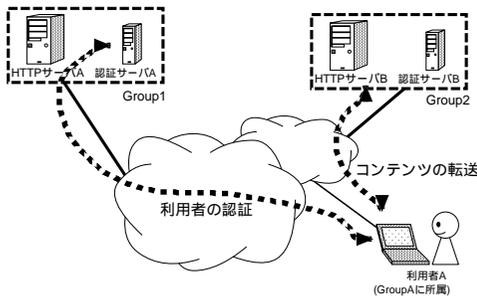


図 6 所属外の組織における認証

Fig. 6 Authentication outside of user's organization.

の組織にまたがる利用者認証を実現しなければならない。そこで、図 5 のような機構を考える。図 5 中で点線で囲っている領域は、1 つの利用者組織を示す。前述したように、利用者の認証はその利用者が所属する利用者組織の認証サーバのみが可能である。したがって、各 HTTP サーバは利用者が認証を要求してきた場合には、この利用者が所属する組織の認証サーバへ認証を依頼しなければならない。本研究では各組織の認証サーバは RADIUS サーバであるものとする。利用者組織には組織 ID と呼ぶ固有の記号を割り当て、それで識別する。

利用者が所属する組織外において認証を受ける場合の流れを、図 6 で説明する。この図では、Group1 という組織 ID を持つ利用者 A が、CDN のリクエストルーティング機能によって Group2 という組織 ID の利用者組織に接続している状態を示している。この場合、利用者 A の認証を行うことが可能な認証サーバは組織 Group1 の認証サーバ A のみであるから、組織 Group2 の HTTP サーバ B は、利用者 A の認証を認証サーバ A に依頼する。HTTP サーバ B は、その認証結果により利用者 A にサービスを提供するかどうかを決定する。

表 2 認証サーバ一覧表の例
Table 2 Example of Authentication Server list.

組織 ID	認証サーバの IP アドレス
Group1	192.168.0.1
Group2	192.168.100.1
Group3	192.168.100.20

これを実現するためには、各 HTTP サーバが接続してきた利用者の組織 ID を知る必要がある。そこで、HTTP のベーシック認証を応用して、次のようなプロトコルを提案する。

CDN において認証を行う場合、利用者 ID と組織 ID を “@” で連結した文字列を作成し、これを CDN-ID と呼ぶことにする。ベーシック認証の利用者 ID には、以下のように CDN-ID を使うことにする。つまり、

<CDN-ID>:<パスワード>

すなわち

<利用者 ID>@<組織 ID>:<パスワード>

を用いて Authorization ヘッダを作成する。

各サロゲートは、組織 ID と認証サーバの IP アドレスを対応付ける表を保持している。この表を認証サーバ一覧表と呼ぶ。表 2 は、認証サーバ一覧表の一例であり、Group1 に所属する利用者の認証を行う場合は、IP アドレスが 192.168.0.1 の認証サーバに問い合わせればよいことが分かる。

4.2 ユーザアダプテーション機構

ユーザアダプテーションの適用は、利用者が所属する組織を単位として行う。したがって、利用者は所属する組織に応じたコンテンツを受け取ることになる。すべての HTTP サーバは CDN に参加する全組織に適応したコンテンツを提供することが可能であることを前提とする。これは、

- (1) あらかじめ HTTP サーバが必要なコンテンツをすべて蓄積する、
- (2) 必要に応じて別の HTTP サーバから取得する、
- (3) オリジナルのコンテンツから動的に生成する、

などの方法により可能である。本研究では (1) による場合を考え、利用者に異なるファイルツリーを見せることによりユーザアダプテーションを実現することにした。

HTTP サーバが要求に応じるとき、URL で示すリソースの基点となるディレクトリの絶対パスをドキュメントルートと呼ぶことにする。たとえば、

http://hostname/pub/index.html

で示す URL が、hostname という HTTP サーバ上の /home/www/pub/index.html

というファイルに対応する場合、この HTTP サーバ

表3 ドキュメントルート一覧表の例
Table 3 Example of Document-Root list.

組織 ID	ドキュメントルート
Group1	/home/www/group1
Group2	/home/www/group2
default	/home/www/default

のドキュメントルートは/home/www であるという。本研究では、組織 ID によってこのドキュメントルートを変更することにより、ユーザアダプテーションを実現する。

各サーバは、組織 ID とドキュメントルートの対応表を共有している。この対応表を、ドキュメントルート一覧表と呼ぶ。この表には default という組織 ID が存在し、これによりユーザアダプテーションを行わない場合のドキュメントルートを示す。表3はドキュメントルート一覧表の例である。

4.3 実装

以上の設計に基づき、CDN における利用者認証機構とユーザアダプテーション機構を HTTP サーバ Apache⁹⁾ のモジュールとして実装した。Apache のバージョンは 1.3.26 である。

認証サーバ一覧表とドキュメントルート一覧表は、設定ファイル中に定義することにした。

5. 実験と考察

5.1 動作の確認

実験には 3 つの組織を定義し、それぞれの組織に Group1, Group2, Group3 という組織 ID を割り当てた。組織 Group1 では、HTTP サーバと認証サーバは同一サブネットの異なる計算機で動作させた。組織 Group2 と Group3 では、HTTP サーバと認証サーバを同一の計算機で動作させた。なお、認証サーバには Cistron RADIUS 1.6.6 を用い、各組織の認証サーバには、それぞれ異なる利用者を登録している。

実験の前に、各 HTTP サーバの認証サーバ一覧表に 3 つの組織 ID とその認証サーバの IP アドレスを記述した。また、各 HTTP サーバには、オリジナルの HTML ファイル群を 3 つの組織の利用者向けに加工した HTML ファイル群をコピーした。そして、それを配置した各ディレクトリをドキュメントルートとし、ドキュメントルート一覧表の設定ファイルに記述した。

実験で設置した HTTP サーバに HTTP 要求を行うと、HTTP のベーシック認証機構により図7に示すようなダイアログボックスが表示される。このダイアログボックスの ID フィールドには、CDN-ID として



図7 サーバ接続時のダイアログボックス

Fig.7 Dialog box when connected to server.

“ishidu@Group1” のように入力する。

このようにして認証に成功すればユーザアダプテーションを適用したページが表示される。

5.2 スループットの向上と問題点

提案する手法では、サロゲートが利用者を認証したうえで本人に適応したコンテンツを提供することにより、コンテンツ取得におけるスループットを向上させ、ネットワークを効率的に利用することができる。また、利用者の認証を組織にまたがって行うことが可能であるため、すべての組織に認証情報を配布することなく、特定の利用者のみしか取得するべきではないような、セキュリティの配慮が必要なコンテンツの配送を行うことも可能になる。

その反面、各サロゲートはすべての利用者に適応したコンテンツをあらかじめ保持するか、利用者の取得要求に応じて即座にオリジナルのコンテンツを加工する必要がある。したがって、サロゲートのディスクあるいはプロセッサ使用時間をより多く消費してしまうという欠点が生じる。

5.3 他のプロトコルへの応用

本研究では、CDN において利用者の属性として組織に注目してコンテンツにユーザアダプテーションを実現する手法を示した。

この手法は、CDN の利点が活かせるようなサービスについて、HTTP だけではなく他のプロトコルにも応用できる。たとえば、FTP を用いて同一ファイルを多数の利用者へ提供する場合や、RTSP を用いてネットワークの帯域を必要とするストリーム放送を行う場合について、コンテンツにユーザアダプテーションを適用する場合は、本研究で提案した手法を適用できる。

5.4 コンテンツのキャッシュ

Mozilla や Microsoft Internet Explorer などのようなユーザエージェントは、いったん取得したファイルをキャッシュすることにより、次回以降の表示に要す

る時間を短縮することを実現している。

ユーザエージェントによっては、ベーシック認証を行ったページに対してもキャッシュを行う場合がある。たとえば Mozilla 1.3 では、キャッシュを行う設定を有効にすると、ベーシック認証を行って取得した HTML ファイルをキャッシュとして記録する。

したがって、本研究のようにベーシック認証を使用する際、機密性があるコンテンツを表示する場合には注意が必要である。また、同一 URL に対して表示されるページは、その利用者の属性に依存して異なるため、他人が認証を受けて表示したページをユーザエージェントがキャッシュすると、本来とは異なるページが表示される可能性もあるため、同様に注意が必要である。

ユーザエージェントのキャッシュを抑止するために、HTTP サーバが応答メッセージに Cache-Control ヘッダを付加するという方法がある。このヘッダを用いることで、ユーザエージェントやキャッシュサーバのキャッシュ方法を制御することができる。また、Expire ヘッダを用いればキャッシュの有効期限を設定することが可能となる。

5.5 多様な利用者属性

本研究では、利用者の属性として組織 ID を扱うことにし、組織 ID を共通に持つ利用者に対して同一のコンテンツを提供するというユーザアダプテーションを行った。今後、より多様な利用者の属性を用いてさらに粒度の細かいユーザアダプテーションを目指すには、利用者の属性を管理する機構をさらに検討することが必要となる。

また、粒度の細かいユーザアダプテーションを実現する場合、利用者すべてのコンテンツを HTTP サーバに準備するのは現実的ではない。したがって、後述するように効率の良いコンテンツの保持形態を考案する必要がある。

5.6 RADIUS サーバの連携

本研究で対象としたような連携が密な組織では、利用者認証の別のアプローチとして RADIUS サーバを連携させるという手法もある。この手法では、HTTP サーバが利用者の CDN-ID を用いて自組織内の RADIUS サーバで認証を行うことが可能になるので、HTTP サーバは RADIUS サーバの IP アドレスと組織 ID の対応表を持つ必要がなくなる。

ただし、この場合は、RADIUS サーバ間において認証情報を連携する枠組みを考案する必要がある。

5.7 サロゲートによるコンテンツの保持形態

本研究では、HTTP サーバが、各組織にユーザア

ダプテーションを適用したコンテンツをすべて蓄積していることを前提とした。そして、利用者が所属する組織に応じてドキュメントルートを変更し、ユーザアダプテーションを実現した。この方法の欠点は、ユーザアダプテーション適用後のコンテンツを、組織の数だけ各 HTTP サーバ上に準備しなければならないということである。

これに対して、コンテンツのメタデータのみを CDN 上に配布し、メタデータと利用者の属性を用いて動的にコンテンツを作成することにより、この問題を解決することができる。たとえば XML¹⁵⁾を使用した場合、コンテンツのメタデータを XML 文章に記述し、ユーザアダプテーションの適用方法をスタイルシートとして記述する。サーバは、利用者からコンテンツの要求を受け取ると、XSLT プロセッサにより利用者に適応したコンテンツを作成することができる。この方法であれば、コンテンツのメタデータと利用者の属性に対応するスタイルシートを作成するだけで済み、HTTP サーバが保持しなければならないディスクの容量を大幅に削減することも可能である。また、この方法を実現すれば、オリジナルコンテンツサーバから各 HTTP サーバへのコンテンツの配布も効率的に行うことが可能となる。

6. ま と め

本研究では、CDN のユーザアダプテーションに関して、サロゲートがつねに同じ方法で静的にコンテンツのユーザアダプテーションを行うのではなく、コンテンツを取得しようとする利用者の属性に応じて動的なユーザアダプテーションを可能とすることを目的とした。目的の実現にあたり、複数の利用者組織が存在する CDN における HTTP サービスを対象とし、以下を満たしていることを前提とした。

- 利用者は CDN を構成する利用者組織のいずれかに所属
- 利用者は所属する利用者組織でのみ認証を受けることが可能

利用者がコンテンツの取得を行うためには、あらかじめ CDN から認証を受け、その利用者が所属する組織の識別子を利用者の属性としてユーザアダプテーションを行った。このために、組織をまたいで認証を行うプロトコルとユーザアダプテーション機構を設計し、HTTP サーバとして実装した。

本稿で示した手法により、CDN が利用者を認証し、その認証情報でコンテンツに動的なユーザアダプテーションを適用することによって、利用者が最適なサロ

ゲートからコンテンツを取得できるという CDN の特徴を生かしつつ、各利用者に適したコンテンツを提供するうえでの問題点や留意点をまとめた。この手法は、HTTP だけではなく、利用者の認証が可能な他のプロトコルにも適用可能である。今後の課題として、利用者の属性を所属する組織だけに限らず、より複雑な情報を扱うことにより粒度の細かいユーザアダプテーションを行う場合の手法を検討する必要がある。その場合、サロゲートでコンテンツを効率的に保持する手法を工夫する必要もある。

参 考 文 献

- 1) Barbir, A., Cain, R.M.B. and Spatscheck, O.: Known Content Network (CN) Request-Routing Mechanism, RFC 3568 (2003).
- 2) 下川俊彦, 吉田紀彦, 牛島和夫: 多様な選択ポリシーを利用可能なサーバ選択機構, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-I, No.9 (2001).
- 3) 横田裕思, 木村成伴, 海老原義彦: DNS フィルタ方式によるミラーサーバ選択法の提案と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3 (2003).
- 4) Fielding, R., Gettys, J., Mogul, J., Frysyk, H., Masinter, L., Leach, P. and Berners-Lee, T.: Hypertext Transfer Protocol -HTTP/1.1, RFC 2616 (1999).
- 5) Schulzrinne, H., Rao, A. and Lanphier, R.: Real Time Streaming Protocol (RTSP), RFC 2326 (1998).
- 6) Elson, J. and Cerpa, A.: Internet Content Adaptation Protocol (ICAP), RFC 3507 (2003).
- 7) 板生知子, 中村哲也, 松尾真人, 田中 聡, 須田達也, 青山友紀: ユーザ嗜好に応じた動的なサービス構築のためのリレーションシップメカニズムの設計と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.3 (2003).
- 8) Rzewski, M.D.P. and Gilletti, D.: Content Internetworking (CDI) Scenarios (2003).
- 9) Foundation, T. A.S. <http://www.apache.org/>
- 10) Daemon, P.F. <http://www.proftpd.net/>
- 11) Franks, J., Hallam-Baker, P., Hostetler, J., Lawrence, S., Leach, P., Luotonen, A., Sink, E. and Stewart, L.: HTTP Authentication: Basic and Digest Access Authentication, RFC 2617 (1999).
- 12) Freed, N. and Borenstein, N.: Multipurpose Internet Mail Extensions (MIME) Part One: Format of Internet Message Bodies, RFC 2045 (1996).
- 13) Rigney, C., Rubens, A., Simpson, W. and Willens, W.: Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS), RFC 2138 (1997).
- 14) Rigney, C.: RADIUS Accounting, RFC 2139 (1997).
- 15) Bray, T., Paoli, J., C. M. S.-M. and Maler, E.: Extensible Markup Language (XML) 1.0, Second Edition, *World Wide Web Consortium (W3C)* (2000).

(平成 15 年 5 月 12 日受付)

(平成 15 年 12 月 2 日採録)



石津健太郎

1977 年生。2001 年 3 月九州大学工学部電気情報工学科卒業。2003 年 3 月同大学院システム情報科学府情報工学専攻修士課程修了。現在、同大学院博士後期課程在学中。2002 年 9 月より、独立行政法人通信総合研究所特別研究員。Wide Project 会員。



岡村 耕二 (正会員)

1965 年生。九州大学大学院工学研究科情報工学専攻修了。三菱電機株式会社情報電子研究所入所。奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助手、神戸大学総合情報処理センター助手、九州大学情報処理教育センター助教授を経て現在、九州大学情報基盤センター助教授。博士(工学)。次世代インターネット基盤技術、高度マルチメディアデータ通信、日韓次世代インターネットの研究開発に従事。教育システム情報学会、ソフトウェア科学会、Wide Project 各会員。日本学術振興会 163 委員会(インターネット技術研究委員会, ITRC)委員。玄海プロジェクト幹事。