

P2P に基づく双方向 HTML リンク分散管理システム

古賀 隆浩^{†a)} 伊藤 正詩^{††} 大園 忠親[†] 新谷 虎松[†]

Bi-directional HTML Links Distributed Management System based on P2P Network

Takahiro KOGA^{†a)}, Masashi ITO^{††}, Tadachika OZONO[†], and Toramatsu SHINTANI[†]

Abstract. 本論文では、双方向 HTML リンクを P2P ネットワーク上で分散管理するシステムを提案する。双方向 HTML リンクとは、Web ページに含まれているハイパーリンクを元に、自動的に逆方向へのハイパーリンクが作成されるフレームワークである。双方向リンクに必要な Web ページ間のリンク情報は、Web ページの HTML ソースから分離し、P2P ネットワーク上の計算機に分散して配置される。リンク情報を分散することにより、ユーザやリンク情報の増加に適応可能なシステムになると考えられる。本論文では、大規模なネットワークにおける効率的な双方向リンクアクセスを実現するため、P2P ネットワークで分散ハッシュテーブルを構成し、そのエージェントを用いた拡張を試みる。

Keywords. Pure P2P, 分散ハッシュテーブル, 双方向リンク

1. はじめに

近年、Web2.0 という語が多用されており、Web におけるコンテンツの重要性が強く認識されている。特に、コンテンツ同士の関係を表現したり、コンテンツに含まれる情報を示す技術が注目されており、その実例として Weblog やソーシャルタギングなどが徐々に普及してきている。

本研究では、コンテンツ同士の結びつきをより強力に表現するために双方向の HTML リンクを実現し、そのリンク情報を P2P ネットワークを用いて分散管理する手法を提案する。双方向リンク [6] とは、伊藤らが提案するハイパーリンクの拡張であり、ある Web ページからリンクが作成されると、自動的に逆方向へのリンクが作成されるフレームワークである。従来の HTML におけるハイパーリンクは、ある Web ページから他の Web ページへ、またはある Web ページのコンテンツから他の Web ページへのリンクを記述するものであった。リンクを双方向にすることにより、

関連したコンテンツ間を相互にトラバースすることが可能となり、コンテンツ間の結びつきが強化されると考えられる。本論文では、特に断りがない限り、Web ページ内においてある内容を表すテキストのブロックをコンテンツと表記する。

双方向リンクシステムは、リンク情報を Web ページの HTML ソースから分離し、Web サーバとは別の計算機 (以下 “リンクサーバ” と記す) に保管する。リンクサーバを介することにより、リンク元、およびリンク先からリンク情報を参照することが可能となり、双方向リンクが実現される。双方向リンクには、既存の単方向であるリンクに逆方向リンクを生成したものと、ユーザによって作成される新たなリンクの二種類がある。多数のユーザが双方向リンクを作成することにより、多くのリンク情報が蓄積され、より有益なシステムになると考えられる。しかし、作成される双方向リンクの数やユーザが増加すると、リンクサーバへの負荷が大きくなる。また、リンク情報を一カ所で集中的に管理した場合、リンクサーバがダウンすることによって双方向リンクを利用することができなくなる。そこで本論文では、双方向リンクを利用するユーザの計算機をピアとする Pure P2P ネットワークを構成し、リンク情報を分散管理する手法を提案する。P2P ネットワークの実現手法として、分散ハッシュテーブルを

[†] 名古屋工業大学大学院情報工学専攻, 〒 466-8555 名古屋市昭和区御器所町

^{††} 名古屋工業大学工学部知能情報システム学科, 〒 466-8555 名古屋市昭和区御器所町

a) E-mail: koga@ics.nitech.ac.jp
著作権は (社) 情報処理学会にある

拡張し、ユーザの計算機上でリンク情報の管理に特化したエージェントを稼働させる。本手法により、P2P ネットワーク上での効率的なリンク情報検索を実現し、大規模なネットワークにおいても双方向リンクを利用することが可能になる。また、P2P ネットワークの特性により、単一障害点が無く、システム全体を一元的に管理する必要がない。

本論文の構成を示す。2章では、双方向 HTML リンクシステムについての概要を示す。3章では提案する P2P エージェントを用いたリンク情報の分散管理について示し、4章で本システムについて考察する。最後に、5章で本論文をまとめる。

2. 双方向 HTML リンクシステム

2.1 双方向リンクシステムの概要

双方向リンクシステムは、既存の Web ページにおいて、リンク元からリンク先へと張られているリンクについて、逆方向のリンクを生成することにより双方向リンクを実現する。また、リンク元、およびリンク先をユーザが手動で登録することにより、実際にはリンクされていない任意のページ同士にリンクを作成することができる。通常のハイパーリンクを作成するには、Web サイトの管理者がサーバ上のファイルを編集する必要があるため、第三者が既存のページにリンクを作成することは難しい。そこで本システムは、リンク情報を外部のサーバに保存することにより、双方向リンクを実現している。リンク先の Web ページは、リンクサーバから被リンク情報を参照することにより、逆方向のリンク先の情報を取得する。リンクサーバとの通信、およびリンク情報の提示は、JavaScript によって実装された Bookmarklet プログラムが行う。

本システムを利用するには、ユーザはリンクサーバの役割を果たす P2P クライアントをバックグラウンドで起動し、Web ブラウジングを行う。また、Web ブラウザのブックマークとして、リンクサーバと通信するための Bookmarklet プログラムを登録する必要がある。本システムは、1) 管理者権限のない Web ページ同士に双方向リンクを作成する場合、2) Web サイトの管理者が自分のサイトから双方向リンクを作成する場合の、二通りの利用法を想定している。

1) では、ユーザが通常の Web ページを閲覧中に Bookmarklet プログラムを起動することにより、双方向リンクが作成される。Bookmarklet プログラムは、Web ページのソースからリンク先となる URL を抽出



図 1 リンク情報の入力



図 2 リンク情報のロード

し、その一覧をユーザに提示する。ユーザは、双方向リンクを作成したい URL を選択することにより、リンク元とリンク先のペアがシステムに登録される。ここで、リンク先をユーザが選択する方式を採用したのは、バナー広告によるリンクや、ユーザが不要であると判断したリンクがシステムに登録されるのを防ぐためである。図 1, 2 に、本システムの実行例を示す。図 1 は、Web ページを閲覧中に Bookmarklet プログラムを起動し、双方向にリンクする URL を選択する例である。各リンク先について、コメントやキーワード等の付加情報を入力することができる。図 2 は、図 1 で登録したリンク先の Web ページで、Bookmarklet プログラムを起動した例である。Bookmarklet プログラ

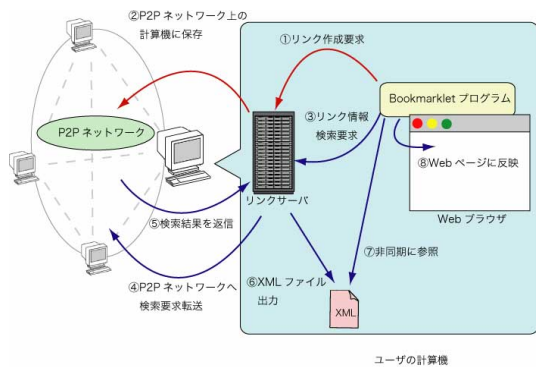


図3 システム構成

ムは、閲覧中の Web ページに関連するリンク情報をリンクサーバから取得し、Web ページの上部に挿入する。Bookmarklet を用いることにより、任意の Web ページ間に双方向リンクを作成することが可能である。

2) では、Web サイトの管理者は、双方向リンクを作成したいコンテンツに、リンクサーバと通信するための JavaScript プログラムを呼び出すタグ、リンク先の URL、コンテンツの範囲を示すタグ、およびコンテンツの ID を挿入する。1) では、リンク情報を呼び出す度に Bookmarklet プログラムを起動する必要があった。一方 2) では、Web ページ内に予めリンクサーバと通信するための JavaScript プログラムが含まれているため、Bookmarklet プログラムを起動することなく自分のサイトに双方向リンクを表示させることができる。また、管理者がリンク情報の表示形式や、表示する位置を自由に設定することが可能である。JavaScript プログラムは、非同期にリンクサーバと通信し、リンク情報を反映させる。したがって、Web サイトの管理者は、自分のサイトにおいて常に最新の双方向リンクを表示することができる。

2.2 システム構成

図 3 に、本システムの構成を示す。本システムは、リンク情報を管理するリンクサーバ、およびリンクサーバと通信するための Bookmarklet プログラムによって構成されている。リンクサーバは、他のユーザの計算機上で動作するリンクサーバと通信し、Pure P2P ネットワークを構成している。

リンク作成処理は、図 3 の①から②の手順で行われる。Bookmarklet プログラムは、ユーザがリンク情報を入力するためのフォームを出力する。入力された

リンク情報は、ユーザの計算機上のリンクサーバに転送される。リンクサーバは、3.2 で示す手順に従いリンク情報を保持するノードを決定し、そのノードにリンク情報を転送する。リンク情報の呼び出しは、③から⑧の手順で行われる。Bookmarklet プログラムは、リンクサーバに対して、ユーザが閲覧中の Web ページについてのリンク情報検索要求を送信する。リンク情報検索要求は、リンクサーバを経由して P2P ネットワーク上のノードに送信される。リンクサーバは、P2P ネットワークから取得したリンク情報を、XML ファイルに出力する。Bookmarklet プログラムは、リンクサーバによって出力された XML ファイルを非同期に参照することにより、Web ページにリンク情報を表示させる。

3. P2P エージェントを用いたリンク情報の分散管理

3.1 Chord

本節では、提案するリンク情報分散管理システムの元となる、分散ハッシュテーブルの実現手法 Chord [1] について示す。分散ハッシュテーブルは、P2P ネットワークをあたかも 1 つのハッシュテーブルであるかのように扱うことを可能にし、P2P ネットワーク上に分散されたデータやサービスを効率的に検索をする手法である [2]。本論文では、リング型のネットワークを構成する Chord に基づく分散ハッシュテーブルを用いる。Chord は耐故障性を備えており、ノードの並行的な加入や離脱に対応することができる。また、文献 [3] では、Chord のリング型経路表を用いた分散ハッシュテーブルが、ノードの参加 / 離脱に伴い経路表が再構築されるまでの間にも、安定したルーティングを行えることが示されている。以上の点から、本システムでは Chord に基づく分散ハッシュテーブルを利用した。

Chord では、P2P ネットワークに参加するノードに 160 ビットの ID が割り振られる。各ノードは 0 から $2^{160} - 1$ までの空間に論理的に配置される。この空間は、先頭と末尾を繋いだ円状になっているため、identifier circle と呼ばれる。各ノードは、successor, predecessor, および finger と呼ばれるノードについて、ID とアドレスを保持している。successor とは、あるノード x について、identifier circle 上で次にあるノードであり、 $succ(x)$ と表す。また、predecessor は、identifier circle 上で x の前にあるノードであり、 $pred(x)$ と表す。finger とは、ノード x からみて

次の条件を満たすノードである．

$$finger_i = succ(x + 2^i)$$

つまり，ノード x から ID が近いノードについては密に情報を保持し，ID が離れるほど疎になっている．さらに各ノードは，障害対策のため，successor の先にある数個の successor ノードに関する情報を保持する．

Chord における検索手続きは，finger を用いて以下の手順で行われ，検索にかかるホップ数は $O(\log n)$ である．

STEP1: 検索するキー k が与えられると，自分の finger table の中から $pred(k)$ に最も近い finger， $cpf(k)$ (closest preceding finger) を選び，それを n とする．

STEP2: n に $succ(n)$ を問い合わせ， $k \in (n, succ(n)]$ を検査する．真ならば $succ(k) = succ(n)$ なので検索終了．

STEP3: n の finger table から $cpf(k)$ を選び，それを新しい n として手順 2 へ戻る．

本システムでは，リンク情報の効率的な管理のため，finger，successor などに加え，leader，subleader を導入する．leader とは，P2P ネットワークを k 等分する範囲の最後尾のノードである．subleader は， k 等分された範囲である $[i * 2^{160}/k, (i + 1) * 2^{160}/k]$ を l 等分する範囲の最後尾のノードである．全てのノードは， k 個の leader への経路を保持する．また，leader は自分が担当する範囲の l 個の subleader への経路，subleader は担当範囲内の通常ノードへの経路を保持する．

3.2 リンク情報の分散管理

3.2.1 リンク情報の保存

ユーザによって登録されたリンク情報は，リンク元，およびリンク先サイトのアドレスをそれぞれキーとし，キーのハッシュ値に最も近い ID を持つノードのリンクサーバに保存される．ここで，ハッシュ関数の引数を個々の Web ページの URL に指定した場合，同一サイトの異なる Web ページに作成されたリンクが全く異なるサーバに保存されてしまう．リンクされたコンテンツ同士の関連性を考慮すると，同一サイトのリンクは一つのリンクサーバにおいた方が有用であると考えられる．そこで，サイトのアドレスをキーとし，Web ページの URL や相手先の URL などは，キーが示すコンテンツとしてリンクサーバに格納する．検索

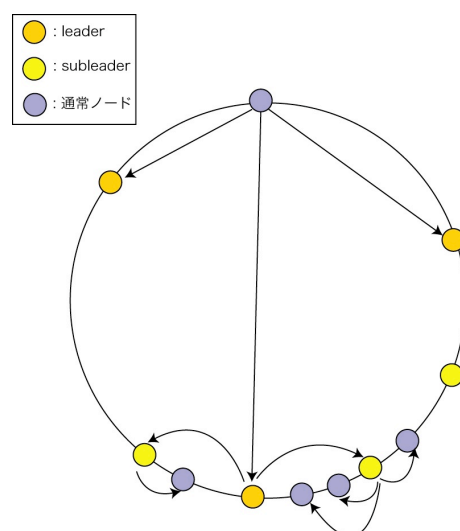


図 4 付加情報検索の流れ

の効率化，および障害対策のため，リンク元，およびリンク先のそれぞれをキーとするリンク情報を生成し，それぞれ異なるリンクサーバに格納する．

3.2.2 リンク情報の検索

リンク情報検索要求は，Bookmarklet の起動とともに，ユーザの計算機上のリンクサーバに送信される．Chord の検索手順に従い，ユーザが閲覧中している Web サイトのアドレスをキーとして，P2P ネットワークからリンク情報を取得する．また，本システムでは，後述のエージェントを用いた拡張を行うことにより，リンク情報の検索効率向上を図っている．

3.2.3 リンク情報の更新

過去にリンク情報が登録された Web ページにおいて，新たにリンク情報登録処理が行われると，リンク先の情報が最新のものに更新される．このとき，以前登録したリンク先が，コンテンツやリンク先の変更により存在しない場合がある．一定期間以上呼び出されなかったリンク情報は破棄される．

3.2.4 エージェントによる分散ハッシュテーブルの拡張

分散ハッシュテーブルは，基本的にコンテンツ，またはサービスのキーとノードのマッピングを行うが，コンテンツやサービスの中身を検索する機能はない．本システムでは，リンク情報を効率的に管理するため，エージェントを用いて分散ハッシュテーブルを拡張する．以下に，各エージェントの機能を示す．

- リンク情報キャッシュエージェント

リンク情報キャッシュエージェントは、頻繁に利用される双方向リンクのキャッシュを生成し、P2P ネットワーク上に分散配置する。分散ハッシュテーブルでは、キーから生成されたハッシュ値によってコンテンツを格納するノードが決まる。しかし、単純に URL をキーとすると、多くのリンクを保持する Web ページ、または頻繁に利用されるリンクを保持するノードにアクセスが集中することが予想される。これを回避するため、本システムでは次式を満たすノードにキャッシュを保存する。

$$cache_i = succ(k + i * 2^{160} / N)$$

N は、アクセス頻度によって増減するシステムのパラメータである。本式は、ID が k である点を基準とし、リング状のネットワークを N 等分するノードにキャッシュが保存されることを示す。

- コンテンツキャッシュエージェント

コンテンツの変更、または Web サイトの消失などによって、双方向リンクを作成したコンテンツにアクセスできなくなる場合が考えられる。コンテンツキャッシュエージェントは、リンク情報とともにコンテンツのキャッシュを保持し、リンク対象のコンテンツの消失を回避する。定期的にオリジナルとキャッシュのコンテンツを比較し、オリジナルが変更された際には、双方向リンクの作者に対して通知を行う。

- 付加情報サーチエージェント

リンク情報には、リンク対象コンテンツの説明等の付加情報が含まれる。しかし、分散ハッシュテーブルだけを用了検索では、Web サイトの URL をキーとして検索するため、付加情報の内容を考慮した検索ができない。そこで、付加情報を検索するために付加情報サーチエージェントを導入する。付加情報を検索する際は、リンク先の URL を検索する場合とは異なり、leader、および subleader への経路表を用いる。付加情報サーチエージェントは、図 4 に示すように、まず leader ノードに付加情報検索要求を送信する。leader から subleader を経て、全てのノードに対して付加情報検索要求が伝搬される。各ノードにおける検索結果は、通常ノードから subleader、leader を経て検索元となるノードに返される。

4. 考 察

4.1 既存の双方向リンクとの比較

既存の双方向 HTML リンクの例として、Track Back が挙げられる。Track Back は、Six Apart 社^(注1)が開発した Weblog ツール、Movable Type に実装された引用記事に双方向リンクを作成する仕組みであり、現在では多くの Weblog ツールに利用されている。Track Back によって双方向のリンクを作成するためには、リンク元とリンク先の両者が Track Back に対応した Weblog ツールを利用している必要がある。本システムでは、Bookmarklet によって双方向リンクの作成やリンクサーバとの通信を行うため、Weblog などのツールを利用していない任意のサイトに双方向リンクを作成することができる。

XLink [9] は、HTML よりも多様なリンクを XML において実現するための規格である。XML ファイル同士を結びつけることによる XML データの有効利用を目的とし、World Wide Web Consortium によって 2001 年 6 月に勧告された。双方向リンク、多方向リンク、リンク先に関する情報の記述、およびリンク情報の外部ファイル化など、HTML のリンクでは実現できなかった多くの機能をサポートしている。しかし、XLink の問題として、XML パーサの処理と同時に、アプリケーション側でリンクの挙動を詳細に記述する必要があり、実装が困難であることがあげられる。また、現在の多くの Web ページは HTML ベースで記述されており、XLink を導入するためには、Web ページの大幅な書き換えが必要となる。本論文で示した双方向リンクシステムは、XLink と同等の機能をサポートしており、既存の HTML で記述された Web サイトにおいても利用可能である。

4.2 双方向リンクの可能性

双方向リンクの有効な利用法として、コンテンツ同士をリンクすることにより、計算機がコンテンツを理解する補助になると考えられる。Flicker^(注2)や del.icio.us^(注3)に利用されるソーシャルタギングは、画像などのコンテンツに対し、閲覧者がタグ付けを行うことにより、コンテンツの意味付けを行う取り組みである。本システムによってコンテンツ同士を双方向にリンクすることにより、コンテンツ間の関連を表現す

(注1): www.sixapart.com/

(注2): <http://flicer.com/>

(注3): <http://del.icio.us/>

ることが可能となり、より機械的に処理しやすくなる
と考えられる。現段階の双方向リンクは、ページ同士
を結びリンク、または自分が管理するページ内のコン
テンツから他のページへのリンクのみを実現している。
リンク先のコンテンツの範囲を厳密に指定することが
可能になれば、コンテンツ間の双方向リンクを解析す
ることによって、現在の Web ページを単位とした検
索ではなく、Web ページ内のコンテンツを対象とした
検索が実現できる。コンテンツ単位での参照/被参照
の情報に加え、リンクの利用状況、リンクの説明など
の付加情報から、コンテンツに特化したランキングが
可能になる。

本論文では、画像、ムービー、および音声ファイル
などのマルチメディアコンテンツについては考慮しな
かったが、リンクの対象をマルチメディアコンテンツ
にまで拡張することにより、より発展的なコンテンツ
同士の連携が可能になる。従来のハイパーリンクでは、
Web ページからマルチメディアコンテンツへのリンク
は表現できたが、マルチメディアコンテンツ同士を直
接リンクすることはできなかった。しかし、本論文で
示した双方向リンクを利用すれば、マルチメディアコ
ンテンツ間に一対一、または一対多のリンクを表現す
ることができる。マルチメディアコンテンツ間の双方
向リンクの利用法としては、ポッドキャストで
配信される個々のコンテンツについて、レビューを書
いた Web ページとリンクするといったものが考えら
れる。また、ニュースをムービーや音声ファイルで配
信する Web サイトでは、同じ日のニュースをリンク
して比較することも可能である。

4.3 P2P ネットワークによるリンク情報分散管理 についての考察

本システムでは、既存の Web ページにおけるリンク
を作成を可能にするため、リンク情報を外部のサーバ
で管理する。管理の形態としては、一カ所での集中管
理、または分散管理が考えられる。一般に、集中管理
では、格納する情報の一元的な管理、システムの更新
や管理が容易であるといったメリットがある。一方、一
部の故障によってシステム全体が利用できなくなる可
能性、サーバへの負荷集中、およびシステムの拡張が
困難であるといったデメリットも多い。Google^(注4)で
は、数百万台規模の計算機を連携させて、検索という
一つのサービスとして運用することにより、先述の集

中処理におけるデメリットを解消している。しかし、
計算機の運用やメンテナンスに莫大なコストが必要と
なる。以上により、本論文で提案する双方向リンクの
管理手法として分散管理を用いた。

分散管理には、本研究で用いた P2P ネットワーク
以外にも複数サーバを用いた方式などが考えられる。
しかし、ユーザ数や格納する情報の増加に伴って、シ
ステムの増強をする必要があり、また増強した計算機
資源が常に有効利用されるとは限らない。提案する双
方向リンクシステムは、ユーザの手による登録処理が
必要となるため、多くのユーザが参加してリンクを登
録するほど有益なシステムとなる。本システムでは、
ユーザ数の増加に伴うシステム全体の性能向上のため、
P2P ネットワークを利用した。また、P2P ネットワ
ーク上で、膨大な数の Web ページについてのリンク情
報を効率的に検索するため、分散ハッシュテーブルを
利用した。

分散ハッシュテーブルを利用した分散管理として、
OceanStore [8]、PAST [7] などの P2P 分散ストレ
ージ、および Squirrel [5]、松本ら [4] の研究などの P2P
分散 Web キャッシュがあげられる。これらの研究で
は、多数の計算機資源の有効利用、対故障性に優れた
P2P ネットワークの構築、および大規模なネットワ
ークにおける効率的なデータ検索を目的として分散ハ
ッシュテーブルを利用している。本研究においても、多
数のユーザ参加による分散管理システムの性能向上を
目指しており、分散ハッシュテーブルを利用する動機
が共通している。分散ハッシュテーブルにおける検索
には、完全なキーの値を知っている必要があり、キー
の一部を利用した検索や、格納されているコンテンツ
については検索することができない。本論文で提案す
るリンク情報分散管理システムは、ある URL を元に
リンク先となる URL を検索することが主な利用法で
ある。Web サイトの URL という一意に定まる文字列
をキーとして利用するため、分散ハッシュテーブルで
の管理に適しているといえる。

5. おわりに

本論文では、Web コンテンツの結びつきを強化する
ための HTML 双方向リンクと、P2P ネットワークに
よるリンク情報分散管理について示した。個々のリン
ク情報は、URL や付加情報から構成されるサイズの
小さいデータである。しかし、日々増加を続ける膨大
な数の Web ページについて、リンクに関する情報の

(注4): <http://www.google.com>

更新やリンク切れの検知などを集中管理することは困難である。したがって、リンク情報を多数の P2P ネットワーク上のノードに配置し、リンク情報維持のための処理を分散させることは有効である。双方向リンク情報分散管理システムの特長は、1) P2P ネットワークを利用したリンク情報の管理、2) 高速な検索のためのキャッシュ機能、そして 3) 付加情報検索のための分散ハッシュテーブルの拡張である。

今後の課題として、大規模なネットワークにおける運用実験があげられる。P2P ネットワークに参加するノード数の増加に伴い、より多くの Web サイトについての双方向リンク情報を利用できると考えられる。一方、P2P ネットワークでは、ノード間の接続を維持するための通信コストがかかり、ノード数増加によるネットワーク自体の性能や、レスポンスの低下が予想される。ノード数、または格納するリンク情報が増加した際の負荷について検証する必要がある。

文 献

- [1] Stoica, I., Morris, R., Karger, D., Kaashoek, F., and Balakrishnan, H., "Chord: A Scalable Peer-To-Peer Lookup Service for Internet Applications," in Proceedings of the 2001 ACM SIGCOMM Conference, 2001, pp.149-160.
- [2] Hirotsuka Abe, "DHT: Distributed Hash Table - Infrastructural Technology for Pure Peer-to-Peer Systems," 科学技術振興機構 CREST, JST CREST. コンピュータソフトウェア, Vol.23, No.1(2006), pp.1-14.
- [3] Gummadi, K., Gummadi, R., Gribble, S., Ratnasamy, S., Shenker, S. and Stoica, I. "The impact of DHT routing geometry on resilience and proximity," in SIGCOMM '03: Proceedings of the 2003 conference on Applications, technologies, architectures, and protocols for computer communications, New York, NY, USA, ACM Press, 2003, pp.381-394.
- [4] 松本 義秀, 河合 栄治, 奥田 剛, 門林 雄基. "Peer-to-Peer Network を用いた Web Cache の提案と実装", 情報処理学会 第 10 回 マルチメディア通信と分散処理 (DPS) ワークショップ, 2002 年 10 月.
- [5] S. Lyer, A. Rowstron, and P. Druschel, "Squirrel: A decentralized peer-to-peer web cache", In ACM Symposium on Principles of Distributed Computing, Monterey, California, USA, 2002.
- [6] 伊藤 正詩, 大園忠親, 新谷虎松, "ハイパーリンクの多機能化を目的とした BAC-Link システムの試作" 合同エージェントネットワークワークショップ&シンポジウム 2006(JAWS 2006), 2006 年 10 月 (発表予定).
- [7] Druschel, P. and Rowstron, A., "PAST: A largescale, persistent peer-to-peer storage utility", in Proceedings of the 8th Workshop on Hot Topics in Operating Systems(HotOS-VIII), Schloss elmau, Germany,

IEEECompSoc, May 2001.

- [8] Kubiawicz, J., Bindel, D., Chen, Y., Czerwinski, S., eton, P., Geels, D., Gummadi, R., Rhea, S., Weatherspoon, H., Weimer, W., Wells, C. and Zhao, B., "OceanStore: An Architecture for Global-Scale Persistent Storage", in Proceedings of the Ninth international Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operation Systems(ASPLOS 2000), November 2000.
- [9] XLink www.w3.org/TR/xlink/