

# 負荷低減型 P2P ネットワークの提案—安否情報検索への応用—

## A proposal of modified P2P network using query history -Application to the safety information retrieval-

中山 淳也<sup>†</sup> 太田 学<sup>††</sup>

片山 薫<sup>††</sup> 石川 博<sup>††</sup>

Junya NAKAYAMA Manabu OHTA

Kaoru KATAYAMA Hiroshi ISHIKAWA

安否情報検索を実現するために検索履歴を利用した効率的な Peer to Peer (以下 P2P) ネットワークを提案する。災害時は、利用が集中することによって電話がつながりにくくなり、家族や知人の安否確認が非常に困難になる。また、安否情報などは情報の新鮮度が問われる。このような状況下では、各ノードが最新の情報を保持する P2P システムが有効と考える。しかし、Pure P2P ではブロードキャスト検索を行うのでネットワーク負荷が大きいという欠点がある。そこで本研究では、ネットワーク負荷を軽減するために検索履歴を使ってクエリを出すノード数をしぼる。また、このような P2P ネットワーク上での安否情報検索を提案し、その有効性をシミュレーションにより示す。

We propose a modified Peer-to-Peer (P2P) protocol where the query history is used for improving performance of safety information retrieval. A centralized system such as the phone network does not resist the overload due to disasters, but a distributed system such as P2P is more robust. To be relevant, safety information should be up-to-date; this is why we chose the Pure-P2P system. However, retrieval on the Pure-P2P network is not efficient because repeated broadcasting increases network load. Therefore, we propose an approach to reduce the load by finding the closest nodes to the target data based on query histories. We describe the safety information retrieval on this P2P network system and evaluate the performance of our proposed methods by simulation.

### 1. はじめに

2001年9月11日に起きた全米同時多発テロや1995年1月17日発生した阪神淡路大震災などにより、災害情報配信に関する様々な研究が進行中である[1]。

阪神淡路大震災では、ネットワークが寸断され、残った使用可能なネットワーク回線は安否確認の問い合わせが集中しパンク状態となった。そのため現場の状況を把握することが難しく、政府の対応もままならない状態が続いた[2]。この

<sup>†</sup> 学生会員 東京都立大学大学院工学研究科修士課程

[jun-n@comp.metro-u.ac.jp](mailto:jun-n@comp.metro-u.ac.jp)

<sup>††</sup> 正会員 東京都立大学大学院工学研究科

[ohta, katayama, ishikawa}@eei.metro-u.ac.jp](mailto:{ohta, katayama, ishikawa}@eei.metro-u.ac.jp)

状況下、被災地で最も活躍したネットワークがインターネットである。

インターネットは、身近なネットワーク接続環境を確保できれば、安否情報を送受信できる。ただ、当時のインターネットの技術でどれだけの効果があったかは意見が分かれるところではあるが、災害時のインターネットの役割や可能性を追求するきっかけとなったことは間違いない。

昨今、様々な場所にサーバを設置しリスク回避のために安否情報を分散・バックアップさせるような分散型システムを構築しようという動きがある。そこで、公立学校や庁舎などの公共施設に PC を設置し、リスク回避のために安否情報を分散させるような震災に強い分散型システムを P2P ネットワークで構築することを提案する。

以降、2章では P2P システムについて、3章では関連研究について、4章では提案システムについて述べる。5章ではシミュレーションにより提案システムの有効性を確かめる実験を行い、6章では結論と今後の課題についてまとめる。

## 2. P2P システム

### 2.1 概要

P2P システム[3,4]には Hybrid 型や Pure 型があり、これらについては以下で詳しく述べるが、本研究ではコストを低く抑えるため、サーバを必要としない PureP2P ネットワークを採用する。しかし、PureP2P ではブロードキャスト検索を行うためにネットワーク負荷が大きい。これを軽減するために検索履歴を使ってクエリを出すノード数をしぼる。

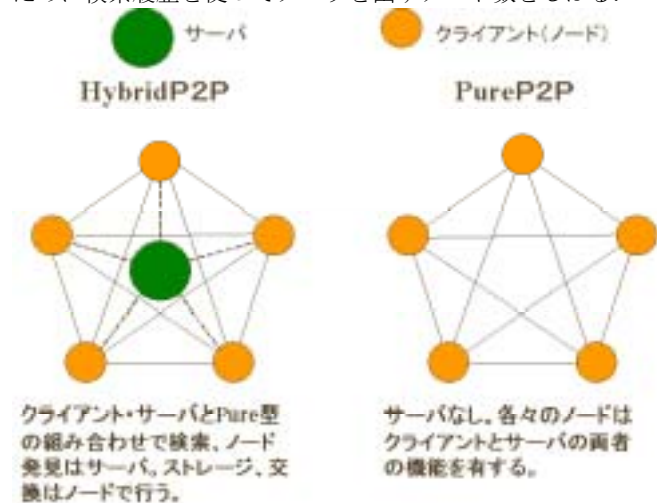


図1 P2P システム

Fig.1 P2P System

### 2.2 Hybrid 型

Hybrid 型とは、図1左のようにクライアント・サーバシステムと P2P を組み合わせたシステムで、サーバと複数のノードで構成される。サーバは各ノードに存在するデータのインデックス情報を持っていて、各ノードが一次データを持つ。情報を検索するときは、サーバに接続し自分の欲しい情報が存在するかを検索する。そして、欲しい情報が見つかったら、その情報を持っているノードに直接接続しデータを取ってくる。問題点としてサーバがダウンするとシステムが使えなくなることである。代表的なものに Napster[5]がある。

### 2.3 Pure 型

Pure 型とは、Hybrid 型と違い、特定のサーバを持たず、ノードのみで構成されるシステムである(図1右を参照)。

各ノードはサーバントと呼ばれ、サーバとクライアントの機能を合わせ持っている。各サーバントにデータを登録し、検索はネットワークに接続している各サーバントに対して行う。問題点としては各サーバントに対してブロードキャスト検索を行うのでネットワーク負荷が高いことである。この最も基本的な PureP2P を利用したファイル共有アプリケーションが Gnutella[3,4,6,7]である。提案システムやその他の PureP2P について議論するために、ここで Gnutella の仕組みについて説明する。

### 2.4 Gnutella

Gnutella の基本的な動作は自分の知っている他のノードにメッセージを送ってその応答を待ち、そして、メッセージを受け取ったノードは更に他のノードへメッセージを送信するという動作の繰り返しである。ただし、ネットワークトラフィックの肥大化を防止するためにメッセージパケットに移動回数を制限する TTL (Time To Live) が設定される。これは移動するたびに値を 1 ずつ減らし、0 になったらメッセージを止める。また、一度受けたメッセージの重複受け付け防止識別子に GUID (Global Unique Identifier) を与える。以下に Gnutella ネットワーク上のファイル検索とダウンロード手順を図 2 に示す。

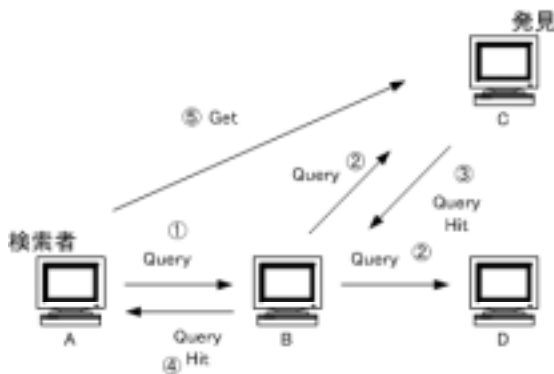


図 2 ファイル検索とダウンロード手順

Fig. 2 File retrieval and downloading process

- ① ノード A は直接接続しているノード B へ Query メッセージを送る。
- ② Query メッセージを受け取ったノード B は、すでに自分が受け取ったメッセージであれば処分する。そうでないなら TTL を 1 減らし、自分の接続するノード C, D に Query メッセージを送る (TTL が 0 の場合は送らない)。
- ③ 条件に合致するファイルを持つノード C が, QueryHit メッセージを Query メッセージが送信されてきたノード B に送り返す。
- ④ ノード C から来た QueryHit メッセージをノード A に送り返す。
- ⑤ ノード A はノード C に対して直接接続しファイルを要求する Get メッセージを送信する。そしてダウンロードを実行する。

## 3. 関連研究

### 3.1 FreeNet

FreeNet[4,8]は Gnutella と同じ PureP2P である。しかし、Gnutella と大きく異なる点は、検索の過程で経由したノードにも検索で得たデータを保存することである。つまり、Gnutella は検索過程で複数のノードを経由するが、データの

ダウンロード時にはデータを保持しているノードとデータを要求しているノードが直接接続し、データをダウンロードするので、他のノードにはデータは保存されない。これに対して FreeNet では、検索過程で経由したノードのルートをたどりデータをダウンロードする。検索やダウンロードを中継するノードは中継するときに自分の情報保存領域にも同じデータのコピーを保存する。すなわち情報を一箇所ではなくより多くのノードで保存し、より早く検索結果が得られる。

### 3.2 NeuroGrid

NeuroGrid[3,9]は、フォルダやディレクトリといった制限を取り払った一つのデータ管理システムである。このシステムは大きく 2 つの要素から構成され、1 つはファイルのメタデータを変更する学習エンジンで、もう 1 つはファイルとノードを使用して分散型ネットワークの Query メッセージを制御するプロトコルである。

前者は、キーワードとデータを結び付けるために利用者の検索行動を監視する。つまり、利用者があるキーワードを使って検索した後、どのファイルを開いたかまで分析し、キーワードとファイルの関係の強さについての情報を蓄え、検索に利用する。

後者は、実世界での人々に聞くというモデルをシステム化したもので、ユーザが隣接しているノードにフォワードするうちに、それぞれの NeuroGrid ノードがそのユーザに適切な情報を提供するかどうかを学習し、次第に Query メッセージを効率的にフォワードする。この 2 者が協調することで、学習済みのメタデータによる経路判断と各々の経路判断に対するユーザからの反応によるメタデータの更新が可能となり、効率良く検索を行う。

## 4. 提案システム

### 4.1 概要

提案システムは主に自治体で決められた避難場所に設置された PC 上で利用され、オペレータや本人が安否情報を登録する。検索者は身近な PC を使って検索対象の安否確認をする。各ノードには隣接ノードリスト (接続可能なノードのアドレスリスト)、検索履歴 (Query メッセージ, Query メッセージがヒットしたノードなどの情報) を持つ。また、Gnutella プロトコルを基本としてその上で実装をする。

我々は、検索履歴に対する二つ検索方法を提案する。一つは完全一致検索で、もう一つはカテゴリ検索である。この検索方法は 4.3 節で詳しく述べる。また、4.2 節で登録データ、4.4 節では検索履歴の蓄積について述べる。

### 4.2 登録データ

登録者は「名前」「本人住所」「年齢」「性別」「所属名 (会社, 学校名等)」「所属住所」「現在場所」「現在状況」「登録日時」を登録する。

### 4.3 検索プロトコル

検索項目として「名前」「本人住所」「所属名」「所属住所」を検索者が入力し、Query メッセージに付加する。「名前」は必須であるが、その他は 1 つ以上入力すれば良い。

安否情報は時間によって変化するので、検索履歴は登録データの「年齢」「性別」「現在場所」「現在状況」「登録日時」を省き、「登録ノード名」「登録ノードの IP アドレス」「獲得日時」を加えた、「名前」「本人住所」「所属名」「所属住所」「登録ノード名」「登録ノードの IP アドレス」「獲得日時」とする。そして、これを利用し安否情報を持っているノードを発見する。

次に、各ノードにおける検索処理の流れについて述べる(図3参照)。ただし、登録データと検索項目はすべて入力済みとして話を進める。

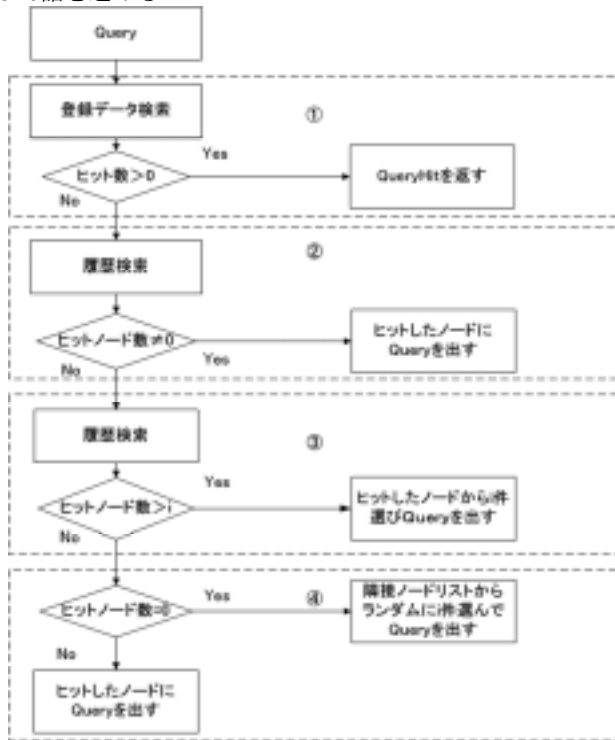


図3 検索処理

Fig. 3 Retrieval process

- ① まず、Query メッセージの「名前」「本人住所」「所属名」「所属住所」を使用し、自ノードの登録データに対して検索を行う。これにヒットすれば、QueryHit メッセージを返し検索者にその結果を表示する。
- ② 検索履歴について Query メッセージの「名前」「本人住所」「所属名」「所属住所」の AND 検索をする。ヒットすれば、そのノードへ Query メッセージを出す。ヒットがないなら③の処理へ。
- ③ 検索履歴について「所属名」「所属住所」と「本人住所」で OR 検索をする。ヒットしたノード数が  $i$  ( $i$  はブロードキャストする最大数) 件より大きいなら、検索条件を満たす履歴を多く含む順にノードを  $i$  件選び Query メッセージを出す。 $i$  件以下なら④の処理へ。
- ④ ヒットノード数が 0 以外ならヒットしたノードすべてに Query メッセージを出す。ヒットノード数が 0 の場合、隣接ノードリストからランダムに  $i$  件を選び Query メッセージを出す。

ここで②を完全一致検索、③をカテゴリ検索と定義し、それぞれ例を挙げて以下に説明する。

**イ) 完全一致検索 (②)**

完全一致検索では、検索履歴に検索対象者の情報がある場合、直接その情報が登録されているノードに Query メッセージを出すことができる。

表1のような検索履歴を検索項目の名前「盛岡直樹」、本人住所「八王子市南大沢」、所属名「東京都立大学」、所属住所「八王子市南大沢」で検索するとノード B がヒットする。

**ロ) カテゴリ検索 (③)**

カテゴリ検索は、検索履歴に検索対象者の情報がない場合、ブロードキャスト数を増やさずに検索するための検索方法

である。

例として、名前「小野英俊」、本人住所「八王子市南大沢」、所属名「東京都立大」、所属住所「八王子市南大沢」で検索すると、表1の検索履歴に存在しないので完全一致検索ではヒット数が0となる。しかし、表1の検索履歴をカテゴリ検索すると、ヒット数の降順に B,A,D のノードが得られ、 $i=2$  だとすると上位の B,A を選択し Query メッセージを出す。

名前	本人住所	所属名	所属住所	登録ノード	登録ノードアドレス	獲得日時
宮本浩二	八王子市南大沢	東京都立大学	八王子市南大沢	B	133.***.***.***	2002/3/12/7:00
中田恒輔	府中市日開町	東京都立大学	八王子市南大沢	A	144.***.***.***	2002/3/12/9:00
川口正剛	八王子市石川町	東京都立大学	八王子市南大沢	B	133.***.***.***	2002/3/12/11:00
横崎能活	府中市天神町	東京工科大学	八王子市片倉町	C	155.***.***.***	2002/3/12/15:00
横田隆三	多摩市永山	東京都立大学	八王子市南大沢	D	122.***.***.***	2002/3/12/16:00
盛岡直樹	八王子市南大沢	東京都立大学	八王子市南大沢	B	133.***.***.***	2002/3/12/16:30
秋田雅史	八王子市南大沢	中央大学	八王子市東中野	A	144.***.***.***	2002/3/12/16:35
中山豊	八王子市堀之内	東京薬科大学	八王子市堀之内	C	155.***.***.***	2002/3/12/16:50

表1 検索履歴例

Table 1 The example of the query history

**4.4 検索履歴の蓄積**

検索結果を Query メッセージが通ったノードの逆順で返す。その時、途中のノードの検索履歴にヒットの内容を登録する。つまり、QueryHit が返された伝播上の全てのノードに履歴が保存され、今後の検索に利用される。

**5. 実験**

**5.1 実験方法**

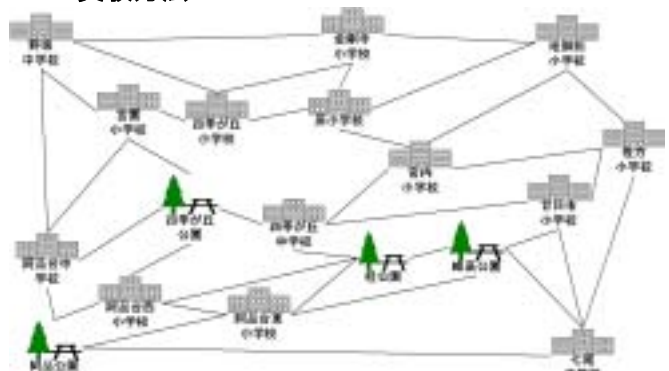


図4 シミュレーションノード

Fig. 4 The nodes of simulation

提案システムの有効性を確認するためにシミュレーションを行った。2001年3月に起きた芸予地震被害地域の一都市、廿日市市[10]をモデルとしてネットワークポロジその他を決定し、発見までの Query メッセージの中継回数(ホップ数)で評価した。前提条件を以下のように定めた。

まず、住所(本人住所、所属住所、避難場所住所)から地域を設定した(例、四季が丘1丁目、2丁目、3丁目→四季が丘)。また、芸予地震における情報通信システムの実態調査[11]の「芸予地震時の居場所」のアンケート結果から、地震時に自宅や自宅付近に居た人が約50%、職場や職場付近に居た人が約20%、それ以外の場所や無回答などが約30%であったため、各ノードの登録データ(500人分)の5割は「本人住所地域」と「避難場所地域」が一致し、2割は「所属住所地域」と「避難場所地域」が一致し、残りは「本人住所地



域」や「所属住所地域」が「避難場所地域」と一致しないように登録した。よって、全データ数は(500人×18ノード=9000人)である。

そして、各避難場所は隣接ノードリストを4つ持ち、ブロードキャストする最大数を2とする。検索対象者、検索開始ノードは無作為に決定し、TTLは7に設定して「名前」「本人住所」「所属名」「所属住所」を利用して検索を行った。

## 5.2 実験結果

横軸を検索回数、縦軸を検索回数3000回ごとのホップ数を平均して、以下のような結果(図5)が得られた。ただし、検索者が検索している避難場所(ノード)に被検索者がいた時の発見や発見不可能な場合を除いた結果である。履歴を用いず、各ノードのノードリストから無作為に選んでQueryを出す「ノードリスト方式」や、提案方式のカテゴリ検索を除いた「完全一致検索+ノードリスト方式」に比べて、提案方式はホップ数が小さくなっていることがわかる。

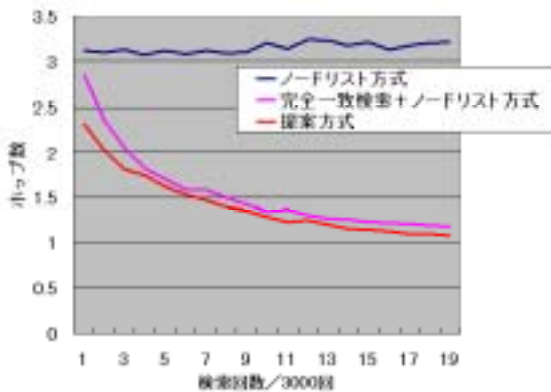


図5 実験結果

Fig. 5 The results of simulation

## 6. おわりに

本論文では、検索履歴を用いることでネットワーク負荷を軽減するP2Pネットワークを提案し、それを安否情報検索に応用した。提案手法により検索履歴を用いない場合に比べてネットワーク負荷を軽減できることをシミュレーションにより示した。今後、蓄積する検索履歴の制約やモバイル端末の接続によるネットワークトポロジの変化など、より現実的な利用に即したシミュレーションを行うとともに、実装実験での評価を行うことが必要と考えている。

また、次に述べるような提案システムの改良を検討中である。

- PureP2Pでは、最初のエントリーポイントをどう決めるか、安全性の確保(特に安否情報を扱う場合)をどう求めていくかという問題があるが、これらはJxtaサーチ[12]のようなHybrid型とPure型の間位置するシステムへの移行によって改善する。
- ジオコーディング手法[13]を利用して避難場所ノード(避難場所ノードの住所やIPアドレス)と検索対象者(本人住所や所属住所)に、直接位置情報(緯度経度などの二次元座標値)を付加すると、検索対象者から避難場所までのおおよその距離を計算することができる。この情報を利用して、検索対象者に最も距離に近い避難場所ノードから検索を始める。
- 検索対象者の最新情報を持ったノードに接続できない場合を考えて、登録情報を他のノードにキャッシュする。

## [謝辞]

本研究について貴重な助言を頂いたSam Joseph氏、梅田氏に感謝する。また、本研究の一部は文部科学省科学研究費特定研究領域(2)[情報学:A02](課題番号:14019075)による。

## [文献]

- [1] IAAProject, <http://www.iaa.wide.ad.jp>.
- [2] Japan.internet.com, <http://japan.internet.com>.
- [3] Jnutella.org, <http://www.jnutella.org>.
- [4] 伊藤直樹著: "P2P コンピューティング~技術解説とアプリケーション", ソフトリサーチセンター(2001).
- [5] Napster, <http://napster.com>.
- [6] Gnutella, <http://www.gnutella.com>.
- [7] 中辻真,川原稔,河野浩之: "ピアツーピアネットワーク上のトピック主導型検索システムとインデックス技術", DBWeb2001 論文集, pp.217-224 (2001).
- [8] FreeNet.org, <http://freenetproject.org>.
- [9] NeuroGrid, <http://www.neurogrid.net>.
- [10] 廿日市市公式ページ, <http://www.hiroshima-cdas.or.jp/hatsukaichi/index.html>.
- [11] 小林真也,桶上喜信,高松雄三: "芸予地震における情報通信システムの実態調査", 情報処理学会第64回全国大会, pp.319-320 (2002).
- [12] JxtaProject, <http://www.jxta.org>.
- [13] 有川正俊,相良毅: "ジオコーディング手法を用いた多様な文書資源の空間情報化", ITの深化の基盤を拓く情報学研究研究成果報告書-A02 コンテンツの生産・活用に関する研究一, pp.74-81 (2002).

## 中山 淳也 Junya NAKAYAMA

東京都立大学大学院工学研究科修士課程在学中。2001 東京農工大学工学部電子情報工学科卒業, P2P, 情報検索の研究・開発に従事。日本データベース学会学生会員。

## 太田 学 Manabu OHTA

東京都立大学大学院工学研究科助手。1999 年東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了, 博士(工学)。情報検索, データマイニングとそのWeb応用の研究開発に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会, 日本データベース学会, 各会員。

## 片山 薫 Kaoru KATAYAMA

東京都立大学大学院工学研究科助手。2000 年京都大学大学院情報学研究所社会情報学専攻博士後期課程修了, 博士(情報学)。データベースシステムに関する研究開発に従事。情報処理学会, 日本データベース学会, 各会員。

## 石川 博 Hiroshi ISHIKAWA

東京都立大学大学院工学研究科教授。富士通研究所をへて2000年より現職。1979 東京大学理学部卒, 博士(理学)。データベースシステムの研究・開発に従事。情報処理学会, 電子情報通信学会, ACM, IEEE 各会員。International Journal on Very Large Data Bases Editorial Board, SigmodJapan 評議員, 日本データベース学会理事。著書に「E-ビジネス技術入門教科書」「Database and Data Communication Network Systems」(Academic Press, 共著)など。