

防災コミュニティネットワークにおける Push 型 P2P モデル

片山 久嗣[†] 大蔵 善樹[†] 榎原 博之[†] 岡田 博美[†]

[†]関西大学 工学部

あらまし 近年、地域社会で情報の交換・共有を目指すコミュニティネットワークが注目されている。従来のコミュニティネットワークはクライアントサーバモデルで、役所などに置かれた中央管理サーバが災害情報などを住民に一括して提供してきた。しかし、災害時などでサーバがダウンすると災害情報の正確な把握が困難となる。

本研究では、異常データの早期取得などを目的とし、サーバを介さない P2P モデルを考える。その際、防災コミュニティネットワークに参加する各住民の PC が、独自に P2P ネットワーク上へ、センサデータなどを積極的にアップロードする Push 型 P2P モデルを提案する。

Push Typed P2P Model in Disaster Prevention Community Network

Hisashi KATAYAMA[†] Yoshiki Okura[†] Hiroyuki EBARA[†] and Hiromi OKADA[†]

[†]Information network laboratory , Faculty of Engineering, Kansai University

Abstract A Community Network (CN) that aimed for exchange/share of information in community has been paid to attention as the Internet develops in recent years. A conventional CN is the Client Server Model. Management server offers disaster information to clients. However, correct detection of disaster information becomes difficult, if a server falls at the time of disasters.

In this paper, we consider P2P model that has no server for early acquisition of abnormal data. Then, we propose the push typed P2P model that clients in disaster prevention CNs upload sensor data to P2P networks.

1. まえがき

近年インターネットへのブロードバンドアクセスが急激に普及するに伴い、地域社会においても情報の高度化が推進されている。地域社会でネットワークを構築し、地域に関する情報を提供するネットワークをコミュニティネットワークと呼ぶ。コミュニティネットワークでは、その地域の活性化のための地域情報の提供・交流の場の構築を目的としている。地域に密着した情報の中で、災害情報を収集する防災コミュニティネットワークは、地震や災害に対する防災のためのシステムとして必要性が再認識されている。

このような地域情報を提供するため、従来のコミュニティネットワークはクライアントサーバモデルを用い、役所などに設置された中央管理サーバが全てのユーザ情報を管理していた。

管理サーバがそのコミュニティの全てのデータを取り扱うため、高負荷に耐えうるだけの高性能なサーバをコミュニティに導入する必要がある。また、情報を一括して扱うため、管理サーバが障害などで機能しなくなった場合、コミュニティの情報が地域住民に伝わらなくなる恐れがある。特に、水害や土砂災害などが発生した非常事態の場合でも、管理サーバが停止している間は、住民はその災害発生を検知することはできない。

本研究では、防災コミュニティネットワークにおいて、管理サーバを用いず、地域住民が P2P ネットワークに参加するモデルを検討する。本研究では、センサにより検知された災害情報を、地域住民で共有する Push 型 P2P モデルを提案する。また、検知された災害情報を複数のエリアに分散配置することで、異常データ取得時間

の短縮化を目的とする。

以下に本論文の構成を示す。2章では、防災コミュニティネットワークにおけるPush型P2Pモデルについて述べる。3章では、シミュレーションにより、トータル負荷と平均データ取得時間の性能評価を行う。最後に、4章で本研究の結論を述べる。

2. Push型P2P

2.1. P2Pノード構成

本研究で提案するPush型P2Pモデルを図1に示す。

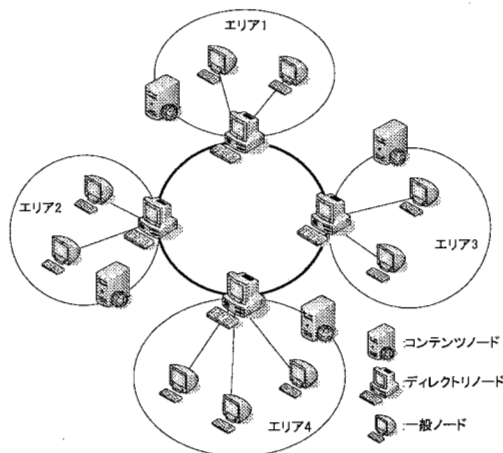


図1. Push型P2Pモデル

本モデルでは、ノードの機能に応じて、各々役割を与える。基本的に本研究におけるP2Pノードは、各々が雨量センサや浸水センサなどのセンサデバイスを所持し、そのセンサデバイスから逐次センサデータを収集する。P2Pノードを以下のように分類する。

(a) 一般ノード

(b) コンテンツノード

(c) ディレクトリノード

(a) 一般ノード

各々の一般ノードは、周辺の物理情報(温度情報、雨量情報など)を自身のセンサデバイスにより収集する。そして、収集されたセンサデータのメタデータと、ユーザが作成した日記などP2Pネットワーク上で公開しても良いプライベート情報を統合したコンテンツリストを生成する。このコンテンツリストを後述するコンテンツノードへ送信する。

他の一般ノードのデータなどが欲しい場合は、自身が所属する上位のノードへ検索クエリ

を送信し、そのクエリにヒットするデータのIP情報などを上位のノードから受け取る。その後、IP情報を元に要求するデータを持つノードと直接1:1通信を行ってデータを取得する。

なお、本論文で想定する災害は集中豪雨による土砂災害や洪水、地震による液状化や火災とする。用いるセンサは、雨量計、ガスセンサ、風向計測計、煙センサ、温度センサ、浸水センサ、倒壊センサ、伸縮計、沈下計、液状化センサ、地震計などである。

(b) コンテンツノード

コンテンツノードは、一般ノードから受信したコンテンツリストを貯蔵する機能を持つ。また、コンテンツノードにかかる負荷は基本的に高い。そのため、コンテンツノードを一般ノードから選ぶ場合、ある条件下でコンテンツノードが選ばれる。その条件を以下に示す。

- 一般ノードの中でPC環境が高性能なノード
- 起動時間が長いノード
- HD容量の多いノード

上記条件を満たした一般ノードがコンテンツノードとなる。コンテンツノードは一般ノードからセンサデータを含むコンテンツリストを受信する。センサデータが異常なデータであった場合、そのコンテンツリストのコピーを他のコンテンツノードへ分散配置させる。このように異常データを複数分散配置させることで、異常データ取得時間の短縮化を図る。また、分散するデータはタイマーにより自動的に消去される。

(c) ディレクトリノード

ディレクトリノードは、Push型P2Pネットワークにおいて一般ノードの検索を補助する機能を持つ。また、自身のエリアに属する全ての一般ノードのIP情報と、コンテンツノードのIP情報を持つ。それらの情報を元に、効率的な検索を行う。また、検索時に他のディレクトリノードとも連携を行う場合もある。

ディレクトリノードは、コンテンツノードと同様に、一般ノードからある条件下で選ばれる。その条件を以下に示す。

- コンテンツノードと同じエリアに属する一般ノードの中からPC環境が高性能なノード
- 起動時間が長いノード

2.2. クラスタリング

Push 型 P2P モデルでは、全てのノードをクラスタ化し、エリア毎で異常の検知を行う。これにより、一般ノードの異常データ取得時間の短縮・負荷分散を図ることを目的とする。

本研究では、位置情報を元にしたクラスタリングと、センサデータを元にしたクラスタリングの 2 種類の手法について提案する。

(A)位置情報を用いたクラスタリング

この手法は、ノードをクラスタ化する際にノードの物理的な位置情報を元にして、クラスタリングを行う。その際、物理的な位置が近いノード同士でクラスタを構成する。

(B)センサデータを用いたクラスタリング

防災コミュニティネットワークに参加する一般ノードの中で、センサデバイスより収集したセンサデータの値と、センサデータの種類(雨量、温度など)が同じ一般ノード同士でクラスタを構成する。

2.3. システムモデル

2.1 節及び 2.2 節で述べたことを踏まえ、Push 型 P2P モデルを構成する。以下その構成手順について説明する。

Step.1 全ノードの内、センサデータのタイプ・データ量が類似するノード同士をクラスタ化し、センサエリアとして設定

Step.2 センサエリアの内、ノードの位置情報が近いノード同士をクラスタ化し、エリアとして設定

Step.3 全ノードの中で、PC スペックが高性能・長時間起動・HD 容量の多い一般ノードをコンテンツノードとして設定。コンテンツノード数はエリア数と同等

Step.4 一般ノードの数が最も多いエリアに、最も高性能なコンテンツノードを割り当てる。その他のエリアに対しても同様に割り当てる

Step.5 エリア内の一般ノードの中で、PC スペックが高性能・長時間起動の一般ノードをディレクトリノードとして設定

2.4. Push/Pull 動作例

一般ノード及びコンテンツノードにおける Push 動作を以下に説明し、動作例を図 2 に示す。

ここで動作例として、エリア 4 の一般ノード A が自エリアのコンテンツノード 4 へコンテンツリスト A を送信する場合を考える。

Step.1 一般ノード A がコンテンツノード 4 の IP 情報を持っていない場合、一般ノード A はディレクトリノード 4 へコンテンツノード 4 の IP 情報を問い合わせる(図 2.プロセス①)。

Step.2 ディレクトリノード 4 は、コンテンツノード 4 の IP 情報を一般ノード A へ返答する(図 2.プロセス②)。

Step.3 一般ノード A はコンテンツノード 4 へコンテンツリスト A を送信する(図 2.プロセス③)。

Step.4 コンテンツノード 4 は、コンテンツリスト A を貯蓄し、そのリストに付加されたセンサ情報を確認する。

Step.5 異常なセンサデータを確認した場合、異常データに関連のあるエリアのコンテンツノードへ、異常データのコピーを送信する(図 2.プロセス④)。

Step.6 コピーを受信したコンテンツノード 2(及び 3)は、その受信情報をそれぞれディレクトリノード 2(及び 3)へ送信する(図 2.プロセス⑤)。

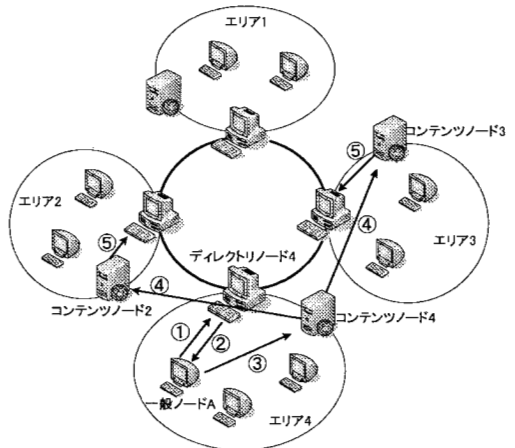


図 2. Push 動作例

次に、一般ノード及びディレクトリノードにおける Pull 動作について以下に説明し、図 3 及び図 4 に示す。まず Pull 動作例①として、エリア 2 に所属する一般ノード B が一般ノード A の異常データをリクエストする場合を考える。

Step.1 一般ノード B はエリア 2 のディレクトリノード 2 へ、一般ノード A の IP

情報を問い合わせる(図3プロセス①)。

Step.2 ディレクトリノード2は、あらかじめコンテンツノード2から異常検知情報を受け取っている。そのため、一般ノードBへコンテンツノード2のIP情報を送信する(図3プロセス②)。

Step.3 一般ノードBは、コンテンツノード2へ直接一般ノードAの異常データのコピーを問い合わせる(図3プロセス③)。

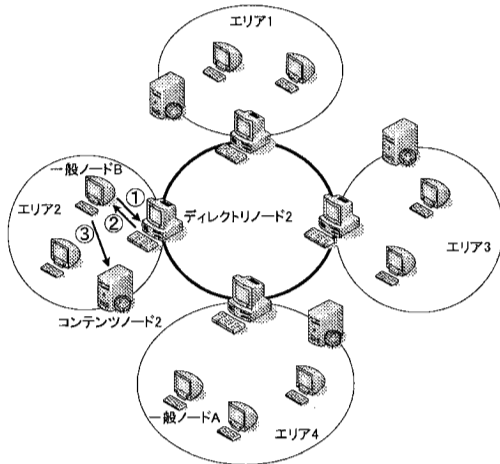


図3. Pull 動作例①

次に、Pull 動作例②として、エリア1の一般ノードCがエリア4の一般ノードAの持つ異常データをリクエストする場合を考える。

Step.1 一般ノードCは自エリアのディレクトリノード1へ一般ノードAのIP情報を問い合わせる(図4プロセス①)。

Step.2 ディレクトリノード1は、一般ノードAがエリア1に存在しないため、ディレクトリノード4へ、問い合わせを転送する(図4プロセス②)。

Step.3 コンテンツノード4に一般ノードAの異常データが配置されているため、ディレクトリノード4は、コンテンツノード4のIP情報を一般ノードCに返答(図4プロセス③)。

Step.4 一般ノードCは、コンテンツノード4へ直接一般ノードAの異常データのコピーを問い合わせる(図4プロセス④)。

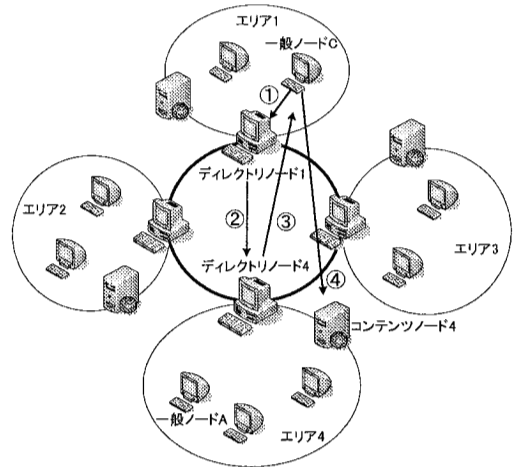


図4. Pull 動作例②

3. 性能評価

3.1. 災害発生モデル

本研究の性能評価を行う上で、災害発生モデルを定義した(図5参照)。これは正規分布に沿った集中豪雨及び土砂災害の危険度の特性を表す。

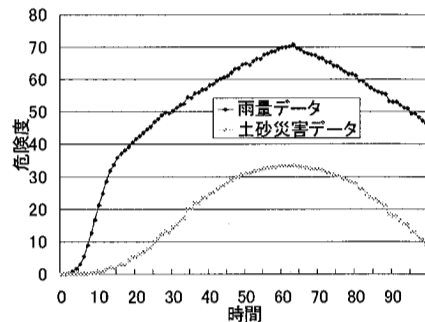


図5. 災害発生モデル

3.2. シミュレーション

3.2.1. システムパラメータ

本研究では、異常データの分散配置を行うことにより、負荷分散・及び平均データ取得時間に関する特性を定量的に示す。ここで、解析の簡単化のため、モデルの各システムパラメータを以下のように設定する。エリア数を10、コンテンツノード及びディレクトリノード数を10台、一般ノード数を80~680台とする。また、センサデータを0~100、用いるセンサの種類を雨量センサ及び、土石流センサなど土砂災害に

関するセンサを用いる。以降では、基本的にこの設定の基でシミュレーションを行う。

3.2.2. トータル負荷比較

トータル負荷において、新たに提案した Push 型 P2P と従来のクライアントサーバモデルの性能比較を行った。

災害発生モデルに図 5 を用いた結果を図 6 に示す。図 6 より、初期の時間において、提案法は従来法に比べてトータル負荷が低いことがわかる。これは、平常時において提案法ではコンテンツリスト(センサ情報のメタデータ)をアップロードしている。それに対し、従来法では逐次センサ情報の生データをアップロードするため、トータル負荷が高いと考えられる。また、災害発生に伴い、コンテンツノードに push されるデータが異常データの生データとなる。そのため提案法では徐々に負荷が高くなっていくと考えられる。

また、災害発生から最も危険な時間帯の場合、提案法は従来法と比べてトータル負荷が高いことがわかる。これは、コンテンツノードが他の関連する危険なエリアに対して、異常データのコピーを分散配置させるためと考えられる。

そして、災害検知が減少した場合、再び提案法は従来法と比べてトータル負荷が低くなることがわかる。これは、コンテンツノードが異常データの分散を少なくし、またコンテンツノードに貯蔵されるデータも生データでないためと考えられる。

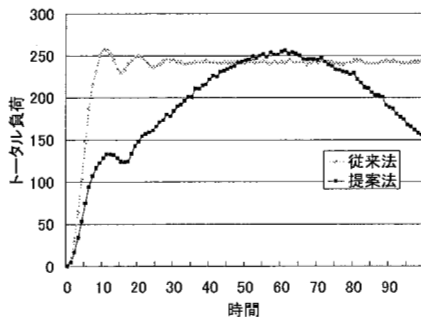


図 6. トータル負荷特性

3.2.3. 平均データ取得時間比較

平均データ取得時間において、提案法である Push 型 P2P モデルと、従来法であるクライアントサーバモデルの比較を行った。

災害発生モデルに図 5 を用いた結果を図 7 に

示す。図 7 より、平均データ取得時間において提案法は改善を行えたことが示された。これは、ノードにかかる負荷が提案法では分散されており、個々のノードの負荷が低いため、処理遅延が低いためと考えられる。また、提案法では、時間と共に性能が良くなっていることが示された。これは、災害発生の危険度に応じて、異常データを分散配置させているので、異常データの取得時間が短縮されたためと考えられる。

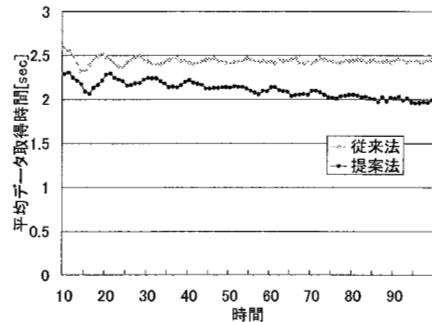


図 7. 平均データ取得時間特性

次に、ノード数と平均データ取得時間において、提案法と従来法の比較を行った(図 8 参照)。

図 8 より、ノード数が多くなるに伴い、トータル負荷も高くなるため、平均データ取得時間も増加する。提案法は従来法と比べて、ノード数に関わらず良い性能を示した。これは、提案法において効率的なデータ検索・分散が行われたためと考えられる。

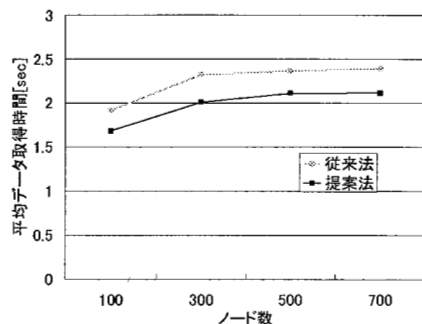


図 8. ノード数と平均データ取得時間特性

4. まとめ

本研究では、防災コミュニティネットワークにおいて、センサにより検知された災害情報を、地域住民で共有する Push 型 P2P モデルを提案

した。提案モデルでは、コミュニティネットワークに属する一般住民などの PC を、一般ノード・コンテンツノード・ディレクトリノードの 3 つに分類した。また、災害が発生し、センサに異常が検知された場合、そのエリアのコンテンツノードが、関連するエリアへ異常データのコピーを配置する手法を提案した。

本研究で定義した災害モデルを用いて、シミュレーションにより、従来法であるクライアントサーバモデルと提案法の Push 型 P2P の性能比較を行った。その結果、提案法は従来法と比較して、トータル負荷特性、平均データ取得時間特性において、良い性能を示した。このことから、防災コミュニティネットワークにおいて提案する Push 型 P2P は有用であることが示された。

参考文献

- [1] Yuanzhu Peter Chen “Energy-Efficient Data Aggregation Hierarchy for Wireless Sensor Networks” IEEE Computer Society 2005
- [2] Yoshito Tobe “HAR:Hierarchy-Based Anycast Routing Protocol for Wireless Sensor Networks” IEEE Computer Society 2005
- [3] Shangwei Duan and Xiaobu Yuan “Exploring Hierarchy Architecture for Wireless Sensor Networks Management ” IEEE 2006
- [4] Shu Lei “Connecting Heterogeneous Sensor Networks with IP Based Wire/Wireless Networks” IEEE Computer Society 2006
- [5] Si-Yu Ou “Designing Power-aware Overlays in Heterogeneous Wireless Sensor Networks” IEEE Computer Society 2006
- [6] Thang Nam Le,Dong Xuan “An Adaptive Zone-based Storage Architecture for Wireless Sensor Networks” IEEE GLOBCOM 2005
- [7] Linyer Beatrys Ruiz “MANNA:A Management Architecture for Wireless Sensor Networks” IEEE Communication magazine 2003
- [8] Filip Perich “On Data Management in Pervasive Computing Environments” IEEE Transactions on knowledge and data engineering 2004
- [9] Dario Bottazzi “Context-Aware Middleware Solutions for Anytime and Anywhere Emergency Assistance to Elderly People ” IEEE Communication magazine 2006
- [10] Paolo Bellavista “Context-Aware Semantic Discovery for Next Generation Mobile Systems” IEEE Communication magazine 2006
- [11] Vana Kalogeraki “Managing Distributed Objects in Peer-to-Peer Systems” IEEE Network 2004
- [12] Juha Parkka “Activity Classification Using

Realistic Data From Wearable Sensors ”
IEEE Transactions 2006

- [13] Yao-Chung Chang, Zhi-Sheng Lin “Cluster Based Self-Organization Management Protocols for Wireless Sensor Networks ” IEEE Transactions 2006
- [14] Yu-Cbee Tseng “Wireless Sensor Networks for Emergency Navigation” IEEE Computer 2006
- [15] Y.Thomas Hou “Optimal Base Station Selection for Anycast Routing in Wireless Sensor Networks ” IEEE Transactions 2006
- [16] Kirk Martinez “Sensor Network Applications” IEEE Computer 2004