

## ユーザ要求に応じた災害情報集約のための 蓄積運搬転送型通信に基づく情報処理基盤の設計

内山 彰† 廣森 聡仁† 梅津 高朗‡ 山口 弘純† 安本 慶一\* 東野 輝夫†

† 大阪大学大学院情報科学研究科

‡ 滋賀大学経済学部

\* 奈良先端科学技術大学院大学

### 1 研究背景

災害時には被災状況を迅速に把握することが重要であり、国連の国際捜索救助諮問グループ (INSARAG) のガイドライン [1] では、各捜索隊は担当地域の被災状況 (建物の被害や被災者数) を把握した後に、優先順位を付けて捜索活動に当たることが求められている。現状、これらの情報は実際に捜索隊が足を運んで被災状況を確認しているが、捜索隊が現場に到着する前に情報を集約することができれば、迅速な救助活動の実現につながる。

そこで人々が持つスマートフォンや車、被災を免れたインフラ (カメラや WiFi 基地局など) を利用すれば、発災後に専用の機器を設置すること無く、迅速に被災状況を把握できる可能性がある。実際に東日本大震災では、twitter により一般の人々からテキストや写真による被災状況の報告が成されていた [2]。しかし、災害時には携帯電話基地局などの通信インフラが局所的に停止する可能性が高いため、Delay Tolerant Network (DTN) による通信が重要となる。

各地の人々やセンサ群から発信される情報量は大量のテキスト、写真、動画を含み膨大となるため、DTN 上で効率良く通信を行うためには類似する情報を統合したり、不要な情報を発信源付近で除外する処理を行ってから、宛先に送信する必要がある。また、人々から自発的に発信される情報だけでなく、災害対策本部から特定地域の被災状況を把握したい、といった要求 (クエリ) が発信される場合も考えられる。

これまでに災害時を対象として無線ネットワーク上で通信を行う仕組みが多数提案されている [3]。これらのほとんどは専用のセンサを災害現場に設置するためコストが高く、捜索隊が到着する前に被災状況を集約することができない。また、多くの仕組みではユーザが手入力したテキストなどの限られた情報を集約することとどまっているため、詳細な被災状況の把握は困難である。Serendipity[4] は音声認識などの高度な処理を DTN において遭遇ノードとの間で分散処理することで省電力化や高速化を実現しているが、広域でのルーティングを考慮していない。

本研究では、対策本部からのクエリに応じて、人・車・基地局などの多様なノード群が連携してテキスト、写真、動画などの様々なデータを分散処理しながら蓄積運搬転送型通信を行い、処理結果を返信するための情報処理基盤の実現を目指している。本稿では、提案する情報処理基盤に

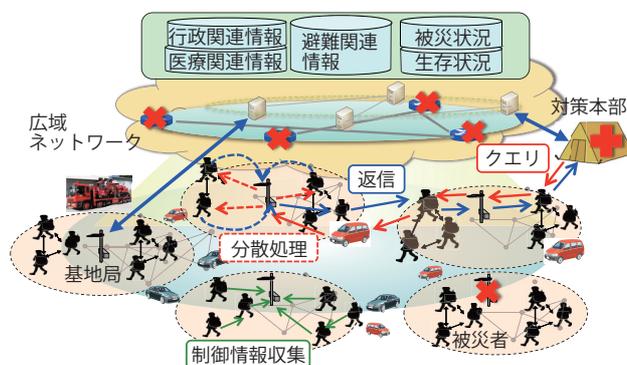


図 1: 情報処理基盤の概要

求められる要素技術の検討を行うとともに、設計開発中の災害情報収集システム DTN MapEx の概要について報告する。

### 2 提案する情報処理基盤

図 1 に提案する情報処理基盤の概要を示す。対象領域には人、車、基地局などが存在しており、これらのノードは互いに直接通信可能である。広域ネットワークとの接続が維持されている基地局も存在する。発災後市役所などに設置される対策本部から、各被災地に対して被災状況を問い合わせるクエリを送信する。被災状況とは、音声、写真、動画だけでなく、火災や建物倒壊の発生状況、被災者数、負傷者数などのテキスト情報も含む。テキスト情報はセンサや手入力による物もあれば、写真や音声から自動抽出される物もある。クエリを受信した対象ノードは指定された情報を得るため、必要に応じて近隣ノードに処理を割り当て、結果を集約した上で返信する。本基盤の要素技術には、大別して制御情報収集、ルーティング、分散処理、投機的実行の 4 つが存在する。

**制御情報収集:** 制御情報収集はルーティングや分散処理を行うために必要なノードの位置や固定ノードの利用可否、各ノードのバッテリー残量や処理能力といった情報 (制御情報) を収集するための機構である。想定環境は数十 km に及ぶ広域であるため、制御情報の収集先は単一ではなく、領域の規模に応じて地域毎のクラスタに分割し、収集される。各地域に存在する WiFi 基地局などの固定ノードをクラスタヘッドとしてあらかじめ決定しておき、これらのクラスタヘッドに各クラスタ内の制御情報を収集する。

**ルーティング:** 想定環境では、人や車などの移動ノードと基地局などの固定ノードが混在しているため、あらかじめ位置や性能が分かっている固定ノードを活用することが重要である。メッセージの宛先はノード ID または位置座標および地理的な領域で指定される。宛先が位置の場合は位置情報を利用したルーティングを行い、宛先がノード ID の場合はクラスタヘッドが保持する制御情報に基づき、ルーティングを行う。

Store-Carry-and-Forward Based Information Processing Platform for Effective Disaster Information Compilation

†Akira UCHIYAMA †Akihito HIROMORI ‡Takaaki UMEDU

†Hirozumi YAMAGUCHI \*Keiichi YASUMOTO †Teruo HIGASHINO

†Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

‡Faculty of Economics, Shiga University

\*Nara Institute of Science and Technology

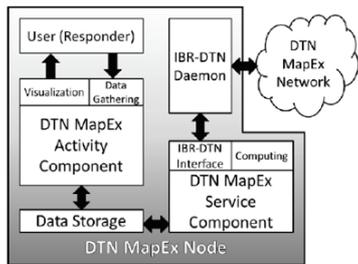


図 2: DTN MapEx のシステム構成

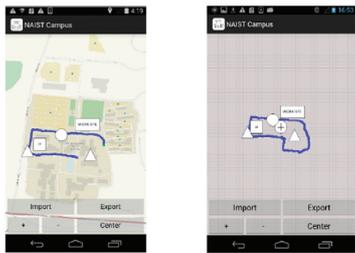


図 3: 災害関連情報地図の例

**分散処理:** 画像・音声認識などの高度な処理を行う際には、ノード毎に異なる実行可能処理、消費電力、処理時間と処理結果の精度のバランスを考慮し、許容範囲での処理結果が得られるよう、ノード毎の処理割り当てを決定する。クエリは詳細な処理（サブクエリ）の集合であり、それぞれのサブクエリは異なるノードで処理できるものとする。制御情報は領域毎にクラスタヘッドが収集しているため、まずクエリを対象領域のクラスタヘッドまで送信した後に、クラスタヘッドが領域内のノード制御情報に基づき処理の割り当てを決定し、サブクエリを対象ノードに送信する。クエリ処理の割り当てを決定するためには、必要なサブクエリやそれらの実行順序が指定可能なクエリ記述言語が必要である。

**投機的実行:** ルーティングや分散処理は制御情報に基づき行われるが、リアルタイムに制御情報を得ることは不可能なため、配送や処理の失敗が起こる。そこで本基盤では複数のノードに対して同一のクエリを送信することで、少なくとも1つの返信が得られるような投機的実行の仕組みを取り入れることを検討している。

### 3 情報集約システム DTN MapEx の設計開発

本章では、2章で提案した情報処理基盤に基づいて設計・開発中のシステム DTN MapEx [5] の概要について述べる。DTN MapEx は、災害時に救助隊員や一般市民が自身の携帯端末を使用し、災害関連情報の収集・共有ならびに災害関連情報が集約された地図を生成するための Android アプリケーションである。DTN MapEx のシステム構成を図2に示す。

DTN MapEx は、GPS ログによる道路の通行実績、位置情報付きの写真や動画、音声、テキスト情報を取得・登録する機能と、それらの情報を地図上に表示する機能を有する(図3)。各災害関連情報を地図上に表示するため、インターネットに接続可能な端末は地図データ(OpenStreetMap形式)を自動的に取得して地図上に災害情報を表示し(図3左)、そうでない端末は、緯度経度情報をもとに情報間の相対的な位置関係を表示する(図3右)。

地図データを含む収集された情報は、DTN バンドルプ

ロトコルおよび WiFi-Direct を用いて、端末間で中継され宛先ノードに届けられる。図2に示すように、DTN MapEx は DTN バンドル層プロトコルの軽量実装である IBR-DTN [6] を組込むことで、バンドル層のプロトコルに加え、IBR-DTN が提供する Epidemic routing と ProPHET によるルーティングが利用できるようになっている。

開発した DTN MapEx のプロトタイプを用いて2台の Android 端末間(Nexus 5からNexus 4)のデータ転送にかかる時間を計測したところ、10KmのGPSログ(約512KB)、高解像度画像ファイル(約9MB)、MP4形式の動画ファイル(約85MB)の転送に、それぞれおよそ1.7秒、12秒、86秒かかることを確認した。コンタクトタイムの間にバンドルの転送を完了させるため、大きなファイルは分転送する必要があることが分かった。

### 4 まとめ

本研究では、広域にわたる被災状況などの災害情報を多様なノード群が蓄積運搬転送型通信により集約・編纂するための情報処理基盤について検討を行った。今後、分散処理のためのルーティング機能や分散処理の対象となる個々の処理(画像処理による災害関連情報の画像からの抽出、音声からテキストへの変換、ビデオからの重要シーンの抽出など)を設計・実装していく予定である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 26220001 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] United Nations. *International Search and Rescue Advisory Group Guidelines and Methodology*, 2012.
- [2] 松本直人. 事例に学ぶ東日本大震災における情報発信. 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 3, pp. 1021–1027, 2013.
- [3] S.M. George, Wei Zhou, H. Chenji, Myounggyu Won, Yong Oh Lee, A. Pazarloglou, R. Stoleru, and P. Barroah. Distressnet: a wireless ad hoc and sensor network architecture for situation management in disaster response. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 48, No. 3, pp. 128–136, 2010.
- [4] Cong Shi, Vasileios Lakafosis, Mostafa H. Ammar, and Ellen W. Zegura. Serendipity: Enabling remote computing among intermittently connected mobile devices. In *Proceedings of the Thirteenth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing*, pp. 145–154, 2012.
- [5] E. M. Trono, Y. Arakawa, M. Tamai, and K. Yasumoto. DTN MapEx: Disaster area mapping through distributed computing over a delay tolerant network. In *Proceedings of the 8th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking*, pp. 181–186, 2015.
- [6] M. Doering, S. Lahde, J. Morgenroth, and L. Wolf. IBR-DTN: an efficient implementation for embedded systems. In *Proceedings of the 3rd Workshop on Challenged Networks (CHANTS)*, pp. 117–120, 2008.