

災害時における画像情報の品質変更を利用した情報伝送手法

西山 潤^{1,a)} 多幡 早紀^{1,b)} 重野 寛^{1,c)}

概要：大規模災害における救命率を向上させるため、IT を駆使した要救助者に関する情報収集が求められる。救命情報共有システムでは、OpenFlow を駆使した無線回線の効率的な運用と METHANE と呼ばれるフレームワークを用いて、要救助者情報の収集や提供を行っている。しかし、METHANE 情報のみでは、災害現場の詳細な状況を認識することは困難である。災害現場の迅速な情報の収集と共有を図るためには、METHANE 情報とは別の情報が必要となる。そこで、画像情報などの被害状況を直感的に把握できる被災地情報を収集することは有用だと考えられる。しかし、被災地情報の伝送は災害時の不安定なネットワーク下での METHANE 情報の伝送に影響を与える。そこで、本稿では、災害時における画像情報の品質変更を利用した情報伝送手法を提案する。この提案では、METHANE 情報の伝送に影響を与えることなく、迅速に高品質な情報を収集することを目指す。METHANE 情報に影響を与えない画像情報の伝送を可能にするために各コンテンツに対してフローを分離し、異なる回線を割り当てる。また、迅速な被災地情報の収集を行うために、回線の余剰帯域の算出と情報品質の変更を行う。本稿では提案手法のプロトタイプシステムを実装し、被災地情報の迅速な収集と高品質な情報の提供という点から提案手法の有用性を示す。

1. はじめに

災害発生時において、被災地に関する情報を迅速に共有することが課題として挙げられる。東日本大震災においては、救助活動に必要である情報を迅速に共有することができず、救命隊による被災者の救助が大幅に遅れる結果となった [1]。現状では、救命隊は被災地に到着後、要救助者の搜索を自力で行う必要があり、要救助者に関する情報は口頭で伝達される。そのため、救命隊と本部、もしくは救命隊間で、迅速な情報共有が困難である [2]。

そこで現在、災害時のため様々なアプリケーションが運用・開発されている。この一つとして、救命情報共有システム [3][4] が挙げられる。このシステムの目的は要救助者に関する情報の収集や提供を行うことで、救命隊による救助活動や意思決定を支援することである。

救命情報共有システムでは、公共車両に搭載される中継器が仮の基地局となり、周囲の端末から要救助者に関する情報を収集し、メインサーバへ送信する役割を担う。これは公共車両の移動を利用して、端末がサーバと通信ができない地域において、情報を収集するための仕組みである。

このシステムにおける特徴として、OpenFlow[5] による

経路制御と、公共車両に搭載される中間サーバが挙げられる [6]。このシステムでは、情報を蓄積するメインサーバが接続する有線ネットワークおよび中継器と Gateway スイッチ間の無線回線の制御に OpenFlow が利用される。有線ネットワークの入り口となる Gateway スイッチは、各地から無線回線を用いて送信された情報を受信し、有線ネットワークに送信する。また、中継器と Gateway スイッチ間の無線区間の全回線が切断されることを想定し、公共車両に中間サーバが導入されている。全回線切断時には、情報の損失を防ぐため、中継器に届いた情報は中間サーバで一時的に蓄積される。

救命情報共有システムでは、METHANE[7] と呼ばれるフレームワークを用いて要救助者に関する情報の収集や提供を行う。災害発生時には、救命隊のみならず、一般の方々も救助活動や後方支援へ参加する。このような人々は、METHANE 情報のみでは、災害現場の詳細な状況を的確に認識することは困難である。情報共有の観点から、画像情報のような、被害状況を直感的に把握できる被災地情報を収集することは有用であると考えられる。また、救命隊の本部にとっても、被災地情報を基に被災地の状況を多角的に把握することが可能となり、救命隊による迅速な意思決定と救助活動の一助となり得る。しかし、被災地情報の送信は帯域の圧迫を促し、災害時の不安定なネットワーク下での METHANE 情報の伝送に影響を与えてしまう。そこで、端末送信時に被災地情報の情報量を低下させること

¹ 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University
a) nishiyama@mos.ics.keio.ac.jp
b) tabata@mos.ics.keio.ac.jp
c) shigeno@mos.ics.keio.ac.jp

で、METHANE 情報への影響を軽減し、被災地情報の迅速な収集が可能になる。一方で、欠点として帯域に余裕がある場合にも品質の悪い情報を収集することが挙げられる。

本稿では、中継器と Gateway スイッチ間の無線区間に焦点を当て、OpenFlow を用いて、METHANE 情報の伝送に影響を与えることなく、被災地情報を迅速に収集する手法を提案する。被災地情報は画像情報を想定し、具体的には以下の 2 点を達成することを目標とする。

(1) METHANE 情報への影響の軽減

(2) 画像情報の迅速な収集と高品質な情報の収集の両立

1 つ目の条件を満たすためにそれぞれのコンテンツに対して回線を分離し、割り当てることが必要である。割り当て方に関しては、各回線ごとに余剰帯域と呼ばれるパラメータを設定し、この余剰帯域に基づいて、コンテンツごとに使用する回線を動的な変更する。余剰帯域は、回線が利用できるスループットの理論値から実際に使用されている値の差分で求められる。

また、2 つ目の条件を満たすため、中間サーバにおいて、受信した画像情報の複製を行う。そこで、品質を低下させたもの、すなわちサムネイルが作成される。サムネイルを優先的に送信し、全てのサムネイルが送信し終わった際に元情報の送信を開始することで、迅速な被災地情報の収集と高品質な情報の提供を行うことが可能である。

本稿では、救命情報共有システムのプロトタイプを実装し、動作確認と評価を行い、本提案の有用性を確認する。

本稿の構成は以下の通りである。第 2 章で救命情報共有システムの概要と OpenFlow ネットワークについて述べ、現状の救命情報共有システムにおける問題点を抽出する。第 3 章では、提案手法について述べる。第 4 章では、提案手法のプロトタイプ実装の動作確認と評価について検証する。第 5 章で結論を述べる。

2. 救命情報共有システム

本章では、救命情報共有システムの全体像を説明する。その後、被災地情報の利用と現状の救命情報共有システムの問題点について述べる。

2.1 救命情報共有システムの目的

救命情報共有システムの目的は、災害時において、要救助者に関する情報の収集や提供を通じて、救命隊の出動予定地に関する意思決定を支援することである。

現在、救命隊は被災地に到着後すぐに救助活動を行うことはできないと言われている。これは、救命隊が、要救助者に関する位置や人数、状況などの、救助に必要とされる情報を入手していないからである。そのため、救命隊は要救助者に関する情報を収集することから活動を開始しなければならない。また、災害時には、医療資源を最大限に活用しても、全ての要救助者に最善な医療を提供できない。

表 1 情報共有用フレームワーク：METHANE

	名称	内容
M	Major of incident	大規模災害発令
E	Exact location	要救命者の存在場所
T	Type of incident	救出方法や医療処置の必要性
H	Hazard	現在/今後発生する危険
A	Access to scene	災害発生場所への到達経路
N	Number of casualties	要救命者の数
E	Emergency services	救出/救命に必要な装備

そのため、救命率を向上させるためには、要救助者の総数や周辺の状況を考慮し、救命者数が最も多くなるように救命隊を派遣していく必要がある。

そこで、要救助者に関する情報の収集を行うシステムを導入することで、救命隊の意思決定を支援し、被災地到着直後に救命活動を開始できるようになる。その結果、より多くの被災者を救助、救命することが可能になると考えられている。救命隊は METHANE と呼ばれるフレームワークを用いて、情報の共有を行う。METHANE は NATO 軍により開発されたフレームワークであり、最小限の情報量で救助活動に必要な情報を収集できる。表 1 に METHANE の構造を示す。METHANE 情報には最小限の情報のみが記述されており、救命隊はこの METHANE 情報に基づき、救助活動を行うよう訓練されている。

現在では、METHANE 情報は口頭で伝達されているため、救命隊と本部、もしくは救命隊間で、正確かつ迅速な情報共有が困難である。そこで、救命情報共有システムでは、METHANE 情報を電子化し、Web アプリケーションを用いて情報の収集や提供を行う。電子化された METHANE 情報のシステム反映図を図 1 に示す。この METHANE 情報はテキスト情報であるため、情報量が小さく、回線に負荷をかけずに伝送が可能である。救命隊の本部では、地図上に区画ごとに集計された METHANE 情報数や急行した救命隊の人数を知ることで、救命隊を派遣する地域を判断できる。この地図の表示には、MGRS グリッド [8] を使用することで、位置の特定が容易となっている。

2.2 救命情報共有システムの全体像

救命情報共有システムの全体像を図 2 に示す。災害時には、通信インフラが重大な被害を受け、被害状況が重篤な地域ほど通信インフラの被害も大きい。そこで、救命情報共有システムでは、被災地における通信回線を確保のため、公共車両に中継器を搭載する。公衆回線が使用できない状況にある地域において、中継器は臨時の基地局として、周囲の端末から発信される要救助者に関する情報を受信し、メインサーバへ情報を送信する。したがって、端末が通信不能な地域においても、情報の送受信が可能となる。

情報の宛先であるメインサーバは有線ネットワークに接続している。この有線ネットワークは、メインサーバに加



図 1 METHANE 情報のシステム反映図

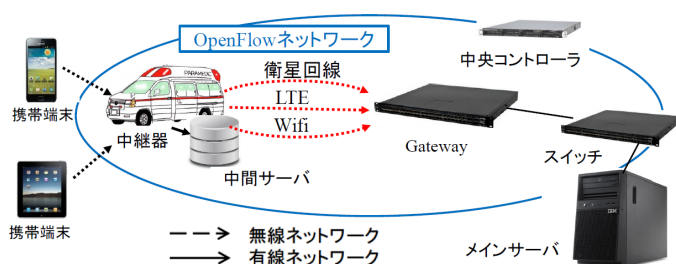


図 2 救命情報共有システムの全体像

えて、関連機関の機器等に接続されており、このシステムの中心となるネットワークである。このネットワークの入り口として、Gateway スイッチを配置する。Gateway スイッチは、各地から無線ネットワークを用いて送信された情報を受信し、有線ネットワークに送信する。また、中継器と Gateway スイッチ間の通信には、複数の無線回線が使用可能である。例えば、LTE や無線 LAN、衛星回線などが挙げられる。これは、災害時は回線の状態が不安定であるため、冗長化を狙ったものである。救命情報共有システムでは、この不安定なネットワーク下で回線を効率的に使うため OpenFlow が用いられている。これは OpenFlow の性質が回線状況が刻々と変化するネットワークを制御するのに適していると考えられるからである。OpenFlow は集中的な制御を行う仕組みであり、ネットワーク状態をリアルタイムに反映した経路制御を実現できる。本稿では救命情報共有システムの有線ネットワークおよび中継器と

Gateway スイッチ間の無線区間を制御する OpenFlow コントローラを中央コントローラと呼ぶ。

救命情報共有システムでは、中央コントローラと中継器の間のセキュアチャネルを通信チャネル内に構築している。これは災害時のような資源が枯渇した状況下での、回線の有効利用を考慮したものである。したがって、中央コントローラによる中継器の制御は、中継器と Gateway スイッチ間の回線状況に依存する。中継器と Gateway スイッチ間の全ての回線が切断した場合、中継器と中央コントローラ間のセキュアチャネルも切断される。そのため、全回線切断時に中継器の制御を行う車載コントローラと情報を一時的に保持しておく中間サーバが導入されている。

2.3 救命情報共有システムの問題点

現在の救命情報共有システムでは、METHANE 情報のみの伝送を想定している。これは、災害時の不安定なネットワークを考慮したものである。現在の救命情報共有システムでは、複数回線が存在する場合、中央コントローラは回線の接続状況や遅延時間やパケットロス値等の外部からの情報により、各回線の優先度を設定している。このとき、複数回線が存在する場合に関わらず、使用する回線は高い優先度が設定されている 1 回線のみである。そのため他回線は使用されておらず、資源が枯渇している災害時のネットワークにおいて、効率的な回線利用を果たせていない。

また、災害発生時には救助活動に携わる人材は常に不足しており、救命隊のみならず、警察や市役所職員、ボランティアなどの救助活動や後方支援への参加は、救助活動を行う上で非常に大きな役割を果たすと考えられる。しかし、METHANE 情報は救助活動を専門に行うプロフェッショナルな人に向けて作られたものである。そのため、プロフェッショナル以外の方にも迅速に被災地の情報を把握させるためには、METHANE 情報以外の情報を用いた情報の共有が必要である [9]。さらに、被災地情報を用いることで、被災地の状況を多角的に把握でき、救命隊のより迅速な意思決定と救助活動の一助になる考えられる。しかし、画像情報等が考えられる被災地情報は情報量が大い。そのため、被災地情報の送信は、緊急性の高い METHANE 情報の送信に影響を与えてしまう恐れがある。そこで、回線を有効に活用し、METHANE 情報の伝送に影響を与えることなく、被災地情報を迅速に収集する手法が必要だと考えられる。

3. 提案

本章では、METHANE 情報に影響を与えない被災地情報の収集および被災地情報の迅速な収集と高品質な情報の収集の両立の 2 点に焦点を当てた、災害現場の情報収集を行う手法を提案する。なお、本稿では、端末と中継器間の通信の議論は行わないものとする。

3.1 提案の概要

提案では、OpenFlow を用いて、METHANE 情報の伝送に影響を与えることなく、被災地情報を迅速に収集する手法を行う。METHANE 情報に影響を与えない被災地情報の収集を可能にするために、中継器において、METHANE 情報と画像情報の伝送にそれぞれ異なる回線を用いる。また、中継器に届いた画像情報を中間サーバに転送し、中間サーバが無線回線の本数に応じて、送り出しの有無を決める仕組みとなっている。被災地情報の迅速な収集と高品質な情報の収集の両立を行うために、各回線ごとに余剰帯域と呼ばれるパラメータを設け、この余剰帯域に基づき、各コンテンツに割り当てる回線を動的に変更する。また、中間サーバにおいて情報の品質を意図的に低下させた情報、すなわちサムネイルを作成し、サムネイルから優先的に送信を行う仕組みとなっている。

3.2 METHANE 情報に影響を与えない画像情報の収集

3.2.1 フローの分離

端末から送られてきた情報は公共車両に搭載された中継器に届く。中継器において、フローを分離するためには、OpenFlow の Match フィールド [10] に当てはまる条件を用いる必要がある。

フローの分離には DPI(Deep Packet Inspection) と同様に IP パケットのペイロードの情報を基にパケットの転送処理を行う方法が考えられる。OpenFlow では OpenFlow スイッチのフローテーブル内に受信データと合致するフローエントリがない場合、OpenFlow コントローラに Packet-In メッセージと呼ばれるメッセージを送信する。OpenFlow コントローラは送られてきたメッセージに基づいて、経路情報を作成し、データ処理の方法を決定する。METHANE 情報と被災地情報は、メインサーバにおいて、それぞれ異なるプログラムで受信される。そこで、受信先 URL が異なることに着目し、ペイロード内から URL を検出することでパケットの分離を行うことができる。しかし、ペイロード全体を Packet-In させた場合、車載コントローラに加わる負荷が大きく、データ転送処理速度が低下する恐れがある。そこで、ペイロード全体を Packet-In させる方法とは別の方法を用いてフローを分離する必要がある。

救命情報共有システムは、Web アプリケーションを通して情報の収集を行うため、パケットは TCP に基づき送信されている。TCP のフローを分離するためには、現状の OpenFlow ではポート番号を変えて送信を行う必要がある。本部の有線ネットワークに接続されるメインサーバは、HTTP に用いられる 80 番のポート番号に加えて、被災地情報を受信するためのポートを解放する必要がある。その様子を図 3 に示す。これにより、中継器において METHANE 情報と被災地情報とのフローの分離が実現でき、別々のフローエントリの割り当てが可能となる。

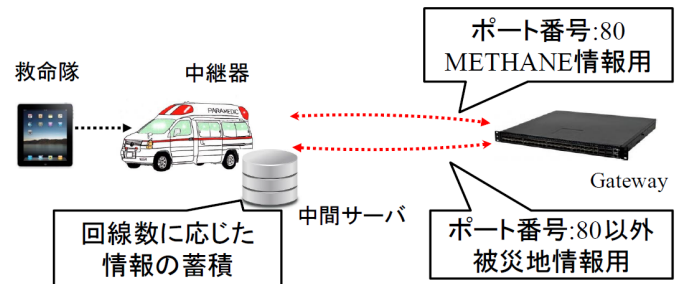


図 3 フローの分離

表 2 回線本数に伴う各情報の送信の有無

回線数	挙動
0 本 (全回線切断)	中間サーバで情報の一時保存
1 本	METHANE 情報のみを送信
2 本以上	METHANE 情報と画像情報を異なる回線で伝送

3.2.2 回線本数変更時の挙動

車載コントローラと中央コントローラは無線回線の接続状況を常に監視している通信可能な回線数が変更された場合には、その旨を知らせる UDP パケットを中間サーバへと送信する。

表 2 に回線本数による、各コンテンツの送信の有無を示す。全回線切断時には、中央コントローラは中継器に対し、フローエントリの変更を行えない。そのため、公共車両に搭載された車載コントローラが中継器の制御を代替する。被災地情報は、回線の本数に関わらず、必ず中間サーバを経由する。そのため、全回線切断時には、中間サーバからメインサーバへと送信が行われる被災地情報用のフローエントリを削除し、中間サーバで被災地情報を蓄積することで、情報の損失を抑制している。

また回線が 1 本の場合には、中継器において METHANE 情報の伝送のみを行い、被災地情報は全回線切断時同様に中間サーバにおいて情報を蓄積する。これは被災地情報を送信による METHANE 情報の送信に対する影響を抑制するためである。METHANE 情報用の回線が切断された場合は、被災地情報用の回線を METHANE 情報用の回線に変更する。その様子を図 4 に示す。中継器において、各情報は物理ポート 1 で受信し、被災地情報は TCP ポート番号 50000 番 (A-1,A-2)、METHANE 情報には 80 番 (A-3) を割り当てる。受信した METHANE 情報はメインサーバへ転送する。一方で、受信した被災地情報は中間サーバへ転送し、中間サーバから受信した被災地情報メインサーバへ転送する。METHANE 情報用の回線が切断した場合には、被災地情報用の回線 (A-2) を METHANE 情報用の回線へと変更する。具体的には、中間サーバから送り出される被災地情報用のフローテーブルを削除し、METHANE 情報用の回線としてフローテーブルを追加する。このとき、被災地情報は中間サーバにおいて送信を一時的に中断し、

(x)はxのIPアドレス, MACアドレスを示す

No.	Match フィールド名			アクション名	
	in_port	tcp_dst	out_port	IP_dst	MAC_dst
A-1	1	50000	4	(中間サーバ)	
A-2	4	50000	3	(メインサーバ)	
A-3	1	80	2	(メインサーバ)	

切断 ↓ ↑ 復旧

No.	Match フィールド名			アクション名	
	in_port	tcp_dst	out_port	IP_dst	MAC_dst
B-1	1	50000	4	(中間サーバ)	
B-2	1	80	3	(メインサーバ)	

図 4 回線変更時における中継器のフローテーブルの変化の例

情報の蓄積を行う。

また、二回線以上存在する場合には、METHANE 情報と画像情報に異なる回線を割り当てる仕組みとなっている。車載コントローラと中央コントローラは無線回線の接続状況を常に監視している。通信可能な回線が複数本存在する場合には、その旨を知らせる UDP パケットを中間サーバへと送信し、中間サーバから画像情報の送信を促す。

3.3 画像情報の収集時間の削減と高品質情報の両立

3.3.1 余剰帯域に伴う回線変更

METHANE 情報と被災地情報とは、情報量に大きな差があるため、ランダムな回線の割り当てでは、効率的な回線利用は望めない。例えば、帯域の残り少ない回線に対して、被災地情報を割り当てた場合では、タイムアウトが生じる恐れが多く、効率的な回線利用は望めない。

そこで、余剰帯域と呼ばれるパラメータを導入する。このパラメータは回線のスループットの理論値から一定期間ごとの回線のスループットを引いた値である。中央コントローラでは余剰帯域に基づき、一定時間ごとに中継器と Gateway スイッチ間の各回線に割り当てるコンテンツを動的に変更する。その様子を図 5 に示し、以下のような回線選択を実施する。

- (1) 中央コントローラが一定間隔ごとに各回線ごとの平均スループットを算出する。
- (2) 各回線のスループットの理論値から各回線の余剰帯域を算出する。
- (3) 余剰帯域の大きい回線を、被災地情報用に割り当て中継器に反映させる。

これは、METHANE 情報の情報量が被災地情報に比べて小さいためであり、余剰帯域の少ない回線に被災地情報を割り当てた場合、収集するまでの時間が長くなることが懸念されるからである。

3.3.2 情報品質の変更

被災地情報の品質を送信時に低下させたとき、ネットワークの帯域に余裕がある場合においても、メインサーバでは品質の悪い情報しか収集できない。品質の良い情報を提供することは、被災地の状況をより明確に認識すること

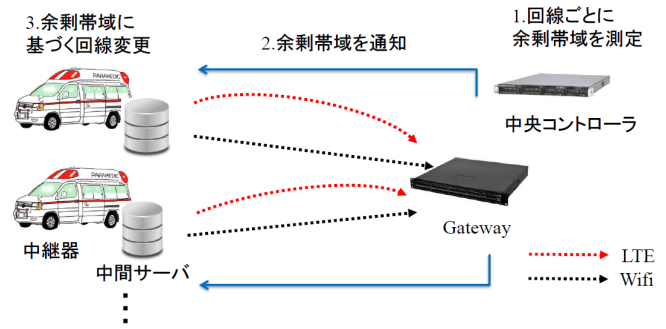


図 5 余剰帯域に基づく回線変更

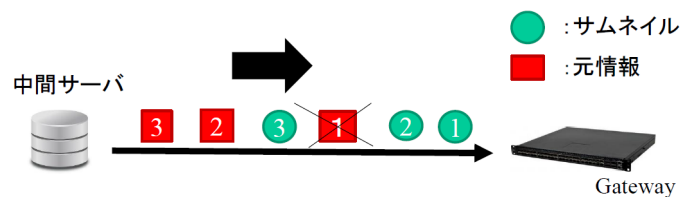


図 6 中間サーバの挙動

につながると考えられる。

そこで、伝送途中において、情報の品質を意図的に低下させる手法が考えられる。中継器に到着した被災地情報は全て、中間サーバへ誘導される。これは、使用できる回線の本数により被災地情報の送信の可否が異なるためである。中間サーバでは、到達した被災地情報の複製を行い、品質を低下させた情報が作成される。これは、一方をサムネイル、他方を元情報として、中間サーバに一時的に保存しておくためである。この時、サムネイルから優先的にサーバへ送り出すことにより、被災地情報の迅速に収集することが可能となる。また品質を変更する前の元情報は、サムネイルが全て送り出された際に送信される。その様子を図 6 に示す。被災地情報を 2 つ受信した中間サーバは、それらのサムネイルを優先的に送信する。その後、受信した被災地情報のサムネイルの送信が全て完了した際に、元情報の送り出しが行われる。元情報の送信途中で新たに被災地情報を受信した際には、元情報の送信を中断し、新たに届いた被災地情報のサムネイルから送信を開始する。これにより、被災地情報の迅速な収集と回線の使用状況により、品質の良い情報もシステムに収集することが可能となる。また、被災地情報を収集する際に、端末送信時に位置情報や時間情報を付随する必要がある。この時、中間サーバで情報の品質を変更するためには、付随する位置や時間などの情報を被災地情報と分離する必要がある。それらの情報を一時的に蓄積しておき、サムネイル作成後、再度情報を付加してメインサーバへと送信する。このようにすることで、位置情報や時間情報などの情報を失うことなく、被災地情報の品質変更が行える。位置や時間情報の付与は元情報を送信する場合においても同様に実施される。

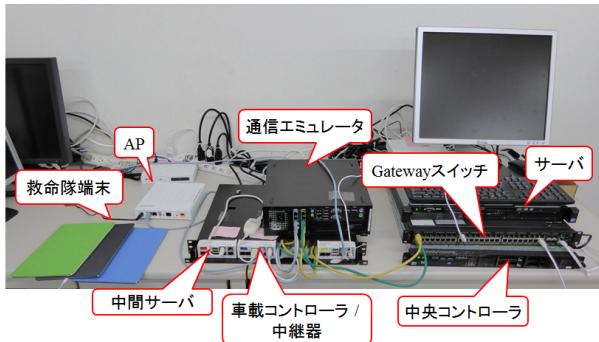


図 7 プロトタイプ図

表 3 使用機材

救命隊端末	Ipad Air2
中継器兼車載コントローラ	OpenBlocks AX3
中間サーバ	OpenBlocks AX3
PC1	lenovo ThinkPadX220i
エミュレータ	DELL Optiplex9020
メインサーバ	DELL PowerEdgeR220

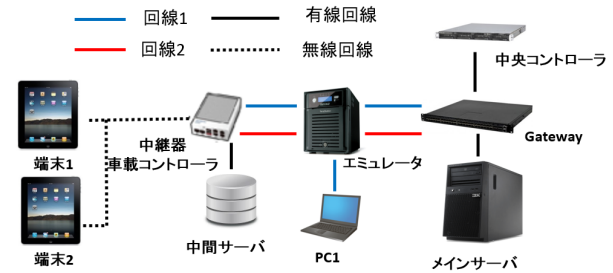


図 8 実験環境

表 4 実験 1 のシナリオ

区間	1-A	1-B	1-C	1-D	1-E
経過時間 [sec]	0-20	20-40	40-60	60-80	80-160
回線 1	up	down	down	down	up
回線 2	up	up	down	up	up

表 5 実験 2 のシナリオ

区間	2-A	2-B	2-C	2-D	2-E	2-F	2-G
経過時間 [sec]	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	120-160
回線 1	up	down	up	down	up	down	up
回線 2	up	up	up	up	up	up	up

4. 動作確認と評価

本章では救命情報共有システムのプロトタイプ実装とその動作確認および評価を行う。

4.1 実験概要

本稿では、提案手法の中央コントローラおよび車載コントローラの実装に Ryu[11] を用いた。また、中間サーバの実装には WSGI(Web Server Gateway Interface)[12] を、中継器には Open vSwitch[13] を用いて実装を行った。今回の実装環境図を図 7、使用した機材を表 3 に示す。図 7 において、救命隊端末から送信された情報は AP(アクセスポイント)を経由し中継器に届く。中継器と Gateway スイッチの間には 2 回線存在し、これらの回線は通信エミュレータを経由して情報のやり取りを行う。回線の検知、復旧は中継器と中央コントローラが ICMP パケットを送受信することにより行われる。PC 1 は回線の使用量を変更するために、一定間隔ごとに送出する情報量を変更する。このパケットは Iperf[14] により生成される。今回の実験では以下の項目の動作確認および評価を行った。

- (1) 回線の分離に伴う METHANE 情報への影響
- (2) 中間サーバによる品質変更に伴う画像情報収集時間の測定
- (3) 余剰帯域による使用回線の変更確認

(1) の実験では、以下の三種類の状況での METHANE 情報の収集時間を測定することで、回線の分離に伴う METHANE 情報への影響の有無を確認する。また、実験 1,2 のシナリオを表 4,5 に示す。表中の up と down はそれぞれ、回線の接続状況を示しており、up が接続状態、down

表 6 実験パラメータ

回線の帯域	1 Mbps
METHANE 情報送信間隔	1 sec
被災地情報送信間隔	5 sec
被災地情報の情報量	1.67[Mbyte](3264px*2446px)
サムネイルの情報量	80 [Kbyte](408px*306px)
実験時間	160 sec

が切断状態である。それぞれの回線の接続状態を一定間隔ごとに変更することで、災害時の無線区間を再現している。以下に (1) の実験で実施した状況について示す。

- METHANE 情報のみ
- METHANE 情報と被災地情報を分離した場合
- METHANE 情報と被災地情報を分離しなかった場合

(3) の実験では、それぞれの回線の理論値を異なる値に定め、余剰帯域に基づく回線選択が行えているのかを確認した。また回線の切断時や接続検知時に、フローテーブルへの変更が行えているのか確認した。各回線の使用量の測定を 20 秒間隔で行い、各回線の接続状況の検知は 1 秒間隔で行った。今回の実験で使用したパラメータを表 6 に示す。

4.2 METHANE 情報への影響

図 9 に回線の分離に伴う METHANE 情報の収集時間を示す。実験において、全回線が切断される前では METHANE 情報の収集時間に差は見られなかった。また収集時間の差が見られたのは、全回線切断時以降であり、回線が 2 回線存在し、中間サーバから被災地情報が送り出される 1-E の区間である。区間 1-A,1-B において影響が見られなかった原因として、METHANE 情報の情報量が小さいため、今回

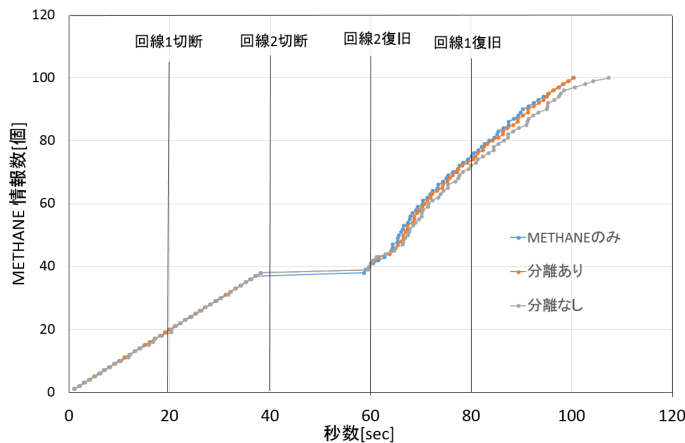


図 9 回線の分離に伴う METHANE 情報への影響

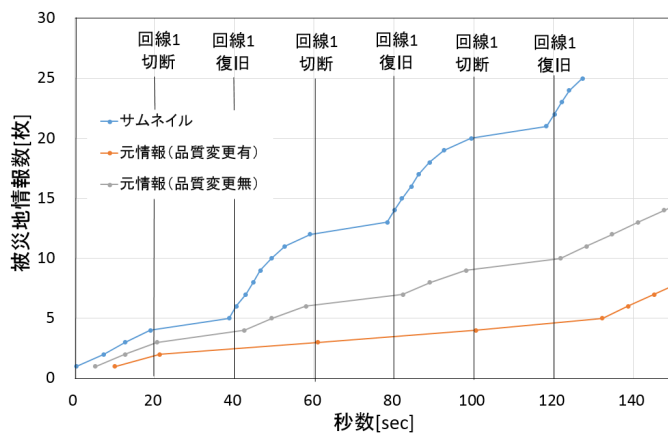


図 10 中間サーバによる品質変更に伴う被災地情報収集時間

の実験環境では回線への生じる負荷が小さく、METHANE 情報の伝送に影響を与えるものでなかったことが考えられる。また全回線切断後に影響が生じた理由として、中間サーバからの送信の速度と回線の急激な使用量の増加が考えられる。切断中に中継器に届いた情報は中間サーバへ転送され、情報の蓄積が行われる。そのため、回線復旧時には、被災地情報の急激な送り出しが行われることになる。METHANE 情報のみしか送信しない場合では、多量の METHANE 情報が送信されるとしても中間サーバや回線に掛かる負荷は小さい。しかし、回線を分離せずに被災地情報の送信を行うと、回線が二回線以上の場合に中間サーバから被災地情報が送り出される際に中間サーバや回線に急激な負荷が生じることになるため、METHANE 情報の送り出しや伝送速度に影響が生じていると考えられる。

4.3 中間サーバでの品質変更

実験 2 において、中間サーバによる品質変更を実施した場合としなかった場合におけるメインサーバが被災地情報を収集するまでの時間を図 10 に示す。

回線が 1 回線以下になった場合、被災地情報の送信は行われない。区間 2-B, 2-D, 2-F では回線本数が 1 回線に

表 7 被災地情報に用いられる回線

区間	3-A	3-B	3-C
経過時間 [sec]	0-60	60-120	120-160
回線 1	up	down	up
回線 2	down	up	down

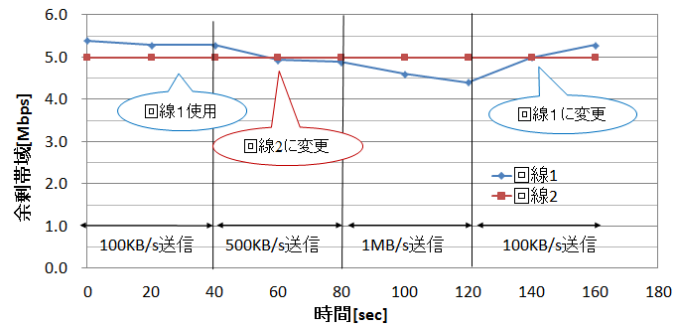


図 11 回線変更

なっていることから、中間サーバから被災地情報が送信されておらず、回線の本数に応じた送信状況の変化が確認できる。また、サムネイルの収集時間は品質を変更しなかった場合に比べて、メインサーバへの収集時間が短くなっていることが見て取れる。これはサムネイルが元情報に比べて、情報量が小さいためである。また、品質を変更した場合の元情報の収集時間は、サムネイルに比べて長くなっていることが見て取れる。これは、サムネイルを作成した場合の元情報は、サムネイルが中間サーバに蓄積されていない場合にのみ送信されるからである。そのため、今回の実験のような、定期的に被災地情報が送信される場合には、元情報は送信されないためである。

このことから、中間サーバによる情報品質の変更は、元情報の収集時間は長くなるが、サムネイルを作成することで被災地情報の迅速な収集と元情報の送信の両立を可能にできることを確認した。

4.4 回線変更

実験 3 では、スループットの理論値の異なる回線を使用し、PC1 から送出する情報量を変更することにより、余剰帯域による動的な回線変更の様子を確認する。PC1 は 40 秒間隔ごとに送信量を変更している。これは、今回の実験では、20 秒間隔ごとに回線の使用量を測定しているためである。PC1 は、はじめの 20 秒は 100KB/s のパケットを送信し、その後 20 秒ごとに 500KB/s, 1MB/s, 100KB/s の順番にパケットの送信量を変更した。各回線の余剰帯域の変化を図 11、被災地情報に用いられている回線を表 7 に示す。今回の実験では、回線のスループットの測定は 20 秒間隔ごとに行った。区間 3-A では回線 1 の余剰帯域が回線 2 に比べ大きいので、回線 1 に対して被災地情報のフローが割り当てられた。区間 3-A を過ぎると回線 2 の方が余剰帯域が大きいため、区間 3-B において被災地情報の送信は

回線 2 に割り当てられた。その後、PC1 から送出される情報が少なくなると回線 1 の方が余剰帯域が大きくなり、被災地情報の送信が回線 1 に割り当てられた。このことより、余剰帯域に合わせた動的な回線選択が行えていることが確認できた。

5. おわりに

本稿では、中継器と Gateway スイッチ間の無線区間に焦点を当て、OpenFlow を用いて、METHANE 情報の伝送に影響を与えることなく、被災地情報を迅速に収集する手法を提案した。具体的な手法はコンテンツごとのフローの分離による状況に応じた動的な回線変更と中間サーバにおける情報品質の変更の 2 つである。

METHANE 情報に影響を与えることなく、被災地情報を収集するために、中継器において METHANE 情報と被災地情報のフローを分離することで、別々のフローエントリの割り当てを行い、異なる回線の使用を可能にした。

また、中継器は、使用可能な回線数を監視しており、その本数に応じて送り出すコンテンツを決定する。それぞれの回線に対して、余剰帯域と呼ばれるパラメータを設け、そのパラメータの大小に応じて各コンテンツに割り当てる回線を決定することで、より迅速な被災地情報を収集を可能にした。

中間サーバに届いた被災地情報は、中間サーバにおいて複製が行われ、サムネイルが作成される。中間サーバでは被災地情報のサムネイルから随時、メインサーバ宛てに送信を行い、サムネイルが全て送信し終わった際に元情報の送信を開始する。この時、元情報の送信中に新たに画像情報が届いた際には、元情報の送信を中断し、新たに届いた被災地情報のサムネイルから先に送信する。これにより、高品質の情報の提供を可能にした。

本稿では提案手法の実装を行い、実験環境を構築して動作確認と中間サーバにおいて情報の品質を変更することによって、被災地情報収集時間にどのような影響を及ぼすのかを検証した。その結果、提案手法の全ての機能が正しく動作していることを確認した。また中間サーバにおいて情報の品質を変更することで、被災地情報の迅速な収集と回線の状況に応じた品質の良い情報の提供を両立できることを確認した。

謝辞 本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE) 先進的アプリケーション開発推進型研究開発 (140202004) の支援により行われました。

参考文献

- [1] 小滝晃 東日本大震災緊急災害対策本部の 90 日- 政府の初動・応急対応はいかになされたか-。ぎょうせい (2013)。
- [2] Kitsuta, Y., Niiyama, S., Ushijima, K., Nakajima, S., Gunshin, M., Ishii, T., Nakamura, K., Matsubara, T., Yamaguchi, D., Katada, S., and Komatsu, K.: Use-

fulness of modified methane report as the communication method between hospital and medical team during the east japan earthquake. Japanese Journal of Trauma and Emergency Medicine (Jpn J of Trauma and Emerg. Med.), Vol. 3, No. 1, pp. 5-12(2012).

- [3] 福井良太郎, 嶋津恵子, 重野寛: 大規模災害急性期サーチ・アンド・レスキュー支援システム. 情報処理学会研究報告. ITS, Vol. 2014, No. 3, pp. 1-6(2014)。
- [4] 嶋津恵子: 準天頂衛星を通信基盤とした災害急性期救命支援システムのデザイン構想- NATO 開発 METHANE レポートの国際対応版への拡張-. 電子情報通信学会技術研究報告= IEICE technical report : 信学技報, Vol. 114, No. 87, pp. 85-90(2014).
- [5] Open Networking Foundation : OpenFlow, [https://www.opennetworking.org/sdn-resources/openflow\(2015\)](https://www.opennetworking.org/sdn-resources/openflow(2015)).
- [6] Tabata, S., Ueda, K., Fukui, R., Shimazu, K., and Shigeno, H. : Disaster information gathering system based on web caching and openflow in unstable networks. The 30th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, IEEE, pp17-24(2016).
- [7] Col. Dr. Ingo Hartenstein : Medical Evacuation in Afghanistan: Lessons Identified! Lessons Learned? Medical Challenges in the Evacuation Chain(2008).
- [8] National Geospatial-Intelligence Agency. NGA: DMATECHNICAL MANUAL 8358.1. [http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tm8358.html\(2015\)](http://earth-info.nga.mil/GandG/publications/tm8358.html(2015)).
- [9] 西山潤, 多幡早紀, 上田紘平, 重野寛: 情報品質を考慮した災害情報収集手法の提案. 情報処理学会第 78 回全国大会., pp.3.323-3.324(2016).
- [10] Open Networking Foundation : OpenFlow Switch Specification, [https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.4.0.pdf\(2015\)](https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-spec-v1.4.0.pdf(2015)).
- [11] RYU project team. OpenFlow プロトコル- Ryubook1.0 ドキュメント. [https://osrg.github.io/ryubook/ja/html/openflowprotocol.html\(2016\)](https://osrg.github.io/ryubook/ja/html/openflowprotocol.html(2016)).
- [12] Python Software Foundation. wsgiref - wsgi ユーティリティとリファレンス実装-python2.7x ドキュメント. [http://openvswitch.org/\(2016\)](http://openvswitch.org/(2016)).
- [13] Open vSwitch. Open vswitch. [http://openvswitch.org/\(2015\)](http://openvswitch.org/(2015)).
- [14] Iperf.fr. Iperf - the tcp/udp bandwidth measurement tool. [https://iperf.fr/\(2016\)](https://iperf.fr/(2016)).