

概要	ii
第 1 章 はじめに	- 1 -
第 2 章 既存システムとその課題	- 3 -
第 3 章 提案システム	- 4 -
第 3.1 節 ねらい	- 4 -
第 3.2 節 WAPL による IP 網の構築	- 5 -
第 3.3 節 代行メールサーバ SMS の概要	- 7 -
第 4 章 SMS	- 8 -
第 4.1 節 メール通信の分類	- 8 -
第 4.2 節 端末の立ち上げ	- 9 -
第 4.3 節 SMS を用いたメールの送信	- 11 -
第 4.4 節 SMS を用いたメールの受信	- 12 -
第 5 章 評価	- 14 -
第 6 章 むすび	- 15 -
謝 辞	- 16 -
参 考 文 献	- 17 -
研 究 業 績	- 18 -

概要

災害発生時に適切な判断を行い、二次被害を防止するためには、現在の被災状況、知人の安否、避難所の場所などの情報を確実に入手する必要がある。大災害後の通信手段としては、すでにさまざまなサービスの提供が行われている。しかし、慣れない操作をする必要があったり、特定のサイトへアクセスしないとサービスを利用できなかつたりなどの課題がある。非常時にのみ動作するサービスでは、ユーザは緊急時に利用しない可能性がある。さらに従来のサービスは、通信トラヒックの輻輳や、インフラの物理的破壊によりネットワーク自身が利用できないような状況を想定していないという課題がある。本研究では通信環境が再起不能な被害を受けた地域に対して、無線メッシュネットワーク WAPL(Wireless Access Point Link)を適用し、つなぎの通信インフラを構築することによってこの課題を解決する。さらに代理メールサーバ(SMS:Substitute Mail Server)を設置し、被災者に対し被災地内外での通信手段を提供する方法を述べる。被災者は WAPL や SMS の存在を意識することなく被災者どうし、および被災地外部の人との間でメールを交換できる。また被災者は、サービス提供者側から災害情報をメール形式で受け取ることができる。

第1章 はじめに

地震や津波などの大災害発生時には、適切な意志決定を行い、二次被害を最小限に留めることが重要である。被災者自身が自分の置かれた状況を的確に判断し有効な処置を取るためには、信頼できる公的機関から確実に情報を入手でき、かつ被災地内外の人々が情報を交換できることが不可欠である。このため大災害後の通信手段として、さまざまな通信サービスの提供が行われてきている。

我が国においては阪神・淡路大震災後、災害対策に関するサービスの提供や研究が活発に進められるようになった。災害時の安否確認の連絡手段で現在実用化されているものとして災害用伝言ダイヤル[1]と携帯用伝言板[2][3][4][5]があげられる。災害用伝言ダイヤルでは、被災者は電話網を用い安否情報等をボイスメールで保存する。しかし電話網は輻輳が発生しやすいうえ、災害時に通信事業者により通信規制がかけられることがある。一方携帯用伝言板サービスは、携帯電話事業者間の連携がとられていないのが現状であり運用の統一性確保が重要な課題である。また、両者とも被災者がそのシステムの存在を知らなければ使用できず、仮にこれらのサービスの存在を認識していても、利用するには通常時と異なる操作が必要なためユーザが上手く活用できない可能性がある。一方、企業向けのシステムとしては、商用の安否確認サービスが存在する[6]。このシステムでは、災害が発生すると事前に登録を行った社員に対して安否確認メールを一斉送信する。しかし、事前登録が必須でありかつ有償のサービスのため、万人が利用できるものではない。上記いずれの方式においても、通信インフラが破壊されると利用できない。通信インフラの構築が可能なものとしては、研究段階のものとして無線メッシュネットワークを用い、被災地に一時的な通信インフラを再構築するシステムがある[7][8]。しかし、被災者間で利用できるアプリケーションまで考慮したものは少ない。

本研究では被災によって通信手段が確保できない場合に備え、既存のサービスが復旧するまでの間利用する応急の通信インフラを短時間で構築し、通信が途絶した地域に対し被災者が使いやすい通信環境を提供することを目的とする。通信環境の再構築には、無線メッシュネットワーク WAPL(Wireless Access Point Link)[9][10]を適用する。被災地にアクセスポイントを適切に設置することにより、一時的に IP 網の通信インフラを構

築する。さらにこの環境下において代行メールサーバ SMS(Substitute Mail Server)を設置し、被災地内外でのメール交換を可能とする。被災者間で行える通信を、キャラクターベースのメール通信のみに限定することにより、トラヒックの輻輳を防止する。被災者は本提案システムの存在を知らなくても通常のメール操作で情報交換ができる。普段利用しているメールサーバが被災によって利用不能になった場合でもメール通信が可能である。更にサービス提供者側からの災害情報をメール形式で受け取ることができる。なお本提案は無線 LAN が普及し、多くの端末に無線 LAN インタフェースが内蔵されていることを前提とする。

以下、2 章では既存システムとその課題について整理し、3 章では WAPL と SMS を用いた提案システムのモデルについて記述、4 章では SMS を利用したメール通信、5 章で評価を行い、最後に 6 章でまとめる。

第2章 既存システムとその課題

現在実用化されて全国的に利用できる災害時の連絡手段としては、災害用伝言ダイヤルと携帯電話を用いた災害用伝言板サービスの二つがある。これらのシステムの概要とその課題について説明する。

災害用伝言ダイヤルは NTT が提供しているシステムで、電話網を使って安否情報等をボイスメールで保存して伝達する。ユーザは電話番号をキーに、安否情報の登録や伝言の再生を行う。音声保存用のメールボックスは電話番号の下三桁の違いにより全国に分散されるようになっておりトラヒックの集中を緩和する工夫がされている。しかし電話網は構造上輻輳が発生しやすいうえ、災害時に公的通信を優先するため、一般ユーザに対して通信規制がかけられることがある。

携帯用伝言板サービスは被災地内のユーザが、定型メッセージと任意の 100 文字のコメントを携帯 Web 上に登録するサービスである。相手の安否を知りたいユーザは、携帯端末の電話番号をキーとしてメッセージの確認を行う。安否情報の閲覧は、インターネットからも可能である。しかし各携帯電話事業者が個別にサービスの提供を行っているため、事業者間の連携による運用の統一性確保が課題である。災害用伝言ダイヤル、携帯電話を用いた災害用伝言板サービスの両者に共通する課題としては、被災者がそのシステムの存在を知らなければ使用できない。その上、仮にこれらのサービスの存在を認識していても、利用するには通常時と異なる操作が必要なためユーザが上手く利用できない。また、特定のサイトへアクセスしてサービスを利用するので、通信インフラが破壊されると利用できない。新潟県中越地震クラスの地震が発生した場合、全国で 6 万もの集落が孤立する可能性があるといわれており [11]、ライフラインとなる通信環境を迅速に再構築することは重要な課題である。

第3章 提案システム

第3.1節 ねらい

2章での課題を受け、本研究では以下のようなシステムの実現を目指す。

- (1) ネットワークが利用できない状況にも対応できるように、被災地内に IP 網を構築し迅速に通信インフラを提供する。
- (2) 被災者が災害用通信網の存在を意識することなく、日常的に利用しているシステムを用いて情報のやりとりを可能とする。具体的には、通常時と同様の手順で被災地内外でのメール通信が行えるようにする。

上記目標を実現するため、まず被災地内に WAPL を用いて応急の IP 網を構築する。さらにこの環境を用いて、代行メールサービスを提供する。本環境下で被災者が行える通信をキャラクタベースの通信のみに限定することにより輻輳が発生しにくいネットワークを構築する。

第 3.2 節 WAPL による IP 網の構築

WAPL の構成例を図 1 に示す. WAPL で使用するアクセスポイントを WAP と呼ぶ. WAP はインタフェースを二つ持ち, WAP 間はアドホックモードにより結合し, 配下の端末に対してインフラストラクチャモードの通信を提供する. WAP 間通信用のルーティングプロトコルは自由に選択することが可能で, MANET (Mobile Ad-hoc Networks)[12] で検討されているプロトコルをそのまま適用することができる. WAP は Ethernet を完全にエミュレートしており, 端末は特殊な機能を保持する必要がない. 端末からは WAPL 全体が一つの LAN に見え, WAPL 内を自由に移動できる. WAP は基本機能の実装と確認を終えており, 今後 WAP に様々な機能を搭載していくことが可能である.

災害発生後, 被災地内 (以下, 内部) での通信が困難になると, WAP を現地に人手などで配置し, 無線メッシュネットワークを構築する. WAPL と被災地外 (以下, 外部) との通信を確立するには外部接続用 WAP (以下 EWAP:Extended WAP) が必要である. 図 2 に EWAP の構成を示す. EWAP には DNS サーバ, DHCP サーバ, デフォルトゲートウェイ機能を搭載する. デフォルトゲートウェイは何らかの手段で外部と接続しているが, この方法については本研究の範囲外である. なお, WAPL はデフォルトゲートウェイを分散設置することも可能である.

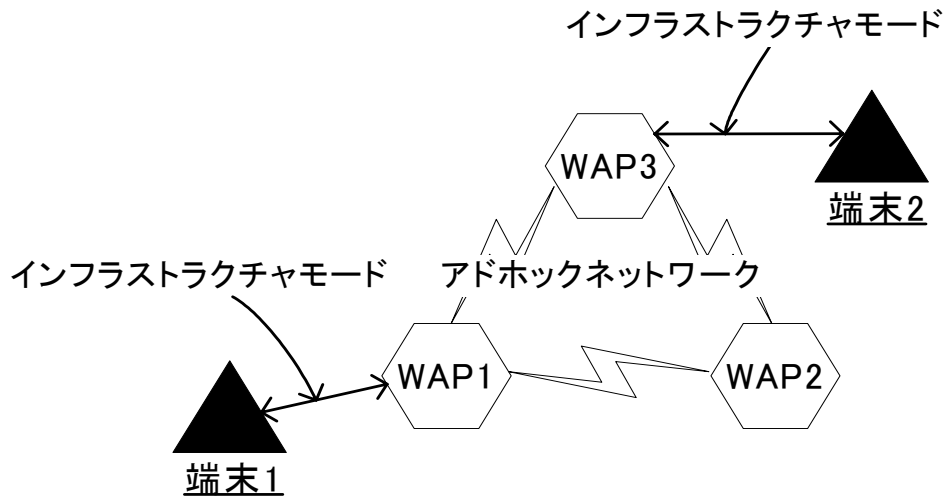


図 1 WAPL の構成例

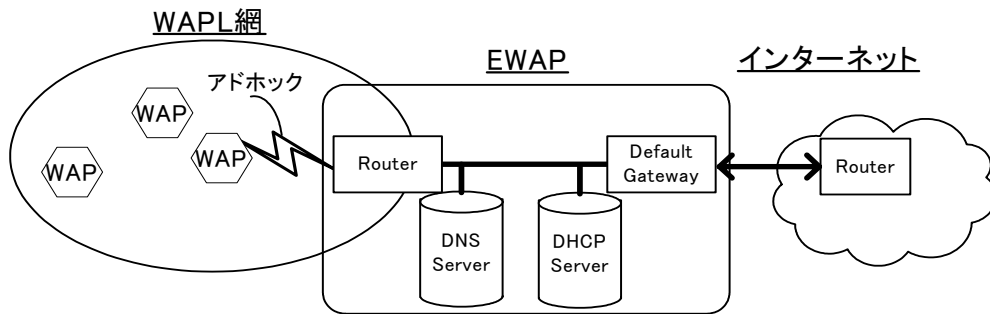


図 2 EWAP の構成

第 3.3 節 代行メールサーバ SMS の概要

SMS とは、メール通信を提供する代行メールサーバである。SMS は、内部の端末に対してメール通信環境を提供する。図 3 に被災地内外のメールサーバの配置を示す。内部の端末 A1 がメール通信を行う上で想定される状況を考えて A1 のメールサーバが外部に存在し正常に動作している場合(a)と、端末 A1 のメールサーバが内部にあり被災のため接続不能な場合(b)に分けられる。端末 A1, 端末 A2, SMS はそれぞれ最近接の WAP と接続している。端末 A1,A2 は SMS 内にメールボックスを作成し、それを利用して被災地内外でのメールのやりとりを行う。メールボックスの生成の方法は 4.2 節で記述する。端末 B1 と、端末 B1 が通常利用しているメールサーバ B1 は、外部に存在し、正常に動作しているものとする。ここで外部の端末 B1 のメールサーバが被災地内部に存在する場合も想定できるが、今回はこのようなケースは考慮しない。次章では本モデルを踏まえ、被災地内外で起こりうるメール通信を整理し、SMS を用いたメールの送受信方式について記述する。

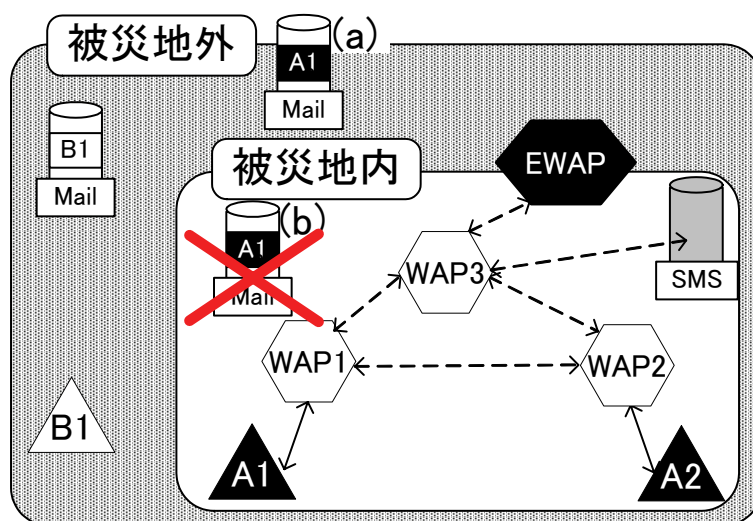


図 3 被災地内外のメールサーバの配置

第 4 章 SMS

第 4.1 節 メール通信の分類

端末 A1 が実現すべきメール通信を表 1 に表す。以後、内部→内部へのメール通信を“被災地内メール”，内部→外部へのメール通信を“外部宛メール”，外部→内部へのメール通信を“内部宛メール”と呼ぶ。表 1 の中で最も検討を要するのは内部宛メールであるため，内部宛メールの条件を更に分類する。図 3(a)のように A1 のメールサーバが外部に存在し正常に動作している場合は，端末 B1 は通常の動作で端末 A1 に対してメールを送信すればよい。(b)のように端末 A1 のメールサーバが内部にあり被災のため接続不能な場合は SMS を代理のメールサーバとして用いる。この場合は，端末 A1 が事前に端末 B1 宛に外部宛メールを送付しておき，端末 B1 に対して SMS を利用していることを伝える必要がある。端末 B1 は SMS に対してメールを送信することにより，端末 A1 への内部宛メールを実現することができる。内部宛メールの受信方法については 4.4 節で記述する。

表 1 端末 A1 が実現すべきメール通信

	送信元	宛先
被災地内メール	A1	A2
	A2	A1
外部宛メール	A1	B1
内部宛メール	B1	A1

第 4.2 節 端末の立ち上げ

図 4 に内部端末の立ち上げ手順と、代行メールボックス生成までのシーケンスを示す。WAP は適切な配置を終え、ネットワーク環境が既に構築されているものとする。端末の電源を入れると、端末は DHCP サーバに対して IP アドレスを要求する。この要求は最寄の WAP を介し、EWAP 内の DHCP サーバまで届く。端末は IP アドレスと共に、EWAP 内のデフォルトゲートウェイ、DNS サーバの IP アドレスを取得する。

次に代行メールボックスの生成手順を示す。内部の被災者端末は通常の手順でメールを送信する。端末が接続している WAP は宛先ポート番号が 25 番、または 587 番のときメール送信のセッション開始を検知し、このセッションの間、パケットの宛先を SMS の IP アドレスへと強制的に変更する。このとき IP ヘッダのチェックサム、TCP ヘッダのチェックサムも同時に書き換える。上記動作により被災地内の端末がメールを送信する場合、必ず SMS を通してメールを送信することになる。端末からの最初のメール送信要求を受け取った SMS は、端末の送信元メールアドレスを名前とした SMB(Substitute Mail Box)を新規に作成する。ただし端末が SSH(Secure Shell) や IPsec(Security Architecture for Internet Protocol)などのセキュリティプロトコルを用いてメールの送信を行っている場合、SMB を作成することができない。SMS の管理者は内部ユーザが作成した SMB に向けてメールを送信することが可能で、この機能を用いて災害情報を被災者に通知することができる。SMB のパスワードは、端末の MAC アドレスを用いる。MAC アドレスの情報は WAP 経由で入手することが可能であり、内部ユーザが意識する必要はない。

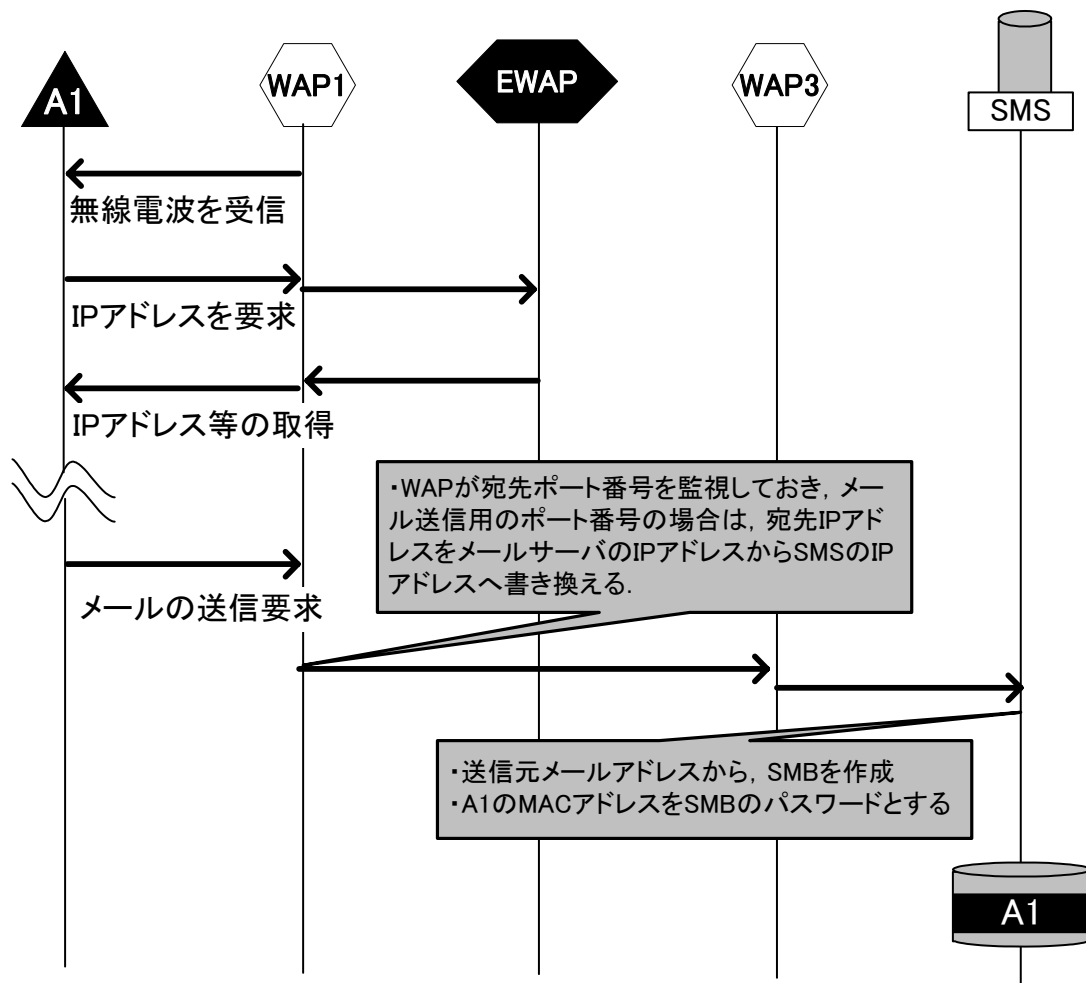


図 4 端末と SMS の接続シーケンス

第 4.3 節 SMS を用いたメールの送信

端末 A1 からのメールを受け取った SMS は、宛先メールアドレスに対応する SMB が存在するかどうかを確認する。SMB が存在するとき、SMS は被災地内メールとみなし、宛先 SMB に対してメールを転送する。宛先に対応する SMB が存在しない場合、SMS は外部宛メールとみなし、メールを B1 のメールサーバに送信する。このとき、外部に存在する端末に対して SMS を利用していることを知らせるために、SMS はメールのメッセージの末尾に、SMS を利用している旨と、対応するメールアドレス (SMA:Substitute Mail Address) を挿入する。端末 A1 から端末 A2 への被災地内メールにおいて、端末 A2 の SMB が事前に SMS 内に作成されていない場合もある。この状況は、端末 A2 のメールサーバが被災地外に存在し接続可能な場合、端末 A2 のメールサーバが被災地内にあり接続不能な場合に分類できる。端末 A2 のメールサーバが被災地外に存在する場合、SMS は、端末 A1 から端末 A2 への被災地内メールを外部に存在する A2 のメールサーバへ送付する。端末 A2 は端末 A1 からのメールを内部宛メールとして受信できる。端末 A2 のメールサーバが被災地内に存在しており接続不能な場合、端末 A1 から端末 A2 への被災地内メールはメールサーバの機能により、一時的に配送不能なメールとして処理され、一定の間メールの再送が行われる。この間に端末 A2 がメールを送信し SMS 内に SMB を作成すると、端末 A1 からの被災地内メールを受信できる。

第 4.4 節 SMS を用いたメールの受信

図 5 に端末 A1 が SMS を利用してメールを受信する方法を示す。端末 A1 は、被災地内メールについては SMS 経由で受信し、内部宛メールについては普段利用しているメールサーバ経由と SMS 経由の両方でメールを受信する必要がある。このとき、被災者がメールサーバとの間を暗号化している場合も考慮する必要がある。以下に上記を実現するための方法を述べる。図 5 において、被災地内の端末 A1 がメールの受信を行うとき、WAP1 は宛先ポート番号を監視し、ポート番号が 110 番のとき、メール受信のセッションが開始されたことを検知する。WAP1 はメール受信要求を、セッションごとにパケットをそのまま通す場合（外部に存在するメールサーバからメール受信する場合）と SMS へ接続を行う場合（SMS からメール受信する場合）とに分ける。この動作により、端末 A1 は被災地内メールと内部宛メールの両者を受信できる。ただし被災者は 2 回以上メール受信動作を繰り返す必要がある。このようにする理由は A1 と A1 のメールサーバ間がエンドエンドで暗号化を実施している場合にも対応するためである。SMS からメールを受信する場合は、WAP がパケットの宛先 IP アドレスを SMS の IP アドレスへと変更する。この動作によって被災地内の端末がメールを受信する場合、SMS に対してメールの受信要求をすることになる。受信要求を受け取った SMS は、MAC アドレスによる認証のみを行う。その後端末 A1 は、事前に作成しておいた SMB 内に届いたメールを受信する。今回の方式では、端末が宛先ポート番号 110 番を利用したメールの受信方式、例えば平文での認証や、APOP での認証[13]、AUTH コマンドを用いた認証[13]、STLS メッセージを用いた通信経路の暗号化[14]などメールサーバ側からのメッセージがトリガとなってパケットのペイロードレベルで暗号化が行われる方式には対応可能である。ただし端末が SSH(Secure Shell)や IPsec(Security Architecture for Internet Protocol)などのセキュリティプロトコルを用いてメールサーバからの受信を行っている場合、SMS からメールを受信することはできない。

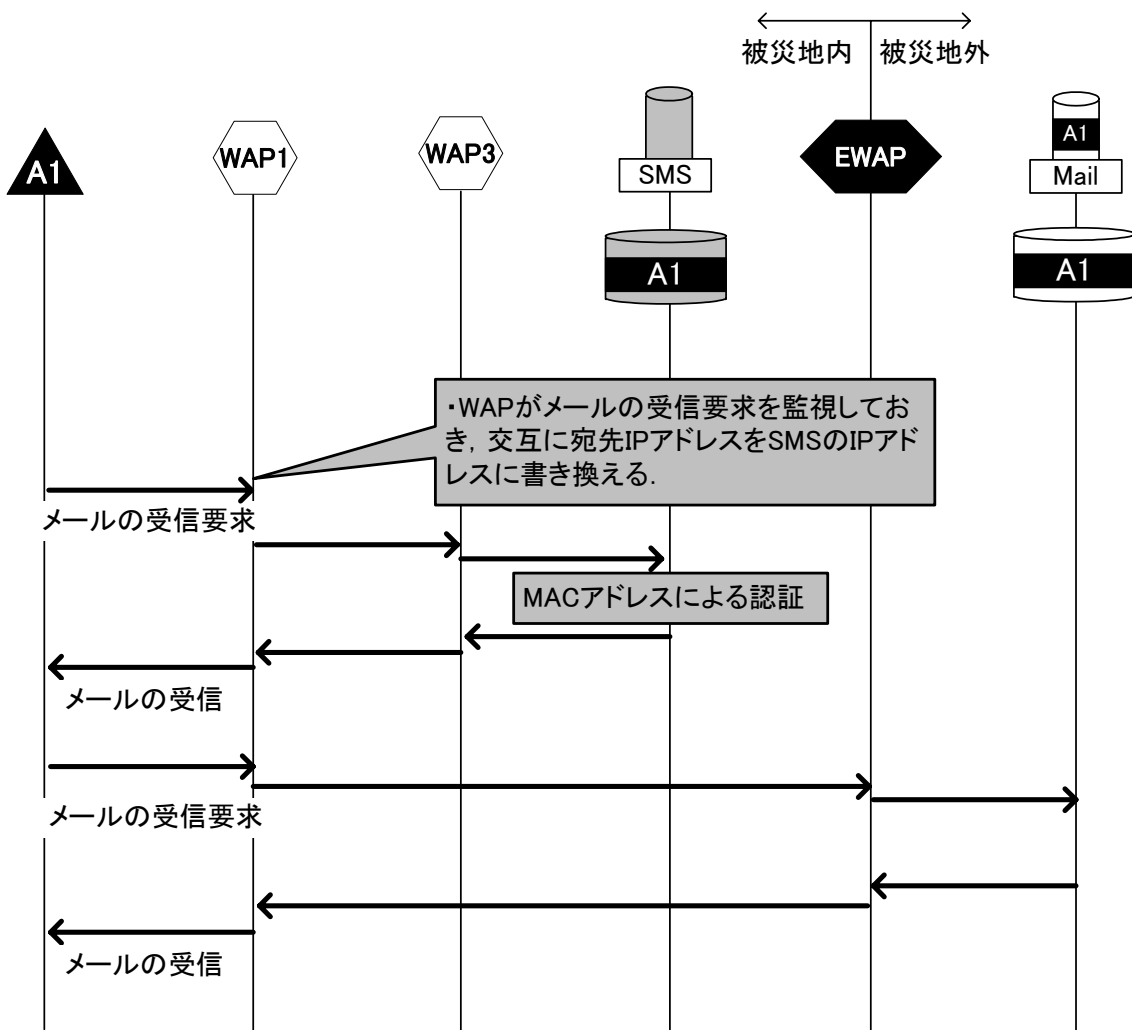


図 5 被災地内メール, 内部宛メールの受信シーケンス

第5章 評価

既存システムと提案システムの比較を表2に示す。

表2 既存システムと提案システムの比較

	災害用伝言ダイヤル	携帯用伝言板サービス	提案システム
インフラの再構築	×	×	○
トラヒックの輻輳	×	○	○
システムの利用しやすさ	×	×	○
システムの準備時間	○	○	×

“インフラの再構築”に関して、NTT 災害用伝言ダイヤルと携帯用伝言板サービスはインフラが使えない状況ではシステムを利用することができないが、本システムでは通信が途絶した地区に対して、一時的に利用可能な IP 網を構築し通信を可能としている。“トラヒックの輻輳”に関して、NTT 災害用伝言ダイヤルは電話網を利用するためトラヒックが輻輳しやすく、通信事業者の通信規制により使えなくなることがある。携帯用伝言板と提案システムはキャラクタベースのパケット通信であり、また提案システムでは、被災者間の通信はキャラクタベースの通信のみを許可することによりトラヒックの輻輳を抑えることができる。“システムの利用しやすさ”に関して、NTT 災害用伝言ダイヤルと携帯用伝言板サービスは、被災者がシステムの存在を知らなければ利用できないが、本提案システムでは、メールという通常の手順をそのまま利用でき、さらにメールの形式で災害情報を取得することができる。”システムの準備時間“に関してNTT 災害用伝言ダイヤルと携帯用伝言板サービスは、特別な準備は必要ないが、提案システムでは被災地に WAP を持ち込み適切に配置する作業が必要である。

第 6 章 むすび

通信途絶地域に対し、WAPL を用いて IP 網による通信インフラの構築を行い、擬似メールサーバ SMS を用いて、被災地内部、外部間でメール通信を可能とするシステムを提案した。本システムを適用することにより、通常利用しているメールサーバが破壊された場合も含めて、被災者は通常時と同様の手順で、メールの送受信が可能となる。さらに SMS 内にメールボックスを作成したユーザに対して、メール形式で、災害情報を提供することも可能である。

今後は、提案方式の実装と、動作検証を行う予定である。また本方式の Web メールへの対応、さらに、被災者の位置によって必要な情報をプッシュ型で提供するシステムなどについても検討を進める予定である。

謝 辞

本研究に関して、研究の方向や進め方など終始にわたり御指導、御助言を賜りました指導教官の渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。

論文作成にあたり、副査の小川明教授、高橋友一教授、宇佐見庄五助教には貴重なコメントや至らないところを指摘していただき深く感謝致します。

また、本研究を行うにあたり、本研究室の皆様にも多くの方々から多大な助言と協力を承り、深く感謝しております。とりわけ WAPL グループに配属されて以来、3年の間深い議論をして頂いた、伊藤将志氏、加藤佳之氏に心より感謝致します。

最後に、研究を進めていく中、いつも暖かく支えて頂いた両親に心より感謝いたします。

参 考 文 献

- [1]<http://www.ntt-west.co.jp/dengon/>
- [2]<http://www.nttdocomo.co.jp/info/disaster/>
- [3]<http://www.au.kddi.com/notice/dengon/index.html>
- [4]<http://mb.softbank.jp/scripts/japanese/information/dengon/index.jsp>
- [5]<http://dengon.willcom-inc.com/>
- [6]<http://www.secomtrust.net/service/ekakusin/anpi.html>
- [7]間瀬憲一, “大規模災害時の通信確保を支援するアドホックネットワーク”, 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.9, pp796-800, Sep.2006.
- [8]大和田泰伯, 鈴木裕和, 岡田啓, 間瀬憲一, “中山間地におけるメッシュネットワーク: 山古志ねっとの構築”, 電子情報通信学会 総合大会, BS-5-1, pp.S27-S28, Mar.2007.
- [9] 伊藤将志, 鹿間敏弘, 渡邊晃, “無線メッシュネットワーク” WAPL” の提案とシミュレーション評価”, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.6, June 2008. 掲載予定
- [10]加藤佳之, 伊藤将志, 渡邊晃, “無線アクセスポイントリンク”WAPL”の提案と評価”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2007) シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウム, Vol.2007, No.1, pp.1-8, June 2007.
- [11]中沢淳一, 高橋謙三, “情報通信ネットワークの災害対策”, 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.9, pp782-786, Sep.2006.
- [12] <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>
- [13] J. Myers, "POP3 AUTHentication command", RFC1734, Dec.1994.
- [14] C. Newman, "Using TLS with IMAP, POP3 and ACAP", RFC2595, June 1999.

研 究 業 績

1.学術論文

なし

2.国際会議

Koji Yamazaki, Masashi Ito, Akira Watanabe, "Reconstructing a Communication Infrastructure in a Time of Disaster", Proceedings of the IEEE International Region 10 Conference 2006 (TENCON2006), Nov.2006.

3.口頭発表

[1]山崎浩司, 小島崇広, 市川祥平, 渡邊晃, "無線アクセスポイントリンク" WAPL" のアーキテクチャとハンドオーバーの検討" 平成 17 年度電気関係学会東海支部連合大会論文集, Sep.2005.

[2]山崎浩司, 小島崇広, 市川祥平, 竹尾大輔, 渡邊晃, "WAPL のアーキテクチャとハンドオーバーの実現方式", 情報処理学会第 68 回全国大会講演論文集, Mar.2006.

[3]山崎浩司, 伊藤将志, 渡邊晃, "災害時に通信インフラを再構築する研究", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2006) シンポジウム論文集, Vol.2006, No.6, pp.237-240, July 2006.

[4]山崎浩司, 伊藤将志, 渡邊晃, "被災地内に通信インフラを再構築する研究", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2007) シンポジウム論文集, 情報処理学会シンポジウム, Vol.2007, No.1, pp.744-748, June 2007.