

災害時に通信インフラを再構築する研究

山崎 浩司 伊藤 将志 渡邊 晃

名城大学大学院理工学研究科

A study about reconstruction of communications infrastructures in a time of disaster

Koji Yamazaki Masashi Ito Akira Watanabe

Graduate School of Science and Technology, Meijo University

1. はじめに

災害時には、家族や友人などに自分の安否を知らせる人や、被災地にいる人を心配して連絡する人などにより、ネットワークのトラヒックが輻輳し、通信環境が麻痺する場合があります。また、中継ケーブルの断線や基地局の倒壊などにより、通信環境自体が機能しない場合もある。阪神・淡路大震災、新潟県中越地震など、大きな災害が発生するたびに通信環境が使えない状況が発生し、問題になっていたことが報告されている。現在実用化されている災害用通信サービスは、被災者がその存在を知らないと利用できず、また、通常とは異なる操作が必要になるという課題がある。さらに、これらのサービスは通信環境自体が破壊されると利用できない。

そこで本研究では、ネットワークが使えない状況にも対応できるように、通信インフラを短時間で再構築でき、かつ特殊な操作が不要で、通常と同様な通信環境を被災者に提供することを目的とする。通信環境の再構築には、独自に開発を進めている無線メッシュ・ネットワーク構築システム WAPL(Wireless Access Point Link)[1][2][3]を適用する。被災地にアクセスポイントを適切に配置することにより、一時的に無線 LAN のインフラ環境を構築する[4]。災害用通信サービスとして、メール機能や、データベースの災害用 HP へのアクセスを提供する。このようにデータベースの通信に限定することにより、トラヒックの輻輳が発生しにくいネットワークを構築する。なお本提案は、無線 LAN が普及し、多くの通信端末に無線 LAN インタフェースが内蔵されていることを前提とする。

2. 既存システムとその課題

日本では、阪神・淡路大震災後、災害対策に関するサービスの提供や、研究が進められるようになった。現在実用化されている災害時の安否確認の連絡手段としては、NTTの災害用伝言ダイヤル[5]と、IAA(I Am Alive)システム[6]がある。NTT 災害用伝言ダイヤルは、電話網を用いたボイスメールシステムであるが、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り、サービスが利用できなかった事例が報告されている。IAA システムは、記入項目が多く、登録操作が面倒という課題がある。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うことができず、普段使用していないので操作にも不慣れである。さらに、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。

3. 提案方式

3.1. 構築システムの目標

上記のような従来システムの課題を受け、本研究では下記のようなシステムを実現する目標を立てた。

ネットワークが使えない状況にも対応できるように、インフラを自律的に構築できるシステムであること。

被災者は、災害用通信網の存在を意識することなく、特別な操作が不要であること。

トラヒックの輻輳が発生しにくいこと。常にインターネットとの接続を確保できること。

これらの目標を実現するため、現在研究中の WAPL とラジコンヘリを組み合わせ、インターネットへの接続環境を実現する。この環境を用いて、擬似メールサーバと災害 HP を提供する。

3.2. WAPL

提案方式では、通信環境の再構築のために WAPL を使用する。WAPL とは、独自の無線メッシュ・ネットワーク構築システムである。図 1 に WAPL の構成例を示す。以下、WAPL で使用するアクセスポイントを、WAP (Wireless Access Point) と呼ぶ。WAP は、無線インタフェースを二つ持つ。一つは、配下の端末とインフラストラクチャモードで通信を行う。もう一つは、WAP どうしてアドホックモードにより通信を行う。WAP 間通信用のルーティングテーブルは、アドホックルーティングプロトコルにより自動生成する。WAP を適切に配置すれば、WAP 間で通信環境を自律的に生成するので、無線 LAN エリアを容易に構築することが可能となる。

WAPL では、端末から送信されたフレームは、最寄りの WAP によりカプセル化される。カプセル化されたフレームは、相手端末が属する WAP までマルチホップで転送される。カプセル化されたフレームを受信した宛先 WAP は、デカプセル化をして、配下の端末にフレームを送信する。このようにして WAP 間通信はイーサネットをエミュレートする。よって、通信端末は WAPL の存在を意識せずに、通信を行うことが可能である。

WAP は市販のアクセスポイントと PC の組み合わせで実現されており、WAP に様々な機能を搭載することが可能である。

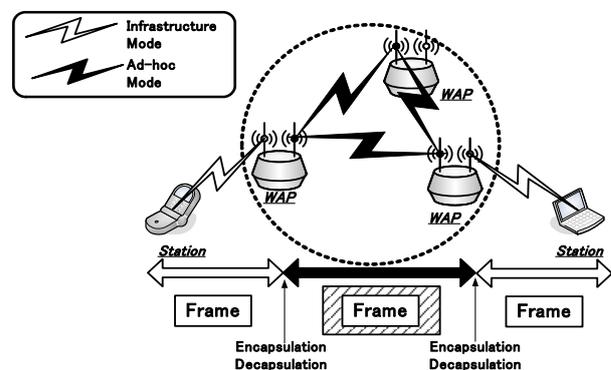


図 1.WAPL の構成例

3.3. WAPL による通信環境の構築

提案方式のイメージ図を図 2 に示す。被災地の広さは 2km 四方、被災地からインターネット接続施設までの距離は 10k

mを想定する。災害発生後、被災地での通信が困難になると、レスキュー隊員は、大量のWAPを積んで被災地に出動し、WAP同士が確実に通信できるように配置する。配置方法は、人手により配置したり、上空から落下させるなどの手段が考えられる。WAP同士がアドホックネットワークを形成することにより、被災地にネットワークが自律的に生成される。インターネットへのアクセス[7]には外部接続用WAP(EWAP: Extended WAP)経由で接続する。EWAPにはDNSサーバ、DHCPサーバ、デフォルトゲートウェイ(DGW)機能が搭載される。

ラジコンヘリは、遠隔地に設置するインターネット接続施設との間で、無線通信を行うためのものである。インターネット接続施設(小学校などの公共施設)には、無線アンテナを設置する。被災地からアンテナまでの通信は、EWAPからラジコンヘリを中継し、長距離無線を用いて接続する。ラジコンヘリは、地上から特殊ケーブル(給電線と光ファイバ)を通じて電源を供給することにより飛行し続ける。強風時にはホバリング飛行を行い、姿勢を保つことが可能である。

防災管理センターは、インターネット上の適切な場所に常時準備しておくべき設備であり、管理装置、疑似メールサーバ、災害HP用のWebサーバが設置されている。管理装置は、WAPからの位置情報を受信し、WAPが適切に設置されたかどうかを確認する。疑似メールサーバと、災害HP用のWebサーバは、これらの通信環境を前提にしたアプリケーションを提供するものである。アプリケーションサービスについては4章で説明する。

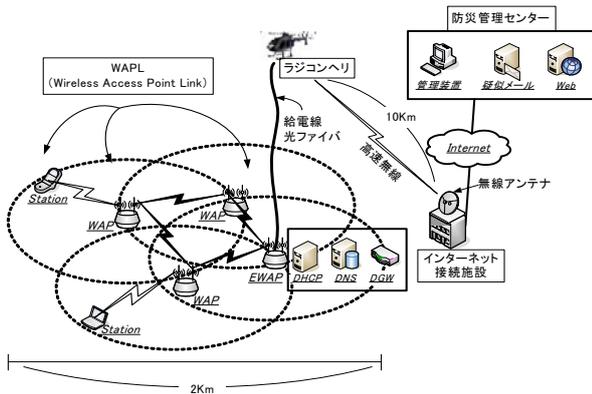


図2.提案方式のイメージ図

4. アプリケーションサービス

4.1. 電子メール

被災地内部のユーザは、普段使用している送信メールサーバが動作していれば通常のメールサービスを利用する。ここで、もし送信メールサーバが動作していない場合は、疑似メールサーバを使用する。疑似メールサーバを使用するためには、疑似メールサーバにメールボックスを生成する必要がある。従ってこの場合は、被災者が被災地外部の人に先立ち、メールを送信する必要がある。

図3に提案システムにおける電子メールの動作シーケンスを示す。被災者の持つ無線端末は、電源を立ち上げるとDHCPサーバに対してIPアドレスを要求する。この要求は、最寄りのWAPを介し、DHCPサーバのあるEWAPまで届けられる。DHCPの仕組みにより、無線端末は、IPアドレスとともにDNSサーバ、デフォルトゲートウェイのアドレスを取得する。端末にDNSサーバのアドレスが予め設定され

ている場合は、EWAPでDNSサーバへの問い合わせパケットをフッキングし、アドレスをEWAP内部のDNSサーバのアドレスに書き換える。この動作により、被災地内の端末はすべてEWAP内部のDNSサーバにIPアドレスを問い合わせることになる。

次に、無線端末はメールを送信するため、DNSサーバに自分が登録している送信メールサーバのアドレスを問い合わせる。DNSサーバは上記メールサーバに対し、telnetでSMTPの25番ポートに接続を試み、正常に稼動しているかどうかを確認する。DNSサーバはコネクションがはげれば、送信メールサーバが正常に動作しているとし、本来の送信メールサーバのアドレスを応答する。コネクションがはげない場合は、送信メールサーバに障害が発生しているとみなし、疑似メールサーバのアドレスを返す。この場合、被災者は疑似メールサーバを利用してメールのやりとりを行なう。被災者は疑似メールサーバの存在を意識する必要はない。

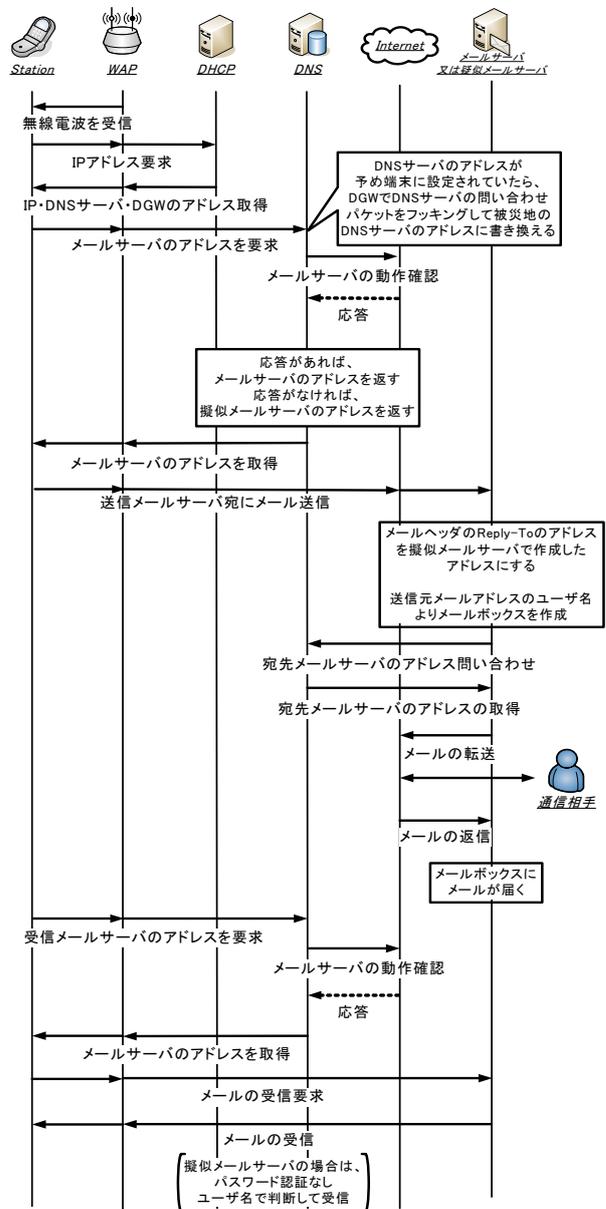


図3.電子メールの動作シーケンス

通信相手は、被災者からのメールに対して返信メールを返すことが多いと考えられるが、被災者はこれを受信できることが望ましい。このため、疑似メールサーバではメール転送時に、送信メールのヘッダに疑似メールサーバ用のアドレスを Reply-To ヘッダフィールドとして追加する。これにより、相手からの返信メールは疑似メールサーバまで届くことになる。図 4 に、疑似メールサーバが被災者用のメールボックスを作成する手順を示す。被災者からのメールが疑似メールサーバに届くと、送信者のユーザ名と、疑似メールサーバのドメイン名より疑似メールサーバで一時的に使用するメールアドレスを作成すると共に、メールボックスを作成する。メールボックス作成時にはパスワードを設定しない。Reply-To のアドレスを追加する際には、上記手順で生成したメールアドレスを使用する。これにより、相手からの返信メールは疑似メールサーバまで届くことになる。

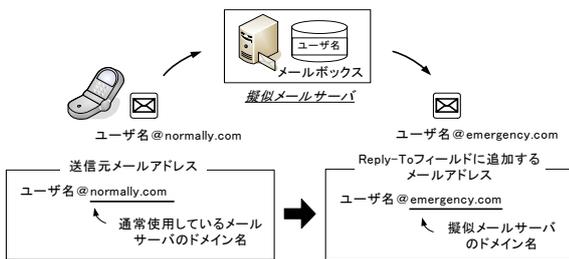


図 4.疑似メールサーバでのアドレス作成手順

被災者は、受信メールを読むために受信メールサーバの IP アドレスを DNS サーバに問い合わせる。DNS サーバはメール送信時と同様に本来の受信メールサーバ宛に動作確認用のパケットを送信し、メールサーバが使えるかどうかを判断する。送信メールサーバが使えなかった場合は、受信メールサーバも使えないものと仮定する。メール受信時、疑似メールサーバは、ユーザ名だけでユーザを判断し、パスワードは無視する。被災地内にメールアドレスのユーザ名の部分と同じものを利用している被災者がいる場合、メールアドレスが重複することになる。その場合は、同一名の被災者がメールボックスを共有する。災害時であるので、安否通信を優先しプライバシーは考慮しない。

4.2. 災害 HP

災害 HP へのアクセス手順を図 5 に示す。被災者が Web ページへアクセスしようと DNS サーバに Web サーバのアドレスを問い合わせると、DNS サーバは、すべての問い合わせに対し災害 HP サーバのアドレスを返す。被災者は強制的に災害 HP だけを閲覧することとなる。災害 HP は、被災者と外部の環境との間で災害情報や避難場所の情報の提供、共有を目的とする。HP はキャラクタベースで作成する。このため、ネットワークへの負担が少ない。

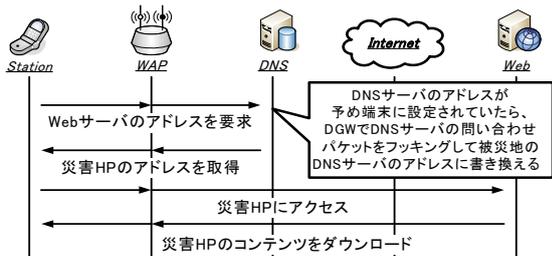


図 5.災害 HP へのアクセス手順

5. 実装

本システムを実装するためには、疑似メールサーバと DNS サーバに以下のような改造が必要である。今回はメールによる情報支援を可能とする基本部分の改造を行い、動作を確認した。送信メールサーバには、メールヘッダの書き換えとメールボックスの作成、受信メールサーバには、ユーザの重複判断と重複時のメールボックスの共有の機能をそれぞれ追加する。DNS サーバには、メールサーバの動作確認処理を追加する。

送信メールサーバには、sendmail を使用した。受信メールサーバは、qpopper を使用した。また、DNS サーバには BIND を使用した。改造内容は以下の通りである。

(1) 疑似メールサーバの作成 (sendmail-8.13.4)

送信メールサーバに追加する処理の流れを図 6 に示す。なお、被災地内でのトラフィックを考慮し、メール一通あたりのデータ容量は 10KB に制限する。

メールヘッダの書き換え

図 4 で示したように、被災地から送信されたメールが疑似メールサーバを通る際、送信元アドレスのユーザ名を抜き出して、疑似メールサーバ用のアドレス[ユーザ名@疑似メールサーバのドメイン名]を作成し、Reply-To をヘッダに追加する。

メールボックスの作成処理

被災地からの送信メールが sendmail サーバを通過するたびに、ユーザ名を UserList.txt に追記していく。この内容は消去しない。この動作は、ログとしての役割も果たす。UserList.txt は定期的に参照し、新規ユーザの送信メールを検出するたびにユーザの追加(メールボックスを作成)を行なう。また、ドメイン名が異なるが、ユーザ名が同一の被災者がいた場合、メールボックスを共有することとなる。その判断のために、ユーザ名とドメイン名を抜き出し UserDomain.txt に記録する。この際に、同じユーザ名で、違うドメインのアドレスが既にテキストに書き込まれていたら、SameUser.txt にユーザ名を書き込む。これによって、重複するユーザ名を SameUser.txt に書き出す。

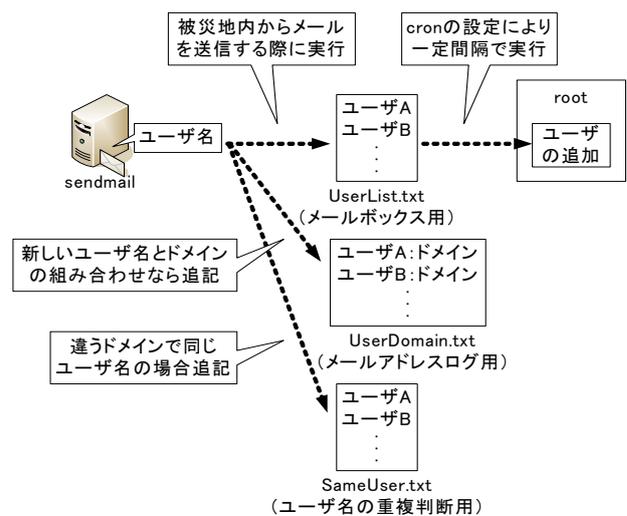


図 6.送信メールサーバに追加する処理の流れ

(2) 受信メールサーバ (qpopper4.0.8)

受信メールサーバのシーケンスを図7に示す。改造内容は以下の通りである。メールボックス作成時にパスワードの設定をしていないので、パスワードの認証は行わない。

メールボックスの共有

端末はメーラーの設定で受信したメールをサーバに残す設定を行わない限り、メールを受信した際に POP サーバに対し、メールを削除する DELE コマンドを送信する。しかし、同じユーザ名が2人以上いた場合、メールボックスを共有する必要があるため、一人がメールを読んだ後も、メールボックス内のメール削除を行わないように改造する。POP サーバは、DELE コマンドを受け取ったら、SameUser.txt を参照する。ユーザ認証の時に受け取ったユーザ名が、リストにあるかどうかによりメール削除を行うかどうかを判断する。

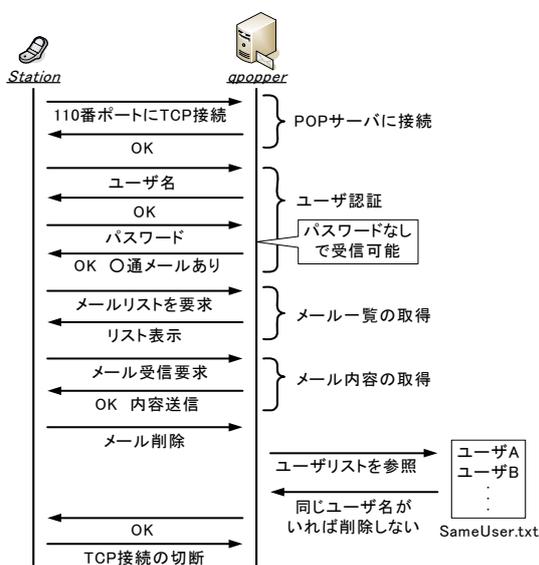


図7.受信メールサーバのシーケンス

(3) DNS サーバ (bind-9.3.1)

メールサーバの動作確認

メールサーバのアドレス問い合わせがあった場合、本来のメールサーバに対して telnet で SMTP の 25 番ポートに接続を試みる。コネクションがはればメールサーバのアドレスを返す。コネクションが正常にはれなかった場合、擬似メールサーバのアドレスを返す。

6. 評価

既存システムとの比較を表1に示す。NTT 災害用伝言ダイヤルと IAA システムは、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。提案システムでは、WAPL を用いることによりインフラを自律的に再構築し、通信を可能とする。NTT 災害用伝言ダイヤルは、電話網を利用するためトラフィックが輻輳しやすく、また、通信事業者の通信規制により、サービスが利用できなくなる可能性がある。IAA システムは、HP へのアクセス、提案システムは、メールとデータベースの HP アクセスのみの通信に限定しているため、トラフィックの輻輳は発生しにくい。NTT 災害用伝言ダイヤルと IAA システムは、被災者がそのシステムが存在を知らなければ、サービスを利用することができない。また、災

害発生時には通常とは異なる操作が必要になる。提案システムは、メールや HP へのアクセスという通常の手順をそのまま利用でき、システムが存在を知らなくてよい。NTT 災害用伝言ダイヤルと IAA システムは、インフラをそのまま使用するので、災害発生時に新たな装置は必要としない。しかし、提案システムでは、被災地に WAPL を持ち込み適切に配置する作業が必須である。

表1.既存システムとの比較

	NTT災害用 伝言ダイヤル	IAAシステム	提案システム
インフラの状態	×	×	○
トラフィックの輻輳	×	○	○
システムの存在を知る 必要性	×	×	○
システムの準備	○	○	×

7. むすび

災害発生時にインフラを自律的に構築し、安否確認のメール通信と災害用 HP の閲覧を可能にする災害通信システムを提案した。今後の課題として、各サーバの実装と、災害状況を想定したシミュレーション、災害用 HP のコンテンツ内容についての検討を行う。

また、緊急連絡手段として、レスキュー隊のみ IP 電話が利用できるシステムや、レスキュー隊同士の IP 電話の通話方式、レスキュー隊から被災者への通話又は、プッシュ型メールの実現方法についても検討していく。

参考文献

- 1) 市川祥平, 渡邊晃: アクセスポイントの無線化を実現する WAPL の方式, Dicom2005, pp. 225-228 (2005-7).
- 2) 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" の立上げ方式, Dicom2005, pp. 221-224 (2005-7).
- 3) 山崎浩司, 渡邊晃, 市川祥平, 小島崇広: 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 pp. 3-705, 3-706(2006-3).
- 4) 竹山裕見, 渡邊晃: 災害時における電子メールを利用した安否通信方法の検討, Dicom2005, pp. 657-659 (2005-7).
- 5) <http://www.ntt-east.co.jp/saigai/>
- 6) <http://www.iaa-alliance.net/>
- 7) 加藤佳之, 大石泰大, 増田真也, 渡邊晃: 無線アクセスポイントリンク "WAPL" のインターネット接続の検討, 情報処理学会第 68 回全国大会 pp. 3-707, 3-708(2006-3).
- 8) 内閣府: 防災に関してとった措置の概況 平成 17 年度の防災に関する計画 要旨
- 9) 杉山久佳, 辻岡哲夫, 村田正, : ネットワーク化された群口ボットによる被災者発見システム, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1777-1788, (2005-7).
- 10) 越後博之, 湯瀬裕昭, 千川剛史, 高畑一夫, 柴田義孝, : 遠隔地ミラーリングを考慮した災害情報ネットワークシステム, 情報処理学会研究報告, (2005-6).

災害時に通信インフラを再構築する研究

- *Reconstructing a Communication Infrastructure in a Time of Disaster* -

名城大学大学院 理工学研究科

山崎浩司 伊藤将志 渡邊晃

研究背景

□大災害時

- 被災地内部, 外部の人による安否確認通信

 - ⇒ネットワークラヒックの輻輳

- 基地局の倒壊, 回線の切断

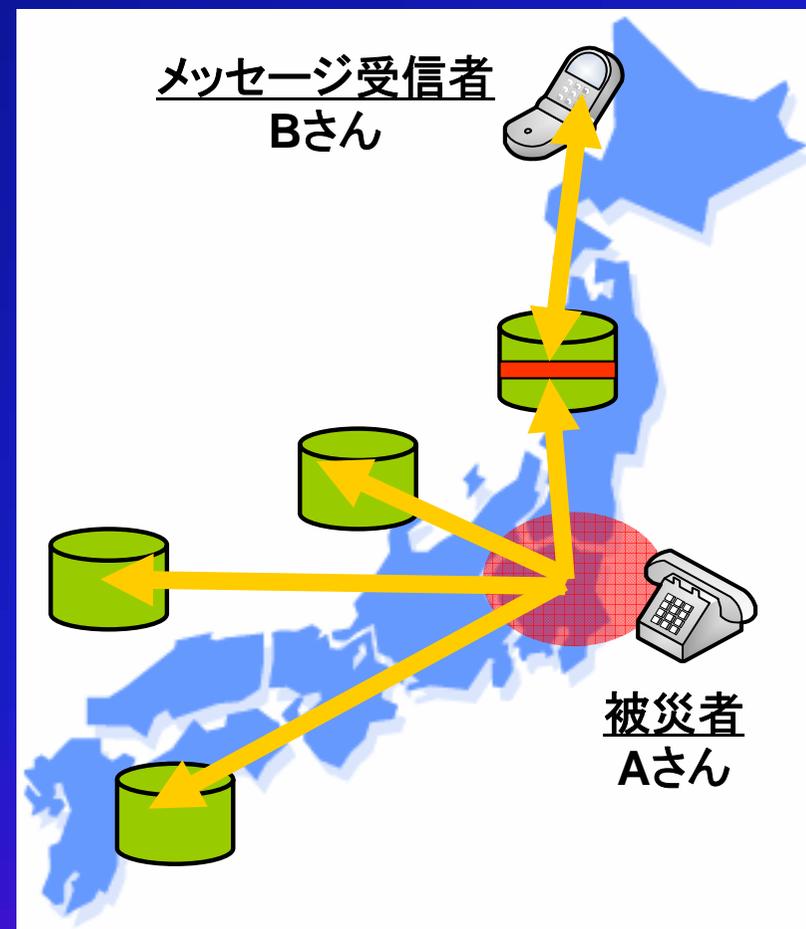
 - ⇒通信環境自体が破壊

□被災後の通信手段の確保は重要な課題

被災地内に無線LAN環境を即座に構築し, 普段使用するメール機能をそのまま利用できる安否通信方法を検討した

NTT災害用伝言ダイヤル

- 被災地内の電話番号により、メールボックスを作成
- ボイスメールを使用した安否確認サービス
- 電話網を使用
- 利用するメールボックスは電話番号下三桁の違いで分散
- 被災者の自宅電話番号をキーに登録・再生



IAA(I Am Alive)システム

□被災者の安否情報をインターネット上に登録・蓄積・閲覧

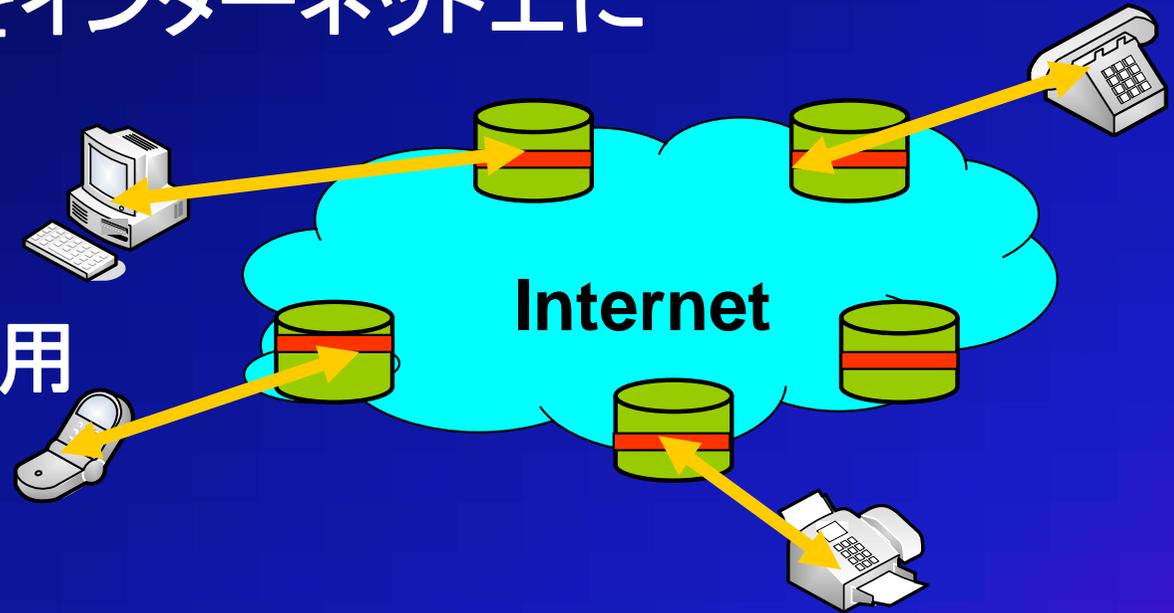
□インターネット網を使用

□システムの利用には

氏名, 怪我の程度, 避難場所, 備考の登録必須

□氏名をキーとして登録情報の検索

□分散データベースによりトラヒックの軽減



既存サービスの課題

□NTT災害用伝言ダイヤル

- 伝言時間が30秒
- 電話網を使用するので輻輳が発生

□IAAシステム

- 記入項目が多く、操作が面倒

□共通の課題

- 被災者がサービスの存在を知らなければ利用不可
- 普段と異なる操作を強いられる
- 特定のサイトへアクセスしてサービスを使用するので、通信環境が破壊されると利用できない

提案システムの目標

- ネットワークが使えない状況にも対応可能
 - 被災地内に無線LAN環境を即時に構築

- 特殊な設定や操作が不要なサービスを提供
 - 被災者は通常のメール送受信の手順が使用可能

- 輻輳の起こりにくいネットワーク
 - 被災地内はキャラクタベースの通信のみに限定

提案システム

□ WAPL (Wireless Access Point Link)

- 無線LAN環境を動的に構築可能なシステム
- 研究室で独自開発

■ WAP (Wireless Access Point)

⇒ WAPL内で使用されるAP



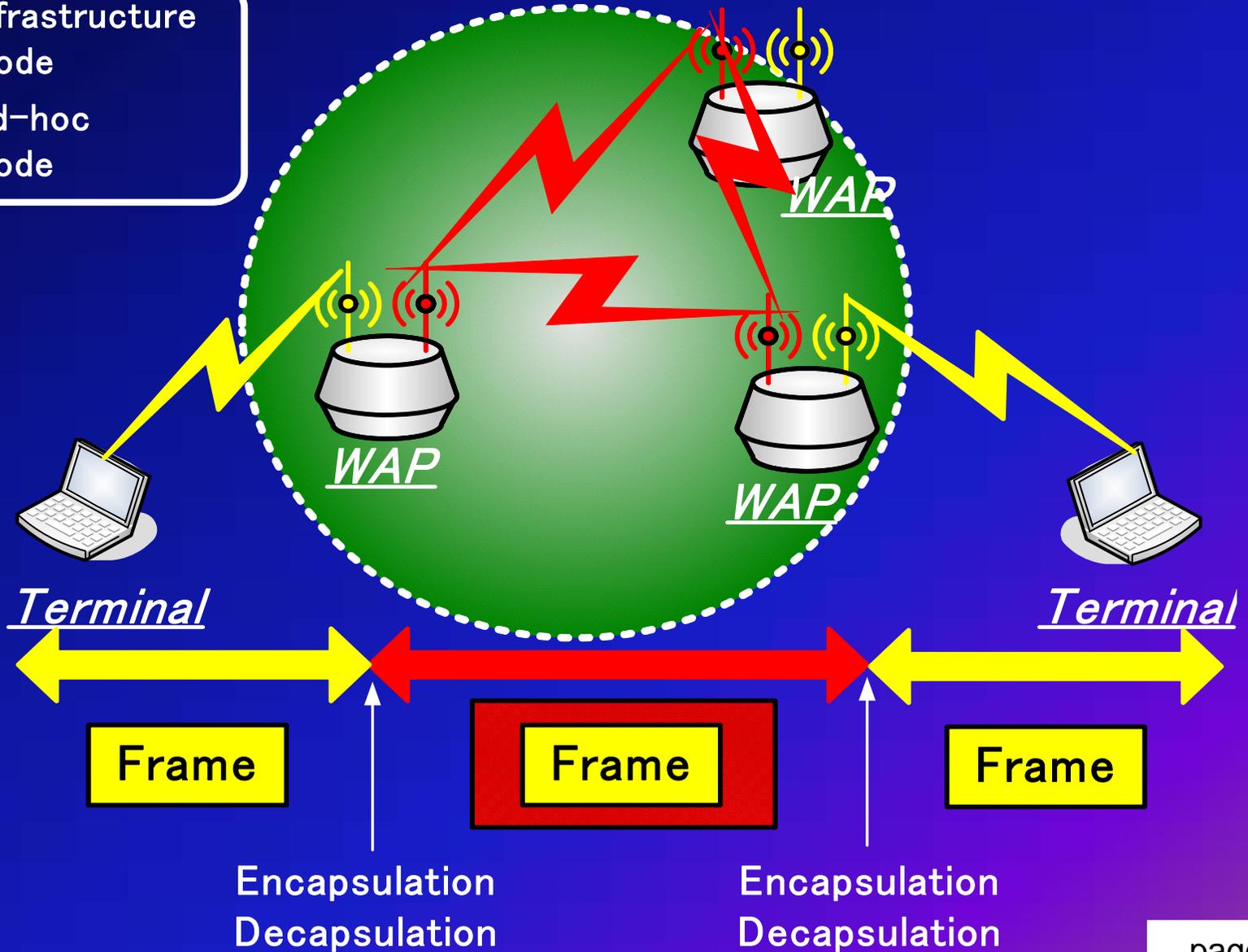
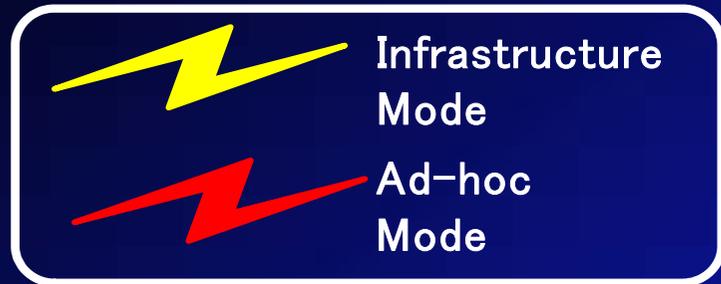
□ 利用可能な端末

- 無線LANインタフェースが内蔵されている端末を対象

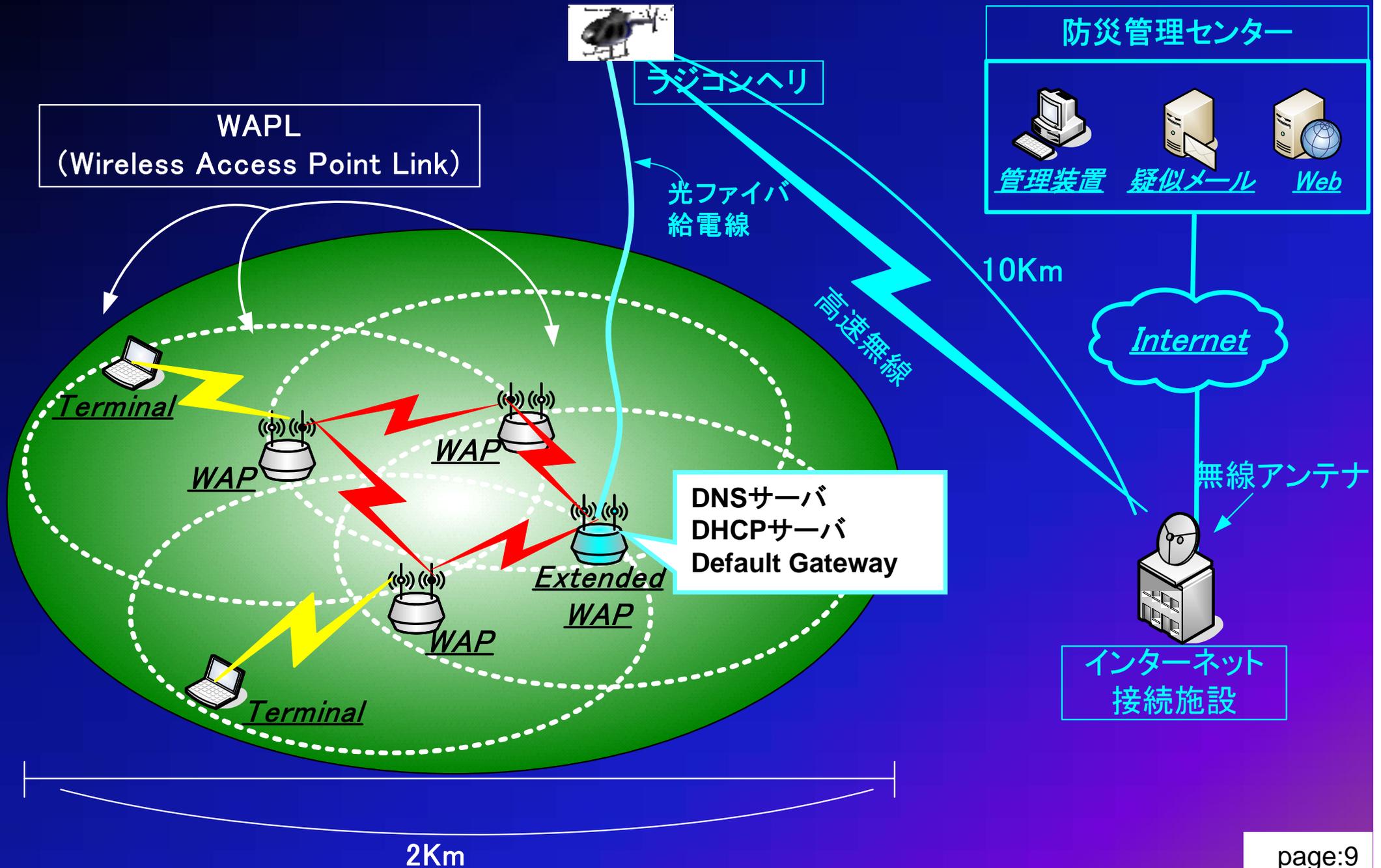
□ 疑似メールサービスの提供

- 被災したメールサーバの代わりにメールサービスを提供
- 被災者は普段と同様な手順でメールの送受信が可能

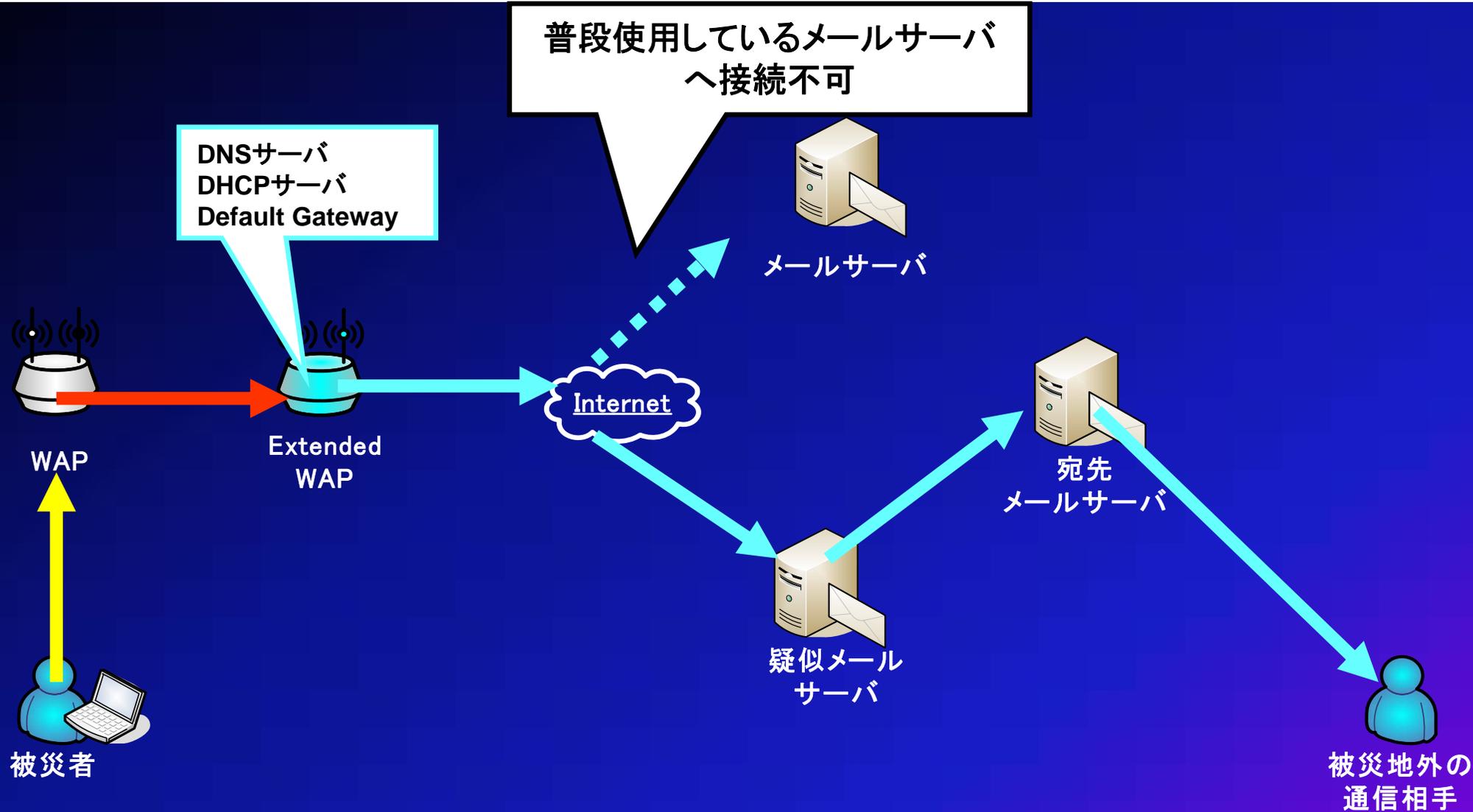
WAPL (Wireless Access Point Link)



提案システムのイメージ



疑似メールサービスのイメージ

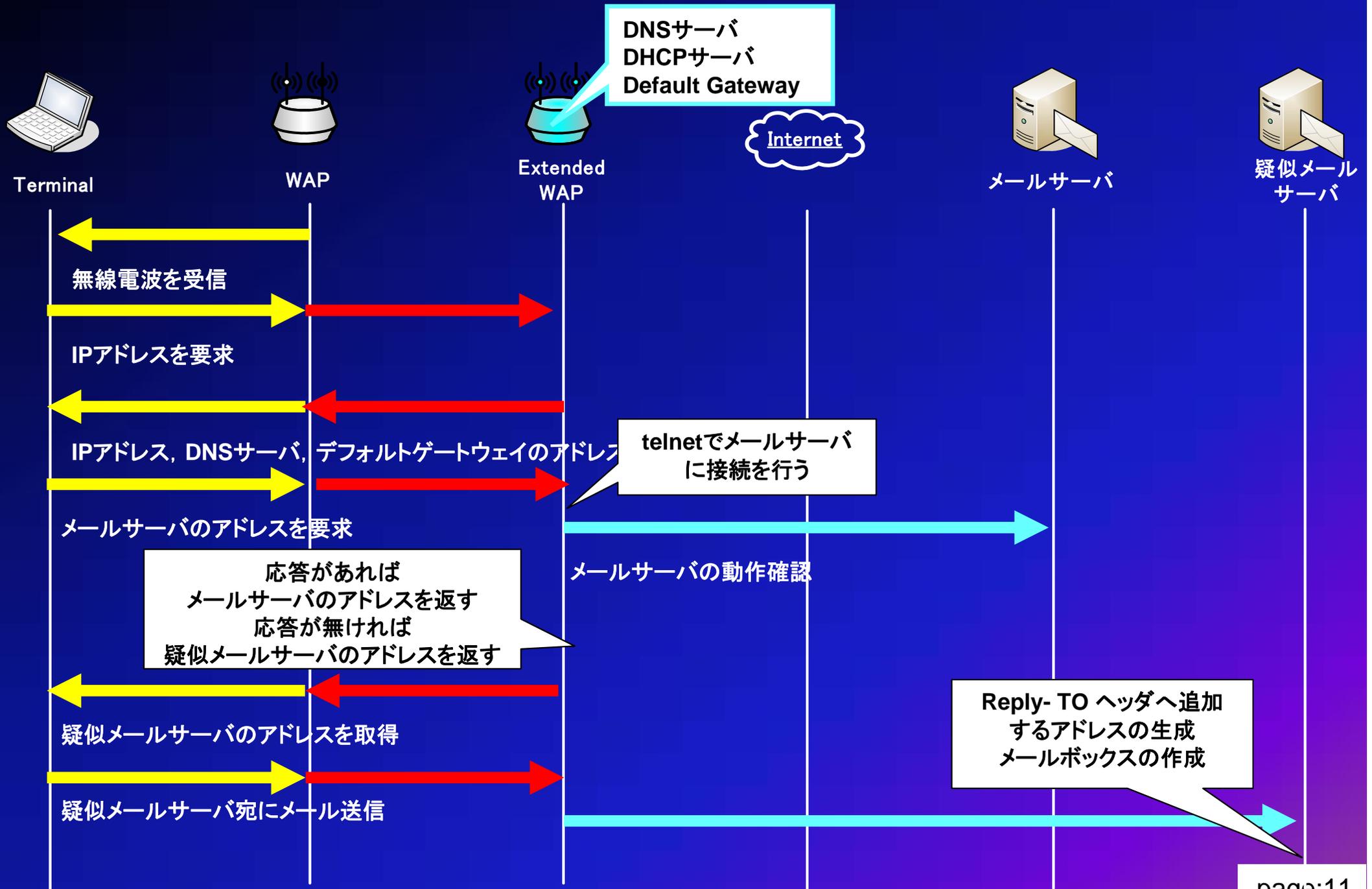


インフラストラクチャモード

アドホックモード

被災地外部の通信

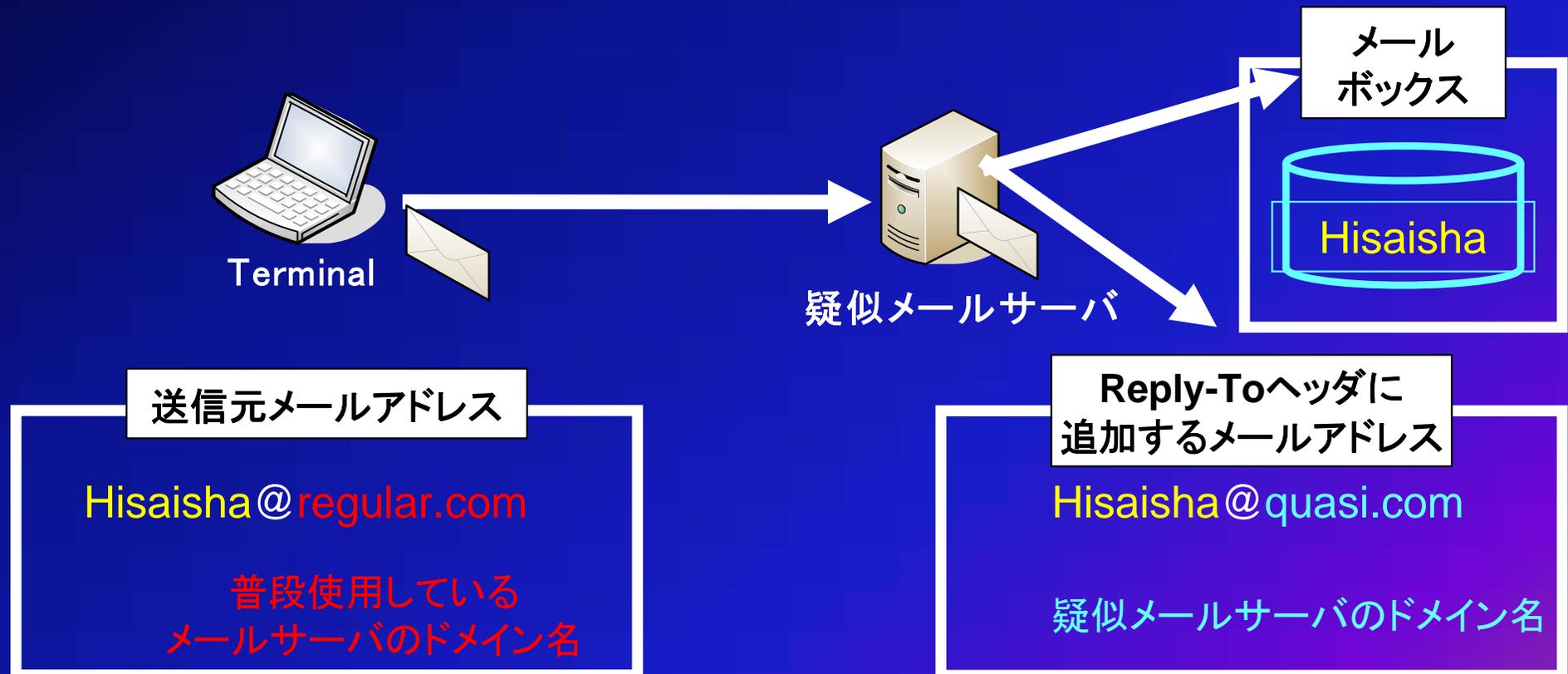
擬似メールサービス(送信シーケンス)



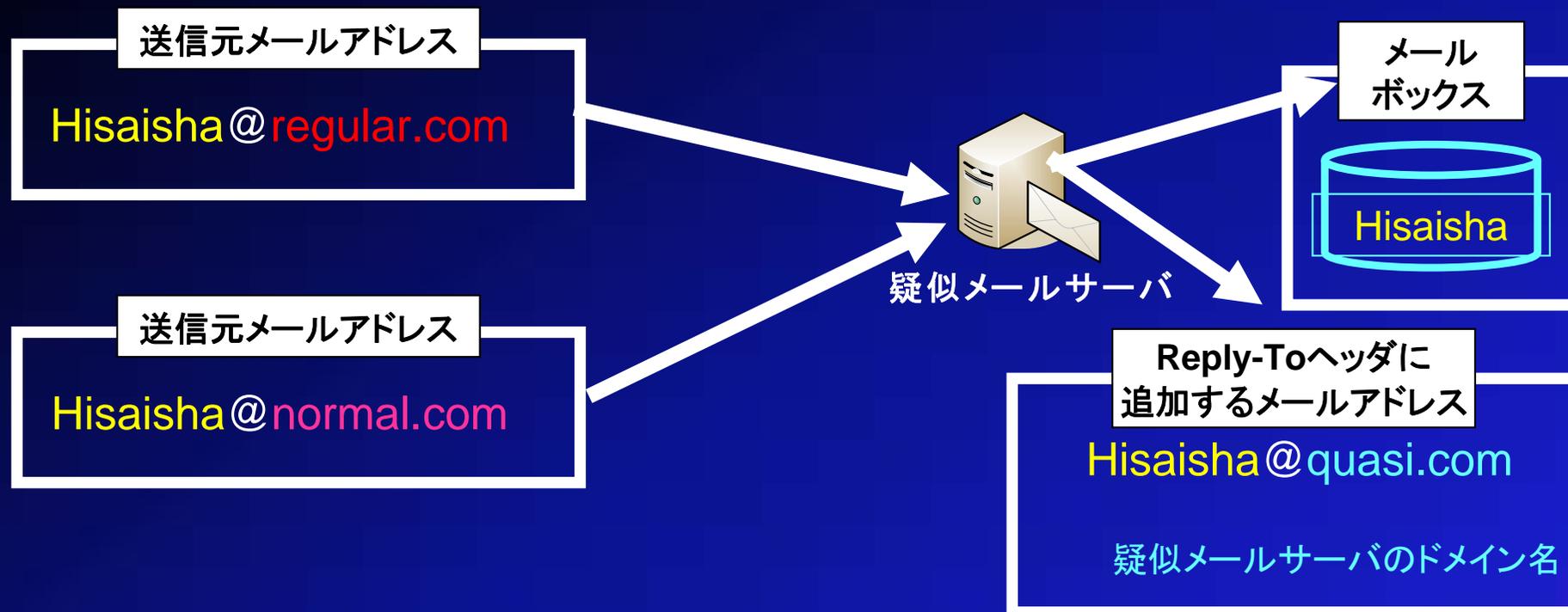
疑似メールサーバの処理

□ 疑似メールサーバ

- ⇒ 被災地内から被災地外へのメール通信をトリガに設定
- ⇒ メールボックスの自動生成（パスワード設定行わない）
- ⇒ Reply-toヘッダに疑似メールサーバのアドレス追加



疑似メールサーバの処理

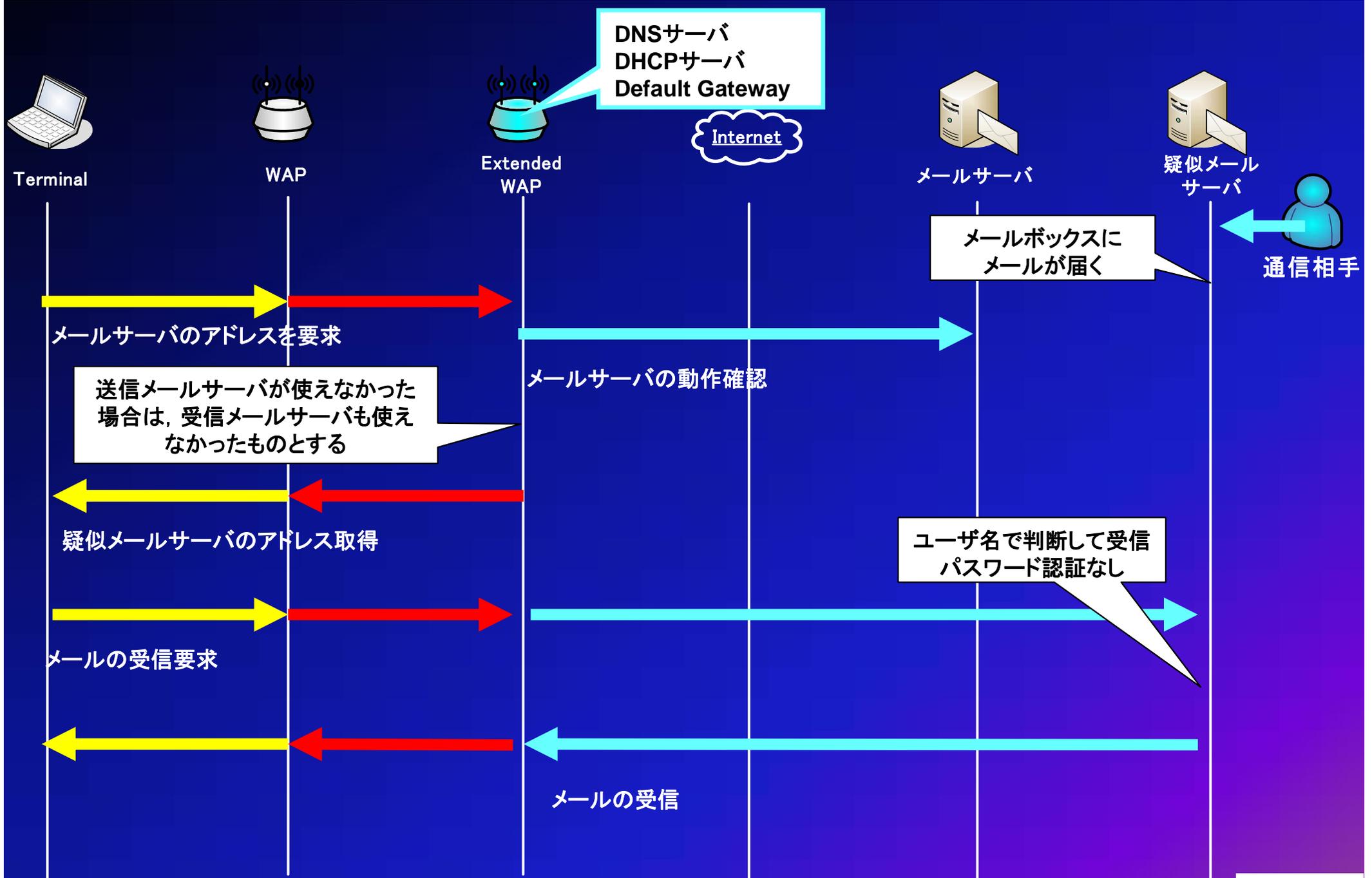


□被災地内にメールアドレスが同じユーザが存在

- メールアドレスの重複
- メールボックスの共有

- 災害時なのでプライバシーは二の次とし、安否情報を優先

擬似メールサービス(受信シーケンス)



擬似メールサーバの実装状況

□実装完了

■Reply-Toヘッダへアドレス追加処理

⇒送信元アドレスからユーザ名を抜き出して、擬似メールサーバ用のアドレスを作成

⇒返信先ヘッダフィールド、に擬似メールサーバ用のアドレス追加

■メールボックスの生成処理

⇒ヘッダ書き換え処理時に、抜き出したユーザ名をファイルに書き出す

⇒ファイルを定期的に参照し、新規ユーザの場合メールボックス作成

むすび

□本発表

- 無線LAN環境を即座に構築し、被災地内から被災地外へのメール通信を可能にするシステムの提案

⇒疑似メールサービスの基本部分の実装を行い動作の確認を行った

□提案システムの特徴

- 無線LANインタフェースが内臓されている端末が対象
- 被災地内から被災地外へのメール通信可能

□今後の課題

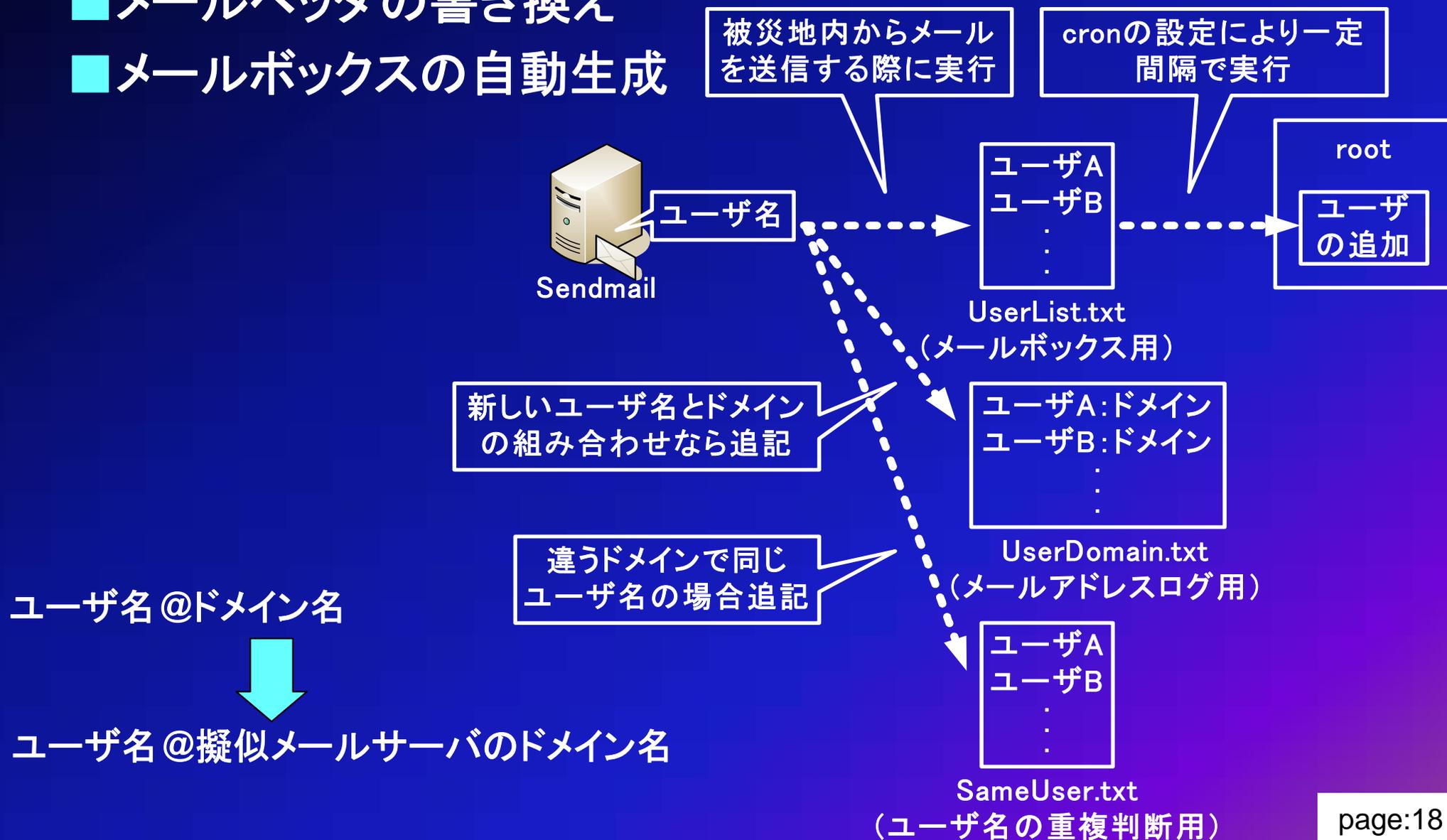
- 残された実装の完了
- 災害状況を想定したシミュレーション
- 被災地内のユーザ同士のメール通信

付録

疑似メールサーバの実装

□SMTPサーバ (Sendmail)

- メールヘッダの書き換え
- メールボックスの自動生成

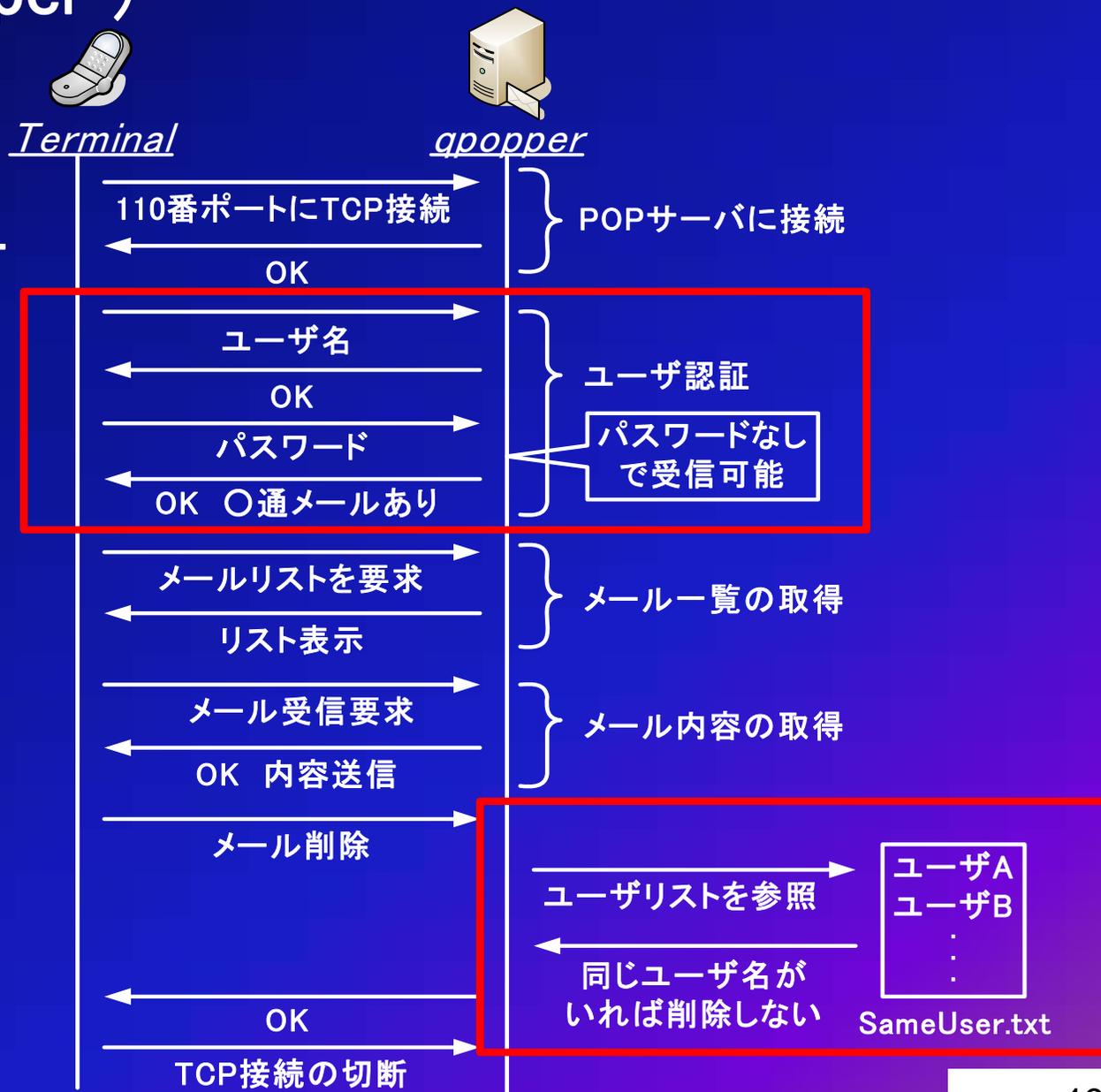


疑似メールサーバの実装

□ POPサーバ (Qpopper)

■ パスワード認証なし

■ ユーザ重複時の
メールボックスの共有



利用状況

□新潟県中越大震災（2004/10/23）

■メッセージ登録件数は**11万2000件**

⇒新潟県内からのメッセージ登録**17920件**

⇒新潟県外からのメッセージ登録**94080件**

■新潟県の人口は**約240万人**

⇒利用率が圧倒的に少ない

問い合わせ先

今回のプレゼンで質問, 改善点がございましたら
下記メールアドレスまでご連絡いただくと幸いです.

m0632032@ccmailg.meijo-u.ac.jp

WAPLの発表について

□7月5日(水) 16:30-18:40

3A アドホックルーティング

3A2:メッシュネットワークに利用する

アドホックルーティングプロトコルのシミュレーション評価

□7月7日(金) 8:30-10:10

6B 無線LAN・PAN

6B1:無線アクセスポイントリンクWAPLの方式
とインターネット接続