

非常時通信システムの現状と今後の展開

大野 浩之[†] 新美 誠^{††} 三輪 信介[†] 新 麗^{§†} 清川 清[†] 海老名 毅[†]

[†] 独立行政法人 通信総合研究所 情報通信部門 非常時通信グループ

^{††} 横河電機株式会社

[§] 奈良先端科学技術大学院大学

大規模災害時などの非常時に用いる被災者情報登録検索システムなどの非常時通信システムについて、現在までの取り組みをまとめる。次に、要求される機能と今後取り組むべき課題について述べ、類似システム間での相互接続性を有し、さまざまな文化圏で利用可能なように「多文化対応」が施されたシステムに発展させるための段取りを明確にし、次世代の非常時通信システム構想の礎とする。

Tour the Next Generation Emergency Communications System

Hiroyuki Ohno[†] Makoto Niimi^{††} Shinsuke Miwa[†] Rei Atarashi^{§†} Kiyoshi Kiyokawa[†]
Tsuyoshi Ebina[†]

[†] Emergency Communications Group, Information and Network Systems Division,
Communications Research Laboratory

^{††} Yokogawa Electric Corporation

[§] NARA Institute of Science and Technology

In this paper, we report the latest research activities about the emergency communications systems including victims information registration and retrieval systems such as our system. Then we specify the functionality requirements to be introduced to our emergency communications system and new research themes. We also clearly discuss about the milestones for the next generation emergency communications system which includes interoperability between other related systems, and multi-culturization to be available in the various cultures for the people on all over the world.

1 はじめに

通信は、さまざまな局面において重要な役割を果たすようになっており、通信基盤はライフラインに次ぐ重要な基盤となっている。しかし、現在の通信基盤は必ずしも、すべての局面において有効に機能するわけではない。特に、非常時においては、既存の通信基盤やサービスは十分に機能するとは言い難い。

そこで、本稿では、非常時通信システムについて、現在までのさまざまな取り組みをまとめるとともに、今後の展望を述べる。

2 非常時通信とは

非常時通信を語る上で、まず、我々の非常時通信システムが扱う「非常時」と、その非常時における通信基盤への要求や必要となる情報サービスについてまとめてみる。

2.1 非常時とは

非常時とは、災害などにより、通常用いられる基盤やサービスが利用できないか困難になっている場合を指す。その対象は広く、台風や地震などの大規模な天災、戦争やテロリズムによる生活基盤の破壊、単純な誤操作によるネットワークの停止など、さまざまである。例えば、大規模地震などの激

甚型災害が典型的な「非常時」の事例である。規模や形態、被害などによって、求められる基盤やサービスにも大きな違いがあると考えられる。

そこで本稿では、非常時の意味を下記のような場面を想定したものと用いることとする。

- 要因となる事象の発生が予測不能もしくは予測困難である
- 被害範囲が地理的もしくは通信基盤的に限定されている
- 生活基盤のみならず通信基盤にも影響が及ぶ
- 影響を受けている人が何らかの支援を必要としている

このような非常時においては、状況把握・救命・救助・避難・復旧には、その支援のために通信によるコミュニケーションが重要である。非常時通信とは、このような目的で行われる通信であり、非常時通信システムは通信を利用して、災害などの影響下にある人およびその支援にあたる人のコミュニケーションを円滑に行えるようにすることを目的としている。

このような非常時において、どのような通信基盤や情報サービスが求められるかとまとめてみよう。

2.2 非常時における通信基盤

非常時においては、通信基盤へも何らかの影響が及ぶ可能性があるため、通常どおりの通信が行えないこと想定しなければならない。

そのため、通信基盤そのものを非常時における影響を最低限に抑えることを可能とするように、頑健に構成する、もしくは、影響を受けた場合に系の変更を容易にできるよう柔軟に構成する必要がある。

よって、非常時における通信基盤は、

- 複数の通信媒体もしくは経路を利用可能
- 通信媒体や経路を容易に変更可能

などの特性を持たなければならない。

また、非常時に必要なコミュニケーションを支えるためには、通常の通信とは異なる通信特性を与えるたり、制御を加えたりできる必要がある。

2.3 非常時に必要な情報サービス

非常時に、状況把握・救命・救助・避難・復旧に必要なコミュニケーションを支援するためには、情報の共有を支援することが重要である。

非常事態の影響を受けている地域を内部、それ以外の地域を外部とした場合、「内部と内部」・「内部から外部」・「外部から内部」・「外部と外部」のそれぞれについて、人及び計算機間での情報共有を支援する仕組みが必要である。

これらの情報共有を果たすためには、単純に考えれば何らかの非常時向けの通信基盤上で動作するもしくは直接非常時に利用可能なデータベースサービスが考えられる。

しかし、非常時の情報共有が単純に単一のデータベースで行われるとは考え難く、また、危険分散の観点からも好ましくない。そのため、いくつかの独立したデータベースサービスとして提供されているが、それぞれのデータベースサービスでは同種の情報は共有していることが望ましい。よって、これらのデータベースサービスを構成する場合、情報交換技術が重要な要素の一つとなる。

このようなサービスは、非常時においては利用者が多岐にわたることが考えられるため、平易に利用可能なインターフェイスを備えている必要がある。また、複数のサービスが存在することを考えた場合、それらの連携運用もしくは利用を容易にするためには、通信基盤やサービスの状態や情報の共有状況など様々な情報を可視化する技術が不可欠である。

さらに、非常時においても通常と同じかそれ以上のシステムセキュリティ技術が必要となるだけでなく、情報交換を行う上では、扱われる情報に個人情報が含まれるため、非常時におけるプライバシーそのものへの考察や、その保護に留意したセキュリティ技術の導入が必要である。

以上のような、非常時通信システムに対する要求を踏まえ、以降では、今までにどのような取り組みが行われ、現在どのような取り組みを行っているのか、また、今後どのような取り組みが必要なのかなどをまとめていくこととする。

3 非常時における情報通信基盤

非常時においては、電話などの通常の通信基盤が利用できるとは限らない。インターネットは通常の通信基盤が利用できない場合を想定した通信基盤であり、インターネット技術の多くは、非常時に利用可能である。しかし、インターネットだけで非常時の通信基盤として、十分であるとは言えない。本章では、非常時における情報通信基盤に関する技術や取り組みと課題について述べる。

3.1 携帯電話の発呼制御

災害に遭った時は近くに有線電話があるとは限らないため、今後は携帯電話での通信が増えることが予想される。携帯電話は場所などの確認にも有効であるため、通信手段とし

て必要性は特に高い。そこで携帯電話における通信手段を確保することを目的として、音声通話の通話時間を制御することにより輻輳を回避する研究 [2] が行われている。なお携帯電話のアンテナ自体が被害を受けて通信が停止することもあり、それを補うためのシステム構成は別途考慮する必要がある。

3.2 衛星通信

何らかの災害が発生し、電話などの一般的な地上網を利用した通信基盤に影響があったとしても、通信衛星を利用した通信にまでは影響が及ばないことが期待できる。

そこで、非常時における情報通信基盤を構成する上で、衛星通信を利用することで、影響を受けている地上網を補完することが可能となるばかりではなく、衛星通信に特有の Multicast 特性を利用し、網の多重化を図り、頑健な網を提供することが可能となる。[3]

また、このような衛星通信を利用した Multicast 技術を応用し、インターネット上の NetNews 技術と組み合わせることで、頑健なデータ配送網を構築することが可能である。[4]

今後は、衛星通信による Multicast 技術を応用し、単純に地上網を補完するだけでなく、地上網内でもメディア特性に応じたデータ配送網の階層化を図ることにより、より頑健で柔軟な通信基盤を構成することが必要である。

3.3 優先制御

非常時には情報の迅速な伝達が必要であるにも関わらず、現状ではアクセスの集中などによって、遅延が起きたり情報が失われたりすることがある。非常時に交換される情報は緊急性が高いため、他の情報よりも優先して配送される必要がある。インターネットはこれまでその仕組みがもつ性質として、特定の情報を優先して転送するのは困難であったが、Diffserv [5] などの QoS 技術の発展により実現可能となってきた。

一方で、情報に関する情報を記述することで情報を構造化するメタデータの研究が進んでいる。メタデータを利用すれば、非常時における緊急情報にその情報が緊急であることが記述できるため、優先的に配送して欲しいことをルータなどのネットワーク機器に伝えることができる [6]。現在、この機構を実現するための実装、実験を行っている。

4 非常時に必要とされる情報サービス技術

前述のとおり、非常時における状況把握・救命・救助・避難・復旧に必要なコミュニケーションを支援するためのサービスとしては、情報共有のための何らかのデータベースが考えられる。また、このサービスが単一のシステムで提供されるのでない限り、データベース間での情報交換技術が必要となる。

4.1 データベース

非常時においては、データベースには通常とは違った特性が求められる。特性を満たすためのシステムの構成手法だけでなく、システムの機器の構成や設置手法に至るまで、通常と違った想定に基づく検討が必要である。

4.1.1 構成技術

通常のデータベースでは、安定したシステムとして特定のトランザクション処理に用いられるため、時間あたりの最大データ入力量などは予測可能であり、トランザクションに必要な特性を満たす安定した通信路を選択することが可能である。

しかし、非常時においては事象が起こってからトランザクションが急激に発生するため、データの入力量にはバースト性がある。また、非常時においては通信路に関する選択肢が減るため、データベースにとって有利な特性を持つ通信路を選択できるとは限らない。

そこで、バースト性があるデータ投入に耐えることや、通信路の途絶によるサービスの途絶を避けることなどを考慮に入れ、

- 耐負荷および負荷分散
- 複数システムによる疎結合型のトランザクション共有

などの特性を持ったデータベースシステムを構成することが考えられる。[8]

このような特性を持たせる上で、通信基盤とデータベースシステムとをどのように切り分け、どのようなインターフェイスを持たせるかは、重要な課題である。

4.1.2 大規模災害への対応

災害の規模は小規模から国をまたがる大規模なものまで、さまざまである。なかでも大規模な災害に耐え得るシステムを構築するには、それに応じた設計をしなければならない。

例えば、首都圏で関東大震災が起きた場合を仮定する。首都圏で大震災が起きて交通機関が完全に麻痺した場合、帰宅困難者が3000万人程度発生すると予想される。これら帰宅困難者全員を1日以内に登録させるためには、少なくとも350件/秒の処理能力を持ったシステムが必要である。もちろん、災害直後には350件/秒をはるかに超えるアクセスが発生するため、最終的には数千件/秒程度の性能が必要になる。

さらに、大規模震災に耐え得るよう、免震構造を取り入れたり、災害時に非常時電源に即座に切り換える仕組みや、データを分散配置する仕組みを取り入れてゆく必要がある。

4.2 情報交換技術

情報サーバ間における情報交換技術に関しては、研究活動と標準化活動を同時に進行させる必要がある。

4.2.1 XMLと名前空間

非常時における情報は組織などで独自に発信することが多いため、結果として情報が分散されることになる。現状では独自に運用されているシステム間での情報交換は難しいが、XMLなどを利用すれば名前空間を定義することにより交換が可能となる。

4.2.2 メタデータ

メタデータとは情報に関する情報のことをいい、情報の構造化に利用できる概念である。図書館の目録管理、資料整理などに使用され発展してきたものであるが、これまでは組織ごとに独自に定義されているのが一般的であった。近年、電子化情報の増大に伴い資源発見への要求が高まり、その際組織を越えて物理的な実体と電子化された情報とを区別なく扱う必要があるため、現在標準化活動が進められている。電子化情報のメタデータとして現在事実上の標準となっているのがDublin Core Metadata Element Set [7]である。

非常時にはさまざまな組織のサーバから情報が発信される。被災地の情報や安否情報などに関しては、多組織間で収集した情報を横断的に検索する機能が必要となり、情報の構造を統一しておくのが重要である。非常時の情報通信に使用するメタデータの標準化が重要となる。なお、メタデータは情報の記述方式は規定していないが、現在一般的には、XMLなどの構造化言語を用いて記述されている。

5 情報表現技術

5.1 ユニバーサルアクセシビリティを考慮したシステム

非常時通信システムは災害時に初めてアクセスする人が多いため、高齢者や障害者など、できるだけ多くの人が扱えるよう、ユーザインターフェースを設計しなければならない。検討[9]の結果、現状のシステムは高齢者や児童への対応が不十分であり、今後さらなる改良が必要ながわかつている。

また、Webインターフェースの設計では、視覚障害者への対応が重要である。全盲の視覚障害者はWebページを合成音声で聞き取るため、情報が多いと、アクセスに時間がかかる。そこで、視覚障害者が情報を効率的に取得する方法[10]や、フレームを効率的にアクセスする方法[11]を通して、アクセシビリティの改善を図ってきた。

今後、FAX入力インターフェースへのインタラクションの導入や、電話入力インターフェースにおける音声認識技術の導入を通して、高齢者や児童などの情報弱者が、災害時に安否情報を発信できるシステムの構築を目指す予定である。

さらに個人用携帯端末を用いたシステムおよび防災無線や人工衛星を利用した通信手段など、多岐に渡る通信方法やインターフェイスの導入も検討中である。

5.2 情報の視覚化に関する技術

大規模災害などの非常時には、錯綜する情報を分かりやすく的確に作業者に提示する機構が特に重要となる。これまでに、(1)中央管制室(オペレーションセンタ)の作業員、(2)救助隊、警察、消防などの現場作業員、(3)一般市民、のそれぞれを支援する、情報の提示手法を検討している。

5.2.1 オペレーションセンタのあり方を研究する実験会議室

災害時には、大勢の作業員がオペレーションセンタに集結し、同時に大量の情報を監視して意思決定を行うことがある。これまでに、(1)共有情報を提示する大型スクリーンと個別情報を提示するヘッドマウントディスプレイ(HMD)の併用、(2)HMDと組み合わせて部屋を丸ごと3次元ディスプレイにできる広域高精度位置センサ、の2点を特徴とする実験会議室を設置した[12]。今後これを用いて将来のオペレーションセンタのあり方を研究する予定である。

5.2.2 現場作業者のためのヘッドマウントディスプレイ

屋外の現場作業者などが2次元もしくは3次元の情報を見るための、特殊な光学式HMDを開発している[13]。本光学系は屋外などの非常に明るい場所でも鮮明に情報が見える工夫がされており、今後開発予定の小型HMDを用いれば、廃墟に以前の建築物を重畳しての現場検証、遭難者が備えるRFIDなどと連携しての人命救助、あるいは避難所への誘導・道案内などが実現可能である。

5.2.3 個人情報の交換を支援する携帯端末

水や毛布の供給場所といった被災者に有益な情報は、比較的小さなエリアに散在しておりエリア外の情報にはあまり意味がないことも多い。そこで、GPSの位置情報や無線通信の到達範囲などの地理的近接度を考慮した上で、お互いにアドホックにネットワークを構築し、個々人の興味ある情報を交換するための携帯端末について検討している[14]。

6 セキュリティに関する考察

通常のシステムと同様に、非常時通信システムも様々なセキュリティ上の脅威に曝され得る。また、非常時通信システムに固有ではないが通常とは考え方が異なるプライバシーに関する問題もある。

6.1 非常時通信システムのセキュリティ

非常時通信システムは、その性質上、必要ときにサービスを継続して行えることが非常に重要である。しかし、非常時通信システムは、通常のシステムと同様に様々なセキュリティ上の脅威に曝され得る。特に、非常時通信システムをインターネット上に構成した場合、多くのインターネット上のサービスシステムと同様の脅威に曝されることとなる。

これに関しては、通常のサービスシステムと同様に、脆弱性を排除する[15]もしくはそれに対抗するようなシステム構成[16]を探るもしくは運用を行う必要がある。

また、非常時通信システムでは、電子商取引で利用されるデータなどと同様に重要な情報を扱うため、データの盗聴や改ざんへの対抗や作成者の認証、受信者の権限制御などは重要である。被災者支援安否情報登録検索システム[17, 18]においては、個人情報である登録情報の通信路における暗号化およびメッセージハッシュ値による改ざん検査などは行っているが、その他については行っておらず、今後行っていくべき重要な課題となっている。

6.2 非常時におけるプライバシー

非常時通信システムを設計する際、登録者にどこまで情報を入力させるべきかは極めて難しい課題である。例えば、電話番号を必須入力項目にした場合、ある人は個人情報が漏洩することを危惧して登録を躊躇するであろうし、またある人は知人に連絡してもらうことを重視して、登録するであろう。

このように、必須登録項目の選定は極めて難しいが、2つの尺度を用いて登録項目を決めることができる。

1つめは、災害時と平常時のプライバシー意識の差を利用することである。災害時は平常時よりもプライバシーの意識は低下すると考えられるので、例えば平常時には限られた情報しか見せないようにしておき、災害時には多くの情報を見せるようにすれば、プライバシーを考慮した、より円滑な登録や検索が可能になる。

2つめは、地域ごとに異なる必須項目を決めておき、対応することである。例えば、日本と米国ではプライバシーに関する意識が異なるので、国毎に異なる項目設定をしておき、国によって差の小さい部分について共通化すれば、よりプライバシーを意識した設計が可能である。

これら2つの尺度を決めるためにも、われわれはアンケートを実施して平常時と災害時のプライバシー意識の差、および、国家間の意識差を調べてゆく予定である。

7 おわりに

非常時においては、情報の欠乏がより状況を深刻化することが考えられるため、情報共有を円滑にするための通信基盤や情報サービスが不可欠である。本稿では、こういった要求に応えるシステムを非常時通信システムとしてまとめ、要求される技術と現在の取り組み、課題について述べた。

また、本稿では触れられていないが、このような非常時通信システムにおいては、さまざまな文化圏で利用可能なように「多文化対応」を果たすことが重要な課題として認識されている。[19]

今後は、それぞれの課題に取り組むとともに、いくつかのシナリオを想定し、シナリオに合わせた構成や、総合的な非常時通信システムとしての枠組み作りなどを行っていく。

謝辞

本稿執筆において、通信総合研究所非常時通信グループのメンバーには、資料の作成や有益な助言など多大な協力を頂いた。記して、感謝の意を表したい。

参考文献

- [1] 滝澤 修, 斎藤 義信, 大野 浩之, “被災者支援安否情報登録検索システムにおける無線を介した登録機能の検討”, 日本ソフトウェア科学会, インターネットテクノロジーワークショップ 2001 (WIT2001), SP-1, Aug. 2001.
- [2] 岡田 和則, “災害等における携帯電話の通話時間規制の検討”, 電子情報通信学会 無線通信システム研究会, 2000.
- [3] 石井 秀治, 佐野 晋, “通信衛星を用いたマルチキャストデータ伝送機構の設計と実装”, 情報処理学会研究報告書 98-DSM-9, pp. 43-48, 情報処理学会, May 1998. 情処研報 Vol. 98, Num. 36.
- [4] Yukimitsu Izawa, Shuji Ishii, Nobuhiko Tada, Masaya Nakayama, “Implementation and evaluation of widely distributed database system using satellite based multicast and netnews system for the transport mechanism”, In proceedings of Internet Workshop '98 (IWS'98), 1998.
- [5] S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, “An Architecture for Differentiated Services”, RFC2475, Dec. 1998.
- [6] Rei S. Atarashi, Hiroyuki Ohno, Makoto Niimi, Kunihiro Chihara, “Priority Control Mechanism managed by Metadata”, In proceedings of International Conference on Dublin Core and Metadata Applications 2001, Oct. 2001.
- [7] S. Weibel, J. Kunze, C. Lagoze, M. Wolf, “Dublin Core Metadata for Resource Discovery”, RFC2413, Sep. 1998.
- [8] 井澤 志充, 三輪 信介, 篠田 陽一, “広域疎結合分散システムのためのデータ配送機構の設計”, 情報処理学会, DPS ワークショップ '99, Dec. 1999.
- [9] Tsuyoshi Ebina, Fumiko Matsumoto, Teruhisa Miyake, Yasushi Ishihara, Makoto Niimi, Shoko Ozaki and Hiroyuki Ohno, “AN ANALYSIS OF SAFETY INFORMATION REGISTRATION INTERFACE ON THE IAA SYSTEM”, In proceedings of 2001 IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME2001), SP2,03, Tokyo, 2001.
- [10] Tsuyoshi Ebina, Seiji Igi and Teruhisa Miyake, “Fast Web by Using Updated Content Extraction and a Bookmark Facility”, In proceedings of Fourth International ACM conference on Assistive Technologies (ASSETS2000), pp.64-71, Virginia, 2000.
- [11] Tsuyoshi Ebina and Teruhisa Miyake, “Hierarchical Web Frame Navigation for the Visually Impaired”, In proceedings of 1st International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction (UAHCI2001), New Orleans, 2001.
- [12] Kiyoshi Kiyokawa, Makoto Niimi, Tsuyoshi Ebina, Hiroyuki Ohno, “MR² (MR Square): A Mixed-Reality Meeting Room”, In proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality 2001 (ISAR '01), 2001 (to appear).
- [13] Kiyoshi Kiyokawa, Yoshinori Kurata, Hiroyuki Ohno, “An Optical See-through Display for Mutual Occlusion with a Real-time Stereo Vision System”, Elsevier Computer Graphics, Special Issue on “Mixed Realities - Beyond Conventions”, 2001 (to appear).
- [14] Kiyoshi Kiyokawa, Tsuyoshi Ebina, Fumiko Matsumoto, Hiroyuki Ohno, “A Wearable Communication Support System based on History and Interest Similarity”, In proceedings of the Wireless Personal Multimedia Communications 2001 (WPMC 2001), Aalborg, 2001.
- [15] 大野 浩之, 武智 洋, 永島 秀己, “インターネットの脅威に対抗しうる脆弱性データベースと検証システムの構築”, 情報処理学会, DSM シンポジウム 2001, Feb. 2001.
- [16] 三輪 信介, “抗脆弱性サーバシステムの設計 — Virtual Machine 技術の応用 —”, 日本ソフトウェア科学会, インターネットテクノロジーワークショップ 2001 (WIT2001), G1-1, Aug. 2001.
- [17] Nobuhiko Tada, Yukimitsu Izawa, Masahiko Kimoto, Taro Maruyama, Hiroyuki Ohno, Masaya Nakayama, “IAA System (“I Am Alive”): The Experiences of the Internet Disaster Drills”, INET2000, Internet Society, 2000.
- [18] 井澤 志充, 木本 雅彦, 多田 信彦, 大野 浩之, 篠田 陽一, “IAA システムの現状とその課題”, In proceedings of Internet Conference 2000 (IC2000), 2000.
- [19] Hiroyuki Ohno, “Overview and Issues of Multilingual Support on IAA system”, The 20th International Conference on Distributed Computing Systems, 2000.