

エニキャストを用いた緊急通信

朝長 康介[†]

太田 昌孝[‡]

[†]九州大学大学院システム情報科学府 [‡]東京工業大学情報理工学研究所

E-mail: [†] tomonaga@ale.csce.kyushu-u.ac.jp [‡] mohta@necom830.hpcl.titech.ac.jp

あらまし インターネットが情報社会基盤の中心となると、緊急連絡先となるIPアドレスやそれに対応したドメイン名が、救急、消防、警察などを担う組織との緊急事態における通信に必要となる。そのアドレスはよく周知されると同時に、地域ごとの組織と連絡が可能であることを期待される。このようなアドレスを用いた通信はエニキャストで実現可能である。本論文では、エニキャストを緊急通信に応用することを検討し、その有効性を示す。その結果、緊急通信にエニキャストを用いれば、クライアントの位置に応じた最寄りのサーバに自動接続できる仕組みが実現されること、サーバ側では負荷分散が可能であることが示される。

キーワード エニキャスト、緊急通信、ライフライン、インターネット、ユビキタス環境

Emergency Services Using Anycast

Kosuke Tomonaga[†]

Masataka Ohta[‡]

[†]Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

[‡]Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

E-mail: [†] tomonaga@ale.csce.kyushu-u.ac.jp [‡] mohta@necom830.hpcl.titech.ac.jp

Abstract As the Internet becomes the basic information infrastructure of the society, it is required to support well known addresses, or well known domain names mapped to the addresses, for emergency use to contact entities reacting for emergency such as ambulance, fire fighters and police. As the addresses are expected to be well known nation wide but, at the same time, reach local entities, the addresses are anycast ones. In this paper, we consider and show ways to use anycasting for emergency.

Keyword Anycast, Emergency Service, Lifeline, Internet, Ubiquitous Environment

1. はじめに

インターネットが情報社会基盤の中心となりユビキタス環境が実現されたとき、インターネットはライフラインとしての役割も担うことになる。つまり、消防や警察などの通信は24時間可能であり、大規模災害などに対して通信の途絶は最小限の時間や地域に抑えられることが望まれるようになる。このようなライフラインとしての役割は伝統的に電話網が担ってきたが、インターネットがライフラインとしての役割を担うには、電話網と同様の対策が必要となる。すなわち、停電対策や多重化、地域内に閉じた通信が行えることが必要になる[1]。

このようなライフラインにおいては、警察や消防などを担う組織との緊急通信機能も要求される。このような組織は一般に地域単位で構成されるため、端末により、発信者の居場所に応

じた組織と通信できる仕組みがあれば有意義である。例えば、ある市町村で災害が発生した場合、移動体端末上のクライアントから、同じ市町村にある消防局のサーバに自動で接続する仕組みがあれば、通報や連絡などが速やかに行える。また被災時に周囲の状況や配給に関する情報を得ることも可能である。このように警察や消防等を担う全国の組織のうち、発信者の居場所に応じたものと通信する仕組みは、電話網において110番や119番等を用いて実現されている。

インターネットにおいても110番や119番のようなエニキャスト電話番号をユニキャストアドレスに変換するサーバを用いることで、IP電話による緊急通信を実現する方法がある。しかし、緊急時には電話以外にもWEBを含めたインターネット上の多様なアプリケーションが有用であるが、その多くはそもそも電話番号というもの

をもたないため、インターネットが情報社会基盤の中心となった場合には不適切であり、インターネット機器が必ず持つIPアドレスに直接もつた緊急時通信が必要である。

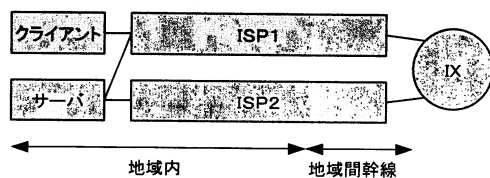
ところで、エニキャスト[2]とは、1つのIPアドレスを複数のサーバで共有し、クライアントから送信されたパケットをルーティングにより選択された最寄りのサーバに届ける技術である。ここで、共有されるアドレスはエニキャストアドレスと呼ばれ、本稿ではさらにIPアドレスを共有するサーバをエニキャストサーバと呼ぶ。このエニキャストの利点は、各地に分散して設置されたサーバを共通のアドレスで利用できることにある。

本稿では、ライフラインとして利用されるインターネットにおいて、エニキャストを緊急通信に応用することを検討する。この検討により、エニキャストを用いれば、発信者が地域ごとに最寄りのサーバに自動で接続できる仕組みや、サーバ側での負荷分散が実現可能であることが示される。

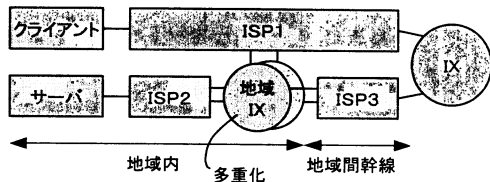
2. ライフラインとしてのインターネット

本稿では、消防や警察などを担う組織との通信が24時間可能であり、大規模災害や事故などに対しても通信が途絶する時間と地域が最小限に抑えられる通信網をライフラインと定義する。

インターネットをライフラインとして機能させるには、通信網を構成する機器に停電対策を施すこと、機器と通信路の多重化により故障や断線に備えることなどが必要となる。停電対策の方法としては、局にバックアップ電源を用意し、停電時に局のルータ等を動作させることが現実的な方法として考えられる。しかし、局から加入者端末への給電は現実的ではない。その理由としては、第一にFTTHのように本来銅線を用いずに済む通信方式においても、給電のために銅線を敷設せねばならないからである。また、携帯電話やノートパソコンには局からの給電が非常に困難であり、現在では加入者がこれらに充電するのが当然のこととなっている。第二に多様な機器が接続されるインターネットにおいては適切な給電量が不明である。よって、端末の停電対策は加入者が行うべきことである。また、多重化の方法としては、加入者側でマルチホーミングを用いることが可能である。これは、



(a)サーバが地域内のISP全てと接続



(b)地域IXで地域内のISPを相互接続

図1 地域内に閉じた通信の実現

複数の異なる局からそれぞれアクセス網を敷設することにより、通信の信頼性を高める方式である。

一方、ライフラインとしてのインターネットには、通信が地域内で閉じて行えることも必要とされる。この理由としては、第一に、消防、警察、救急など、生死に関わるような通信は地域内に閉じることが多く、この閉じた通信を効率よく行いたいという要求があるからである。第二に、たとえ機器や通信路が多重化され停電対策が万全であったとしても、大規模災害や事故などにより通信が途絶する可能性が残るからである。そして、通信途絶の可能性は通信路が長く伸び、多くの機器を経由するほど大きくなる。また、通信途絶だけでなく、混雑による通信品質の低下も問題となる。そこで、通信を地域内で閉じる方法が必要とされるが、これには、警察等を担う組織のサーバを、地域内のISP全ての通信網と接続する方法がある。これを用いた例を図1(a)に示す。この方法には、使用不能に陥っていないISPからの通信が可能である利点がある。発信者のクライアントがこの利点による恩恵を享受するには、可能な限り多くのISPと多重接続すれば良い。ところで、この方法により地域内で閉じた通信を実現するには、警察や消防等を担う組織との無料接続をISPに対して義務付ける必要があろう。一方、この方法を採らず、警察等が地域内のISP全てと接続しない場合は、地域IXにより、警察等と接続しているISPから他のISPに経路を提供する方法がある。

これを用いた例を図1(b)に示す。この場合、各ISPに各市町村内等で複数の地域IXで相互接続することを義務付ける必要がある。

3. エニキャスト

エニキャストとは、1つのIPアドレスを複数のサーバで共有し、クライアントからのパケットをルーティングによって選択された最寄りのサーバに届ける技術である。図2はエニキャストを用いた際のパケットフローを示したものである。サーバの選択は2通りの方法で実現可能である。1つ目は、ルーティングプロトコルの動的な選択に任せる方法であり、その基準としてはメトリックやポリシーを用いる。2つ目は、経路を予め定める方法で、その基準としては例えば地理的な距離を用いる。ここで、共有されるアドレスはエニキャストアドレスと呼ばれ、ユニキャストアドレスとの本質的な違いはない。そのため、エニキャストアドレスにはユニキャストアドレス空間の一部が割り当てられる。本稿ではさらにアドレスを共有するサーバをエニキャストサーバと呼ぶ。

エニキャストの利点は、インターネットの各所に分散して置かれたサーバを共通のアドレスで利用できることにある。クライアント側では出荷や初期化などの際にサーバのアドレスを1つ設定すれば、移動などに伴う設定変更が不要となる。さらに、サーバ側にはエニキャスト特有の設置台数の制限はなく、その台数に応じてクライアントからの負荷を分散できるという利点がある。この負荷の程度は経路制御により自動的にサーバが選択されるという特徴から大まかに予測可能である。また、エニキャストでは遠方の経路障害の影響を回避することが可能である。これはサーバの設置台数にエニキャスト特有の制限がないため、クライアント近傍にサーバを設置することが可能だからである。さらに、クライアントとサーバ間の通信は近距離低遅延となる。加えて経路障害に対する信頼性も向上する。なぜなら、たとえクライアントから最寄りのサーバに至る経路が切断されたとしても、次善の経路が自動的に再計算されるからである。このエニキャストの耐障害性は経路障害に関してのみ有効である。たとえば最寄りのサーバへの経路が正常である場合においても、そのサーバ上でサービスを提供するプログラムに

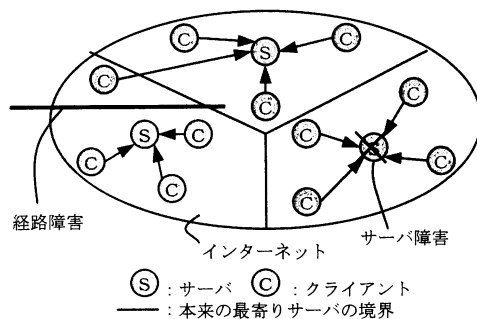


図2 エニキャストのパケットフロー

障害が生じればサービスが中断する。

エニキャストの欠点は、経路表エントリの消費にある。具体的には、エニキャストサーバの選択を経路制御に任せているため、1つのエニキャストアドレスが1つの経路表エントリを消費することが問題となる。このため、エニキャストを実際に用いるには、エニキャストの利用を必要な用途に制限すること、もしくはその利用によりバックボーンにエニキャストの経路情報を流出させないことが必要となる。

4. エニキャストを用いた緊急通信

ライフラインにおいては、警察や消防などを担う組織との緊急通信機能が必要とされる。このような組織は一般に地域単位で構成されるため、端末により、発信者の居場所に応じた組織と通信できる仕組みがあれば緊急事態において有意義である。例えば、ある市町村で災害が発生した場合、移動体端末上のクライアントから、同じ市町村にある消防局のサーバに自動的に接続する仕組みがあれば、通報や連絡などが速やかに行える。また被災状況や配給に関する情報を得ることも可能である。このように警察や消防等を担う全国の組織のうち、発信者の居場所に応じたものと通信する仕組みは、電話網において110番や119番を用いて実現されている。

インターネットにおいて、エニキャストアドレスを連絡先として用いれば、緊急通信機能の実現が期待できる。なぜなら、エニキャストは最寄りのサーバをルーティングにより自動選択する仕組みだからである。よって本稿では緊急通信におけるエニキャストの有効性を検討する。

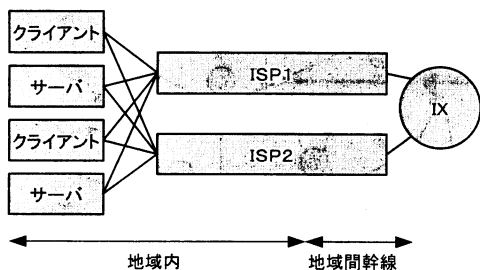


図3 前提となるネットワークモデルの例

4.1 前提となるネットワークモデル

前提となるネットワークモデルの例を図3に示す。このモデルはインターネットをライフラインとして用いる際に講じるべき対策を、停電対策を除いて施したものである。すなわち、地域内での閉じた通信が可能な多重化されたネットワークモデルである。例えば、多重化として、図中のクライアントは、全て地域内のISPのネットワークに二重接続している。このため、クライアントが接続するいずれかのネットワークが被災により通信不能に陥った場合でも、残りのネットワークが通信可能であればインターネット接続が維持できる。一方、通信が地域で閉じて行えるよう地域内にある全てのサーバは、同じ地域内にあるISP全ての通信網に接続されている。以下、図3のサーバはすべてエニキャストサーバであるとし、このモデルにおけるエニキャストの利用を検討する。

4.2 エニキャストアドレスとサービスに対応したドメイン名の割り当て

緊急通信におけるエニキャストアドレスは、アドレス空間から特定の部分を割り当てるのが妥当である。例えば、IANA [3]により/24のプレフィックスを持つIPv4アドレス空間を割り当てるのがこれに該当する。このような割り当てが妥当である理由としては、第一にエニキャストにより経路表エントリが消費される数に上限が定まるからである。この上限を定めることで、エニキャストの経路情報をバックボーンに流し、複数の異なるISPのネットワークをまたいだサーバ選択が可能になる。第二に、エニキャストアドレスは事業者に関わらず共通のものを利用すべきだからである。もし事業者ごとに異なる緊急連絡先が必要となれば、緊急時に

加入者を混乱させる可能性がある。第三に、緊急時にクライアントにエニキャストアドレスを設定することを想定すれば、アドレスの数は少ない方が望ましい。

一方、エニキャストアドレスと警察や消防などのサービスの対応付けが必要となる。これはサービスごとに専用のドメイン名を割り当て、このドメイン名とエニキャストアドレスの関係をDNSで提供することが可能である。

4.3 サーバへの自動接続と負荷分散

エニキャストを用いれば、クライアントは経路制御によりサーバを選択することが可能となる。これを可能とするには、サーバがクライアントの位置により自動的に決定されるよう経路制御を設定する必要がある。

インターネット機器には、製造時に緊急連絡先としてエニキャストアドレスやそれに対応したドメイン名を予めクライアントに設定しておくことが可能である。たとえクライアントが移動体端末上にあったとしても、その移動によりエニキャストアドレスが変化することはない。したがって、エニキャストにより事前の設定が可能となるため、緊急通信の速やかな利用が可能になる。

一方、警察や消防などを担う組織では、地域内にあるISPの通信網ごとにエニキャストサーバを設置することで、地域ごとの緊急通信を受けることが可能になる。また、サーバの設置台数にはエニキャスト特有の制限がなく、適切に設置を行うことで設置台数に応じた負荷分散が可能となる。例えば、図3においてはISPごとに2台のエニキャストサーバが接続され、負荷分散が可能になっている。

ところで、ISPが加入者までの通信路を敷設がせず、他の事業者の電話網やEhernetを利用することがある。このとき、通信路を提供する事業者の幾つかは、ISPとその加入者に対してPPP(Point-to-Point Protocol)[4]を用いた接続を提供する。この接続が都道府県など大きな単位で行われれば、エニキャストを用いたサーバ選択に問題が生じる。なぜならば、PPPを用いた場合、たとえISPが市町村単位でエニキャストサーバを設置しても、RAS(Remote Access Server)から最寄りのエニキャストサーバが1台しか選択されないからである。

また、地域IXが都道府県など大きな単位で設置される場合も、エニキャストによる接続が

IX と ISP の接続点から到達可能な 1 台のエニキャストサーバに集中するため問題が生じる。そのため、地域 IX は警察や消防の管轄といった狭い地域のものである。

4.4 耐障害性

緊急通信に求められる耐障害性は、エニキャストにはない。経路障害に対する耐障害性も、サーバがクライアントの位置により自動選択されるために低くなる。そのため、緊急通信においては、異なるエニキャストアドレスをもつサーバを用意し、これを地域内の ISP 全ての通信網と接続する対策が必要となる。そして、この対策を用いた場合、クライアントはサービスに対応したエニキャストアドレス 1 つ 1 つに対して成功するまで通信を試みる。これにより、より強い耐障害性を得ることが可能になる。ところで、この複数のエニキャストアドレスは、サービスに対応したドメイン名により DNS からまとめて取得することが可能である。

4.5 通信の安定性

クライアントが移動し、その居場所の変化により通信中のエニキャストサーバが切り替われば、通信が切断される問題が生じる。この問題の原因は、選択されるエニキャストサーバがクライアントの位置により自動的に決定されるため、位置が異なれば、ときに異なるサーバが選択されるためである。この問題の重要性は、エニキャストサーバが選択される地域の広狭により定まる。つまり広ければ切り替わる回数は少なく問題にならないと想定されるが、逆に狭ければ回数が多くなり問題となることが想定される。そのため、これに対策が必要か否かは場合により異なる。対策としてはアプリケーション側で対応することが考えられる。例えば、エニキャストサーバにエニキャストアドレスの割り当ても行い、サーバの選択はエニキャストで行うが通信の確立はエニキャストで行う方法がある。

5. まとめ

本稿では、ライフラインとしてのインターネットにおいて、緊急通信にエニキャストを応用することを検討した。その結果、エニキャストアドレスを周知のものとし、これを緊急連絡先として用いることが有効であることが明らかになった。例えば、警察や消防などを担う組織は地域単位で構成されるが、その組織のサーバと通信する際、発信者はエニキャストにより居場

所に応じた最寄りのサーバを、クライアントの位置に応じた経路制御で自動的に選択することが可能である。また、そのサーバのクライアントによる負荷は、エニキャストにより分散させることが可能である。今後の課題としては、通報、連絡、広報それぞれのシステムにおけるエニキャストの応用を検討し、その結果を踏まえた実装と実験を行うことが挙げられる。

文 献

- [1]太田昌孝, “本当のインターネットをめざして Vol. 16: ライフラインとしてのインターネット”, 情報処理, Vol141, No. 7, pp. 844-845, 情報処理, 7月
- [2]Partridge, C., Mendez, T. and W. Milliken, “Host Anycasting Service”, RFC 1546, November 1993.
- [3]Internet Assigned Numbers Authority, “IANA HomePage”, <http://www.iana.org/>
- [4]W. Simpson, “The Point-to-Point Protocol”, RFC 1661, July 1994.