

安全な携帯電話網で CCN を用いた緊急通信の実現性に関する一考察

A study on a CCN-based Emergency Telecommunication Service in celler networks

多良 康孝†
Yasutaka Tara

小泉 佑揮†
Yuki Koizumi

長谷川 亨†
Toru Hasegawa

1 はじめに

119 番通報などの緊急通信は、社会インフラに欠くことができない機能であり、現在は電話網のみが提供している。しかしながら、電話網は回線交換に基づいており、通話中は回線を占有する。このため、多数の緊急通信が発生すると、呼が即座に繋がることは難しくなる。これに対して、IP ネットワークなどのパケット交換網では、メッセージ転送に回線を占有しないため、多数の緊急通信を同時に提供する可能性がある。しかしながら、IP ネットワークでは災害時の輻輳や回線断で DNS (Domain Name System) サーバへの通信が行えない際には、緊急通信の特番に相当する URI (Universal Resource Identifier) を IP アドレスに変換できず、通信できない可能性もある。

これに対して、コンテンツ指向のネットワークアーキテクチャの一つである CCN (Content-Centric Networking) [1] では、URI に相当する名前を用いてパケットを転送し、中央集権的な DNS サーバを必要としない。さらに、同じ名前を持つコンテンツをキャッシュとして複数配置できるため、複数のサーバが同じ名前のコンテンツを持つことで、そのコンテンツに対する要求を分散させることができる。以上のことから、CCN は輻輳への耐性があり、災害等で輻輳が発生した時にも緊急通信を提供することが期待される。

しかしながら、CCN を用いて緊急通信を提供するには、119 番通報を例にとると、電話における緊急通信への要求条件、(1) 管轄の消防本部への発信者の位置情報の通知、(2) 管轄の消防本部への接続、を満足する必要がある [2]。さらに、CCN や IP ネットワークでは、全てのノードが信頼できる通信事業者が運用する電話網と異なり、発信者の認証や、通信内容の完全性の保証などのセキュリティ関連の要求条件 [3] も求められる。

これに対して本稿では、アクセス網として安全な携帯電話網を用いて CCN ネットワークを構成することで、これらのセキュリティ関連の要求条件を携帯電話網の機能を用いて、満足する方針をとる。従って、本稿では、電話における緊急通信に求められる二つの要求条件 (1), (2) を満たすことが課題である。

以下では、CCN を用いた緊急通信の実装方針を述べる。第一に、CCN を用いた緊急通信として、SNS (Social Network Service) のようなメッセージ単位の通信を提供する。第二に、電話網でも要求される (1) は、CCN ネットワークには、電話網や携帯電話網と異なり、端末の位置を管理する機能を持たない。すなわち、位置を管理するサーバは設置されていない。このため、端末の位置情報については、携帯電話網内の HLR (Home Location Register) が管理する携帯電話端末の位置情報を利用することとする。第三に、(2) の要求条件は、暗黙的

に、119 番のような特番、すなわちウェルノウンな宛先に発呼することを仮定している。電話網においては、例えば、119 番通報の場合、端末を収容する回線交換機、あるいは基地局の位置に最も近い消防本部に接続する。このため、これらの回線交換機や基地局に到達した呼の宛先を最寄りの消防本部の番号に変換する機能を持たせている。従って、CCN ネットワークも同様に、ウェルノウンな名前を最寄りの消防本部の名前に変更する必要がある。本稿では、携帯電話網を収容する CCN ルータに変換機能を持たせることで対処する。

本稿の構成は以下のとおりである。2 章では、CCN における緊急通信実現への要求条件を述べる。3 章では、アーキテクチャの設計方針を述べる。4 章では、プロトコルの実装案を述べる。最後に、5 章では、本稿のまとめを述べる。

2 CCN における緊急通信実現への要求条件

2.1 電話における緊急通信

電話網において、119 番通報などの緊急通信は、以下の三つの機能を持つことが総務省により義務付けられている [2]。

- (1) 発信者の位置情報等を通知する機能
- (2) 管轄の消防本部へ接続する機能
- (3) 回線を保留または呼び出し等を行う機能

(3) の要求条件は、電話網特有であり、パケット網では要求されないと考えられるため、(1), (2) の要求条件を扱う。図 1 に電話網における緊急通信の実現法を示す。以下では、図 1 を構成する各要素を説明し、(1), (2) の要求条件の電話網での実現方法を説明する。

回線交換機は、固定電話端末および携帯電話端末を収容している。固定電話網の場合は、回線交換機の位置、一方、携帯電話網の場合は、基地局の位置を、電話網が通知する位置として用いる。これらの位置情報は、総務省が通信事業者へ設置を義務付けている位置情報通知サーバが管理している。緊急通信時には、発信者端末の位置情報が位置情報通知サーバを介して、自動的に消防本部へ通知される。

まず、(1) は、発信者の位置が位置情報通知サーバを介して、自動的に通知されることで実現している。

次に、(2) に対しては、図 1 に示すように回線交換機のルーティングテーブルに、ウェルノウン番号と、発信者の位置を管轄する消防本部の電話番号が登録されており、ウェルノウン番号宛の呼を受けると登録されている電話番号に変換することで実現している。

2.2 CCN の概要

CCN は、コンテンツに割り当てられた名前を宛先としてパケットを転送するネットワークアーキテクチャである。CCN

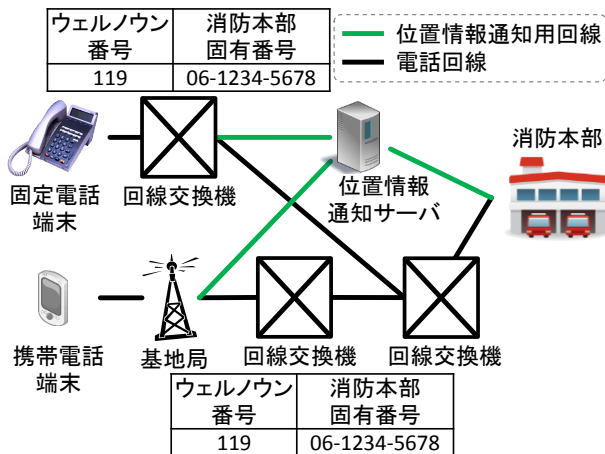


図1 電話網における緊急通信

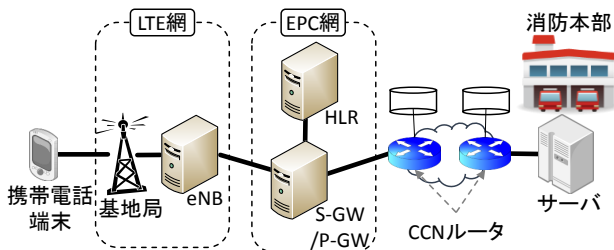


図2 想定する CCN ネットワーク

では、ユーザからの要求パケット (Interest パケット) が到着したコンテンツは、Data パケットとして、Interest パケットの経路を逆に辿ることによってユーザに届けられる。

名前に基づくパケット転送は、CCN ルータの持つ、FIB (Forwarding Information Base) によって実現される。FIB は、コンテンツ名のプレフィックスおよび宛先のフェイスのリストから構成される。名前は、URI のように、可読で複数の要素を “/” で区切った階層を持つ。CCN の経路制御プロトコルは、名前のルートから複数個の要素列からなるプレフィックスを広報し、FIB にはプレフィックスと出力先のフェイスが登録される。

2.3 想定する CCN ネットワーク及び端末

本節では、緊急通信を提供する CCN ネットワーク (図 2) の想定条件を述べる。

まず、CCN ネットワークのアクセス網として、LTE に準拠した携帯電話網 [4,5] を利用する。表 1 に、LTE に準拠した携帯電話網を構成するノードとその役割を示す。

アクセス網としての携帯電話網は、発信者がアクセスネットワークを利用する際に認証することで発信者が誰であることを保証するとともに、悪意の第三者による通信内容の盗聴や改竄を起こさせない。

3 アーキテクチャの設計方針

本章では、2 章で挙げた緊急通信の二つの要求条件を満足するための、設計方針を述べる。

表 1 LTE に準拠した携帯電話網を構成するノードとその役割

ノード	役割
基地局	携帯端末と通信する無線局
eNB : eNodeB	EPC 側へパケットを転送する
S-GW : Serving-Gateway	LTE と EPC を接続し、パケットを転送する
P-GW : PacketDataNetwork-Gateway	インターネットとの接続点の役割を担い、パケットを転送する
HLR : HomeLocationResister	携帯の加入者の位置情報等を保持するデータベース

(1) の発信者の位置情報の通知に対しては、発信者の位置情報として、発信者の携帯電話端末を収容する基地局の位置情報を用いる。携帯電話端末からの緊急通信を転送する Interest パケットを最初に受信する CCN ルータ、すなわち EPC 網からインターネットへの出口である P-GW に接続された CCN ルータが、発信者の位置情報の取得と、消防本部への通知を行う。具体的には、この CCN ルータは、HLR に Interest パケットを送信した携帯電話端末を収容する基地局の位置を問い合わせ、Interest パケットの名前に取得した位置情報を追加して送信することで、消防本部に通知するという方針をとる。

(2) ウェルノウンな宛先への転送は、電話網の場合と同様に、ウェルノウンな宛先の名前を、実際に転送する最寄りの消防本部の名前に変換する方針を取る。具体的には、位置情報から宛先の名前に変換する、NRS (Name Resolution Server : 名前解決サーバ) を導入する [6]。宛先の名前がウェルノウンな名前である Interest パケットを受信した CCN ルータは、(1) に従って基地局の位置情報を取得後、NRS サーバへ転送する。NRS サーバでは、ウェルノウンな名前を最寄りの消防本部の名前に変換して Interest パケットを転送する。

4 プロトコル実装案

本章では、消防本部への 119 番通報を例として 3 章の設計方針に基づくプロトコルの実装案を述べる。本稿では、コンテンツの名前として CCN が採用する階層的で可読な名前を対象とする。

4.1 パケットフォーマット

緊急通信を指定するウェルノウンな 119 番の番号を名前とする。例えば、/ CCN/ 119/ Japan を 119 番通報を表す名前とする。一方、携帯電話端末の緊急通信アプリケーションは発信者の氏名を、P-GW に接続した CCN ルータは基地局の位置情報、具体的には緯度と経度を、それぞれ / CCN/ 119/ Japan に続く要素として追加する。ここで、CCN ルータ間の経路経路制御プロトコルでは、ウェルノウンな名前より詳細なプレフィックスを広報しないことにより、発信者の氏名と位置をルーティングに使用されないようにする [7-9]。

4.2 HLR の利用

EPC 網に接続されている CCN ルータでは、緊急通信の Interest パケットを受信すると、図 3 に示す方法で、HLR か

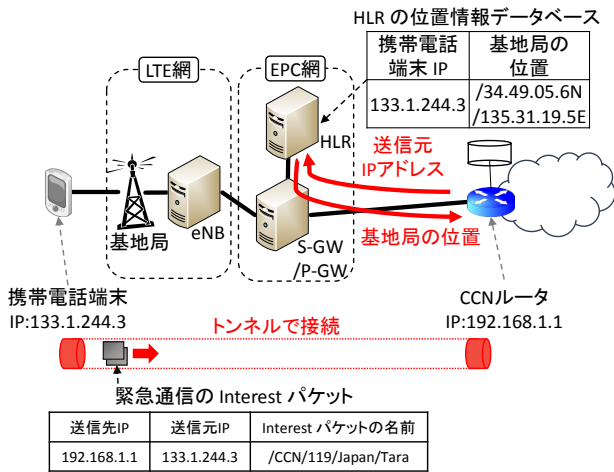


図3 発信者の携帯電話端末を収容する基地局の位置の取得方法

ら発信者の端末が収容されている基地局の位置を取得する。まず、携帯電話端末は、EPC 網に接続されている CCN ルータと IP トンネルで接続されており、この CCN ルータまでは IP ネットワークとしてパケットを転送する。具体的には、図3のように、端末が緊急通信の Interest パケット / CCN/ 119/ Japan/ Tara を送信する際には、トンネルで接続されている CCN ルータの IP アドレス 192.168.1.1 でカプセル化して送信する。CCN ルータは、IP でカプセル化された Interest パケットの送信元 IP アドレスを確認することで、携帯電話端末の IP アドレスを得る。EPC 網の HLR には、端末の IP アドレスと現在収容している基地局の位置情報が登録されており、カプセル化されたパケットの送信元 IP アドレスを問い合わせることで、携帯電話端末の位置情報を取得できる。

4.3 NRS の機能

CCN ネットワークのバックボーンには、図4に示すように、NRS を設置する。ここで、NRS を複数配置することが可能であり、これにより、NRS に対する要求を分散させるとともに、NRS の障害に対する耐性を向上させている。また、NRS は、緊急通信に用いるウェルノウンな名前 / CCN/ 119/ Japan を広報することで、携帯電話端末から送信される緊急通信の Interest パケットは、全て NRS に到着する。

さらに、NRS は、図5のように、受信した Interest パケットの名前の要素として挿入された位置情報から、その位置を管轄する消防本部のサーバの名前を取得し、Interest パケットの宛先の名前の要素の内、ウェルノウンな名前を、取得した消防本部のサーバの名前に変換してから、転送する。図5では、大阪府の消防本部に相当する / CCN/ 119/ Japan/ Osaka/ Server1 に変換している。消防本部のサーバからの返送により受信した Data パケットは、携帯電話網側から受信した Interest パケットの名前に再度変換して端末に返送する。

4.4 プロトコルシーケンス

4.4.1 発信者の位置情報の通知

発信者の位置情報の通知のシーケンスを図6に示す。発信者の携帯電話端末は、緊急通信の Interest パケット / CCN/ 119/ Japan/ Tara を送信する。P-GW に接続されている CCN ルー

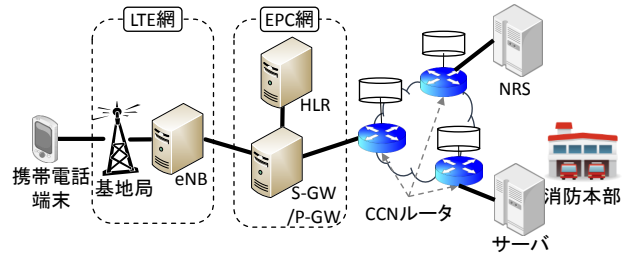


図4 NRS 設置後の CCN ネットワーク

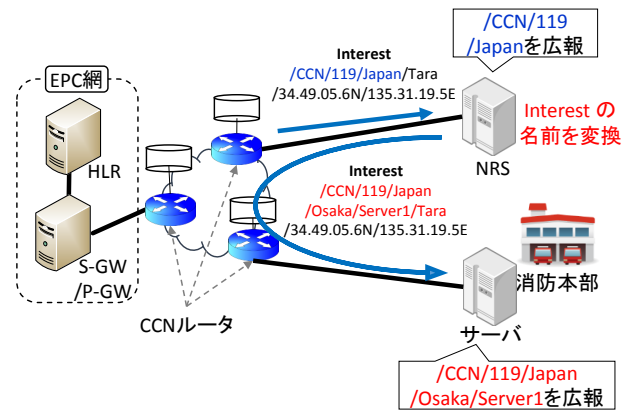


図5 NRS による Interest パケットの名前の変換

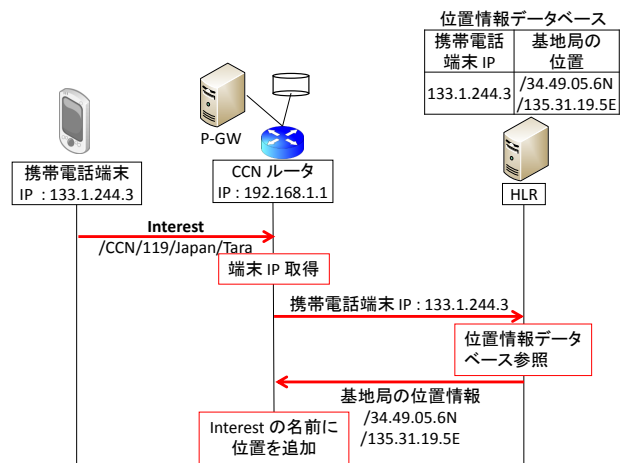


図6 発信者の位置情報の通知のシーケンス

タでは、送信元端末の IP アドレスを取得し、それをキーとして、HLR から送信元端末を収容する基地局の位置を取り出す。最後に、CCN ルータでこの位置を Interest パケットの名前に追加し、転送する。図6では、基地局の位置情報として、 / 34.49.05.6N/ 135.31.19.5E を取得し、位置情報を追加した Interest パケット / CCN/ 119/ Japan/ Tara/ 34.49.05.6N / 135.31.19.5E を転送している。この Interest パケットを消防本部が受信することで位置情報が通知される。

4.4.2 ウェルノウンな名前を用いた消防本部への転送

ウェルノウンな名前を用いた消防本部への転送のシーケンスを図7に示す。まず、NRS はウェルノウンなプレフィックス / CCN/ 119/ Japan , 及び、実際に緊急通信の Interest パ

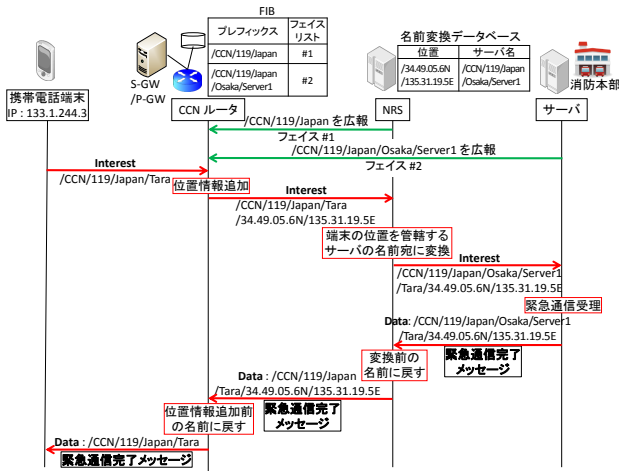


図7 ウェルノウンな名前を用いた消防本部への転送のシーケンス

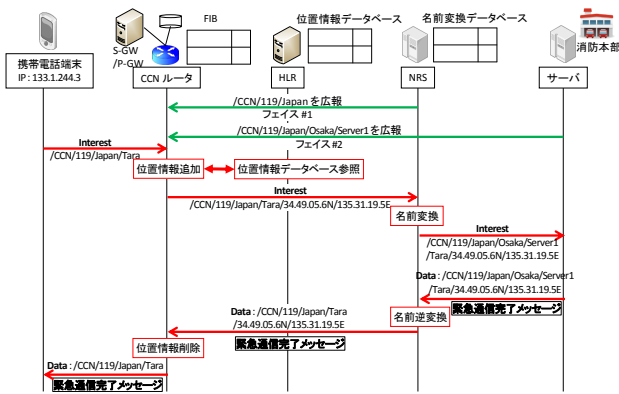


図8 緊急通信のプロトコル全体のシーケンス

ケットが転送されるべき消防本部のサーバは固有のプレフィックス / CCN / 119 / Japan / Osaka / Server1 の経路を広報する。NRS は、位置情報を含む Interest パケット / CCN / 119 / Japan / Tara / 34.49.05.6N / 135.31.19.5E を受信すると、位置情報、図 7 では / 34.49.05.6N / 135.31.19.5E を読み取り、Interest パケットの名前を、端末の位置を管轄する消防本部のサーバの名前 / CCN / 119 / Japan / Osaka / Server1 / Tara / 34.49.05.6N / 135.31.19.5E に変換して転送する。この Interest パケットを受信した消防本部のサーバは、緊急通信の受理完了メッセージを Data パケットとして返送する。例では、NRS に Data パケット / CCN / 119 / Japan / Osaka / Server1 / Tara / 34.49.05.6N / 135.31.19.5E を返送し、NRS では名前を変換する前のウェルノウンなプレフィックスに再度変換した Data パケット / CCN / 119 / Japan / Tara / 34.49.05.6N / 135.31.19.5E を転送する。

最後に、緊急通信のプロトコル全体のシーケンスを図 8 に示す。

5 おわりに

本稿では、CCN を用いて、電話でしか提供される 119 番通報などの緊急通信を実現する手法を検討した。現状の電話や IP 電話を用いる場合の緊急通信への要求条件のうち、CCN で

は解決困難な二つの要求条件に対して、電話での実装方法を解析し、CCN ネットワークでの実現法を示した。

謝辞

本研究は科学研究費 (B) (26280031) によるものである。

参考文献

- [1] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking named content," in *Proceedings of the fifth International Conference on Emerging Networking EXperiments and Technologies (CoNEXT '09)*, pp. 1–12, Dec. 2009.
- [2] 総務省, "緊急通報の機能." http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/net_anzen/hijyo/tuho.html.
- [3] K. Carlberg and R. Atkinson, "General requirements for emergency telecommunication service (ETS)," *Request for Comments (RFC) 3689*, Feb. 2004. Also available at <http://tools.ietf.org/search/rfc3689>.
- [4] 服部 武, 藤岡 雅宣, *HSPA+/LTE/SAE 教科書*. インプレス R&D, 1 ed., July 2009.
- [5] 3GPP TS 36.300 v11.8.0, "Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA) and evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN); overall description;," Jan. 2014.
- [6] N. B. Melazzi, A. Detti, M. Arumathurai, and K. K. Ramakrishnan, "Internames: a name-to-name principle for the future internet," June 2014. Also available at <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1401/1401.0114.pdf>.
- [7] V. Jacobson, D. K. Smetters, N. H. Briggs, M. F. Plass, P. Stewart, J. D. Thornton, and R. L. Braynard, "VoCCN: voice-over content-centric networks," in *Proceedings of the 2009 workshop on Re-architecting the internet*, pp. 1–6, Dec. 2009.
- [8] J. Burke, P. Gasti, N. Nathan, and G. Tsudik, "Securing instrumented environments over content-centric networking: the case of lighting control and NDN," in *Proceedings of The 2nd IEEE International Workshop on Emerging Design Choices in Name-Oriented Networking (NOMEN 2013)*, Apr. 2013.
- [9] J. Zhang, Q. Li, and E. M. Schooler, "iHEMS: An information-centric approach to secure home energy management," in *Proceedings of Third IEEE International Conference on Smart Grid Communications*, pp. 217–222, Nov. 2012.