

隣接同報通信の実現に向けた通信手法の検討、 及びアプリケーション群の実装評価

重近範行[†] 大藪勇輝[‡] 永井ゆり[†] 湧川 隆次[†]

慶應義塾大学 環境情報学部[†]

慶應義塾大学 政策メディア研究科[‡]

計算機の小型化や無線技術の普及により、ユーザが計算機を持って移動し、移動中や移動先でインターネットを利用することは珍しいことではなくなった。また、Bluetooth や IEEE802.11 などの無線技術は、ネットワークインフラストラクチャに関係なく、自由に隣接した計算機間で、一時的に通信環境や無線アドホックネットワークを作り出すことができる。利用者が無線と小型計算機を常に持ち歩く環境が整った今、人間の実際のコミュニケーションに近い通信方法として、隣接同報通信を提案する。同じ空間を共有し、近い距離にいる人間同士のコミュニケーションでは、相手を特定しなくても、近くにいる人間に何かを伝えることができる。この仕組みをインターネットで実現することにより、人間のコミュニケーションを支援することができる。本研究では、グループ化と通信手法を検討し、アプリケーションを実際に構築した。

A Neighborhood-Cast Communication and its Applications

Noriyuki Shigechika[†] Yuki Oyabu[‡] Yuri Nagai[†] Ryuji Wakikawa[†]

Faculty of Environment and Information Studies, Keio University[†]

Graduate School of Media and Governance, Keio University[‡]

In this paper, we introduce a new communication concept named neighborhood-cast. The neighborhood-cast is aimed to propagate information to neighboring nodes with rough reliability. Our human communication in daily life often begin with unspecified destination: for instance, announcement at airports, speech, asking the way to go, rescue in disaster area. However, a source node must specify a destination node or group before any communication on the Internet, although the end-to-end communication model on the Internet enable users to communicate any machines on the Internet. The neighborhood-cast achieves human-like communication on the Internet. We focus on “distance” in the communication. This paper investigates communication scheme of neighborhood-cast and introduces several applications implementing with the neighborhood-cast.

1 はじめに

今日、多くのインターネット利用者は無線通信を用いてネットワークに接続している。総務省の統計 [1] によれば、約 70% の利用者が携帯電話、PHS 及び携帯情報端末などの無線通信を使っている。1990 年代に普及した計算機やネットワークは、当初コンピュータのある場所までユーザが移動するという利用形態であった。2000 年頃からラップトップや PDA に代表される小型計算機の普及と、IEEE802.11 や Bluetooth などの無線技術の登場により、利用者が多くの計算機を持ち歩くまでになった。そして、移動先での利用は言うまでもなく、移動中に利用できる計算機環境を持つまでになった。結果として、通信をおこなう計算機間の物理的距離や通信環境が動的に変わるという環境ができた。一方で、インターネットでは、距離という概念は一般的にネットワーク的な距離を指し、それは物理的な距離とは全く関係ないものとして認識されていた。例えば、マンションで隣同士に住んでいても、契約している ISP が異なれば、ネッ

トワーク距離は複数ホップを要したり、海外周りの経路となったりと大きく異なる可能性がある。無線では計算機が接続する無線アクセスポイントの情報を元に、計算機の物理的な位置を特定するサービスや研究開発が進んでいる。例えば、PHS や携帯電話における位置情報サービスや無線 AP の情報を元に位置を特定する Locky プロジェクト [2] などがあり、位置を元にした応用サービスを実現する基盤ができつつある。また、近年ではアドホックネットワークや無線メッシュネットワークといった、インフラストラクチャを使わずに計算機同士を接続するネットワークも実現されつつある。このような計算機環境、接続環境そしてネットワークの形態の多様化による変化は、人間同士のコミュニケーションを支援する新しい環境構築への可能性を示している。

2 隣接同報通信の実現に向けて

2.1 隣接同報通信とは

本研究における隣接同報通信は、情報を範囲内の計算機群に送信する仕組みである。到達保証などは

おこなわず、近隣の不特定多数に対しての情報配信が重要である。この定義の裏にあるのは、相手を特定せずにおこなうコミュニケーションを、人間の自然なコミュニケーションの一つだと考え、インターネット上で具現化することである。

例えば、知人と電車に乗って会話をする場合、知人だけに聞こえる方法で会話をするのは難しく、同じ車両に乗り合わせた他人にも聞こえてしまう可能性がある。しかし、人間は必要でなければ無視し、必要であれば情報を取得するというように、受け取った後に取舍選択をおこなう。このとき、情報の送信には 100%の到達保証は無く、受信者によっては通信範囲内に居ても受け取れない場合がある。例えば、駅構内放送が聞き取れずに雑音として届く場合などがそれである。また、助けを求めようような場合、誰が助けてくれるのか、ましてや周りにいる人が誰なのか分からないので、自分の周りに助けを求めれば誰かが返答してくれるだろうという仮定のもとにおこなわれ、遠くまで聞かせたければ大きな声を出せばよい。このように、相手を特定しないでのコミュニケーションは我々の生活では一般的におこなわれている。

一方でインターネットの通信を見ると、そのアーキテクチャの根底に End-to-End 通信があるため、通信開始時に必ず通信相手を特定しなくてはならない。これは前述した不特定多数とのコミュニケーションとは逆行する。また、移動によるアドレスや接続形態の変化があっても通信相手を特定するために、DNS やディレクトリサーバなどのサービスに依存した通信環境となっており、インターネットへの接続性が失われた場合には、ほとんどの通信アプリケーションが利用できなくなる。人間は同じ空間さえ共有できていれば、道具なしに声や身振り手振りで相手に何かを伝えられる。同様に隣接同報通信では隣接範囲へのパケットの到達性だけを前提とするので、特に他のサービスに依存しない通信環境を実現できる。

本研究では、このような現実社会における人間のコミュニケーションをインターネット上で実現するため、隣接同報通信の実現を検討する。

2.2 想定通信環境

隣接通信において重要なのは近くに居る人に届くという事である。このとき、この近くを定義するものとして、ネットワーク的な距離と物理的な距離という二つのパラメータがある。今日のインターネットは、隣同士の計算機でも通信の接続先 ISP が違えば、ネットワークの距離は遠くなる。つまり、ネットワークの距離と物理距離に関連性は見られない。これは、携帯電話や無線 LAN などのインターネットのアクセスインフラとして利用される無線でも同様である。一方で、無線を使ってネットワークを構築する無線アドホックネットワークや無線メッシュネットワーク環境を考えると、無線で繋がっている計算

機のネットワークの距離は物理距離と比例することが容易に分かる。もちろん、電波送信範囲の広い無線と狭い無線ではその比例の度合いに違いがある。

隣接同報通信はインターネット上の通信手法であるため、ネットワークの距離を元に隣接を判断する。このとき、場合によっては物理的に近い人に届くかもしれないし、そうでないかもしれない。それらは、アプリケーションが意識することであり、隣接同報通信としてはあくまでもネットワークの距離を元に情報を配送し、届いた先を隣接とする。さらに、近年のインターネットが宛先の計算機が、どれだけ遠くにあってもパケットを到達させることを期待されているのに対し、隣接同報通信では数ホップ先であっても到達することを保証しない。

3 隣接同報通信の実現

本章では、第 2.1 節で定義した隣接同報通信実現に向けた機能要件を整理し、実現手法の検討をおこなう。隣接同報通信で想定する通信環境を図 1 に示す。まず、インフラ側の固定型ネットワークと無線で構築されるネットワークが相互接続されている。これは現在では一般的なネットワークである。このとき、無線側はアクセスポイント型のトポロジであったり、アドホックネットワークのようなトポロジであったりする。また、現在の計算機は Bluetooth や赤外線等の短距離型無線を持っていたり、携帯ゲーム端末が IEEE802.11b アドホックモードの無線を持っていたりと、インターネットから切り離されたネットワークも存在する。

図中の丸は計算機を示している。計算機 S1 が 4 ホップの範囲に隣接同報通信をおこなった場合、パケットは S1 を起点として 4 ホップの計算機群に到達する。計算機 S2 は 2 ホップの範囲に、計算機 S3 は 3 ホップの範囲に隣接同報通信している。これは、人間が自分の周りに対して声の大きさを変えながら呼びかけているような状況であり、それぞれの配送先は点線で囲んだ範囲になる。配送方法に関しては後述するが、もしインフラ側で IP マルチキャストなどの同報型通信の仕組みがサポートされている場合はその仕組みを使って配送する。一方で、無線側の特にアドホックネットワークでは IP マルチキャストの仕組みがうまく機能しないため、フラッディングを用いて配送する。重要なことは、たとえ配送方法等が異なる場合でも、固定型インフラと無線網の間で、シームレスに隣接同報通信が実現される事である。図中の R1 は両方のネットワークに属しており、無線と有線をブリッジする形でデータが配送される。そして、アプリケーションはインフラの種類や配送方法の違いを気にすること無く、同じデータ配信 API を利用して通信がおこなえ、また到達範囲もアプリケーションがホップ数等を用いて自由に設定できることも重要な要件である。

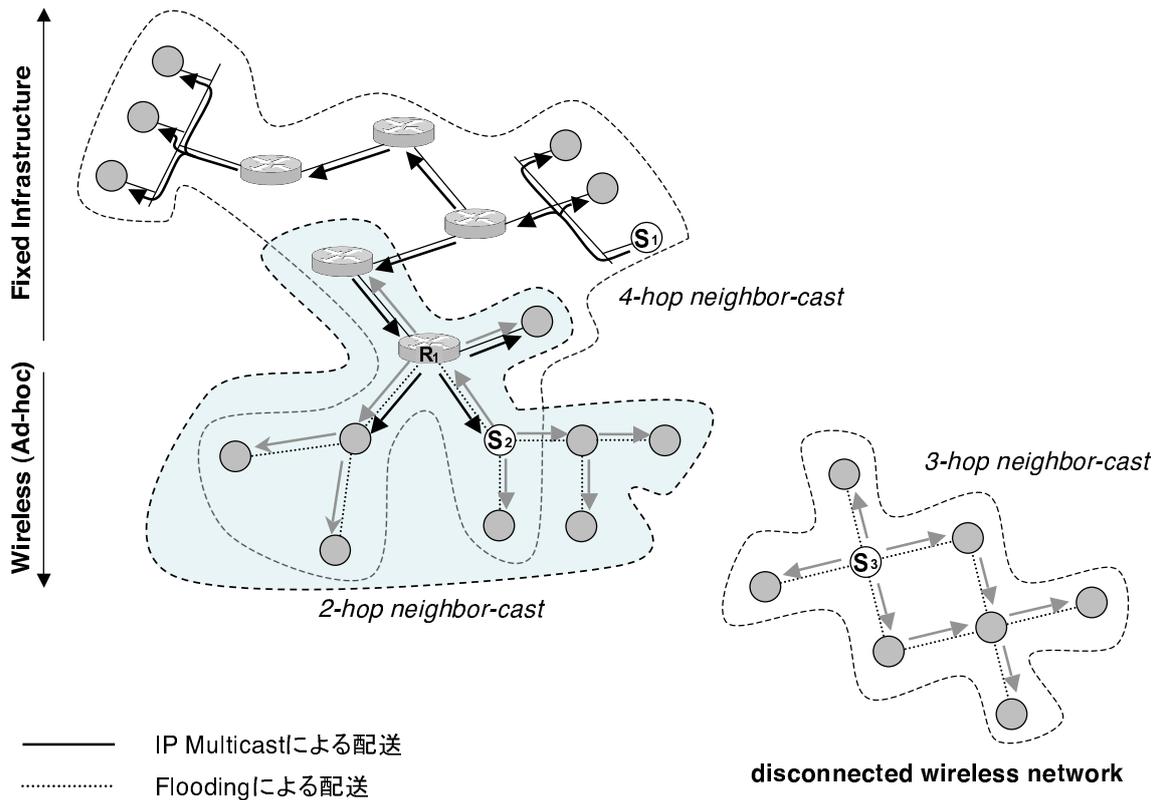


図 1: 隣接同報通信の概要図

本論文では隣接同報通信のための機能要件を以下に定義した。

- 隣接範囲の計算機にデータが届くこと
- ルータを超えた隣接範囲に情報を届けられること
- ネットワークの配送メカニズムの違いにアプリケーションが影響を受けないこと
- 配送範囲は送信者 (アプリケーション) が設定できること
- 到達の信頼性は配送メカニズムでは提供せず、必要に応じてアプリケーションで実現すること

これらの機能要件を考慮した上で、隣接同報通信の実現に向けて2点の考察が必要となる。隣接ノードのグループ化と実際のデータの配送手法である。次章でこの2点に着目して議論をおこなう。

3.1 隣接グループの特定に関して

隣接同報通信では、通信相手を事前に特定する必要はないが、現在のインターネットにおける End-to-End 通信を考慮すると、隣接計算機群をグループ化してマルチキャストアドレスのようなグループアドレスを付与し、そのアドレスを指定して通信することが考えられる。インターネットでは同報通信を実現する通信方法として、ブロードキャストとマルチキャストが定義されている。ブロードキャストは、フラッディングとも言え、ネットワークに接続

している全ての計算機にデータが配送されるが、最近のインターネットでは directed broadcast であってもルータを超えることはないのが通常である。また、モバイルアドホックネットワークでは、データリンクがブリッジである性質からフラッディング手法がいくつか提案されており、この場合は全ての計算機にデータが配送され、且つルータを超えることが可能である。マルチキャストは、ネットワークの設定によってはルータを超えて配送されるが、配送を受けるためには受信者が明示的にマルチキャストグループへの参加・離脱を制御する必要がある。そこで本論文では、以下の2通りの手法を検討した。

- グループ化して、グループを明示的に管理、指定して通信する方法
- ネットワーク上でデータのフラッディングを用い、受信者が取捨選択する方法 (グループ管理しない)

グループ化手法は、IP マルチキャストがおこなうようにそれぞれのマルチキャストグループが用意され、計算機はそのグループに参加・離脱することにより、ネットワークが誰に情報を配信すればよいかを管理する。明示的なグループ管理がおこなえ、そのグループ内計算機にのみ情報配信をすればよいので配信のためのネットワーク負荷が小さい。グループ管理のコストは、通常の IP マルチキャスト同様、ネットワークや計算機環境に依存する。計算機が移

動しない固定型ネットワークでは大規模なシステムを構築できるが、移動等を考慮すると数台だけでもそのコストは無視できない。また、現状の IP マルチキャストのグループ管理の仕組みは受信側が明示的に参加するが、隣接同報通信では送信側が隣接グループを定義する必要があるため、既存の仕組み IP マルチキャストでは不十分である。

一方で、後者の手法ではグループ管理等は一切おこなわず、隣接計算機は、送信計算機から見たネットワーク的な距離（ホップカウント等）などで定義され、基本的にフラッディングされる。受信者は、各パケットのヘッダ情報等を参照し、ネットワーク距離等を元に受信するかどうかを決定する。この場合、受信ユーザのみへの明示的なデータ配信ができないためネットワークのリソースを無駄に消費するなど問題がある。その反面、グループ管理を一切排除する事が可能であり、隣接計算機を判断する方法として、同一無線セル内やホップ数等の情報を用いることができる。この手法は、移動が考慮されているモバイルアドホックネットワークではマルチキャストの代案として、グループ管理をおこなわず、フラッディングをベースにした Simplified Multicast Forwarding for MANET (SMF) [3] として標準化が進められている。

それぞれの手法では利点と欠点があるが、本論文では基本的に後者を利用する。尚、アプリケーション側で、何らかのグループ管理手法を取り入れる事は可能である。後者を選ぶ第一の理由としては、グループ管理が不要なためである。隣接同報通信は、あくまでも計算機の受信希望によるグループへの参加という方法ではなくて、受信者が隣接に居るという事実が重要である。隣接とはネットワーク距離（ホップ数）や物理的距離（無線セル）によって定義されるため、グループ管理する必要も無い。第二の理由としては、管理コストである。本手法では全ての計算機がマルチキャストの発信者になることを想定しているが、隣接というグループは各計算機が独自に持つ必要がある。100 台の計算機があれば、100 台の隣接計算機群を生成する必要がある。これらに関わるコストは無視できない。受け取れていないデータを、明示的に受け取りたい場合はネットワーク的に近づくか、物理的に同一セグメントに移動する等の距離を縮めれば良い。最後の理由としては、送信側が明示的に受信グループを指定し管理する手法が存在しない事である。隣接同報通信では送信者が配送データに応じて配送範囲（グループ）を明示的に変える事を想定している。しかし、送信者が受信者をグループ化する管理手法は現時点では提案されていない。例えば、計算機の位置情報等を用いて地図上に計算機の所在がプロットし、そこにグループを送信側が明示的に指定することなどは実現できる。しかし、これらの仕組みは位置情報取得に GPS を

利用したりと、汎用的ではない。隣接同報通信では容易なコミュニケーションを働きかけるためにも何処でも何時でも動く仕組みが必要であるため基本グループリング手法として明示的なグループ管理は想定しない。

3.2 通信手法の検討

本章では、どのようにデータを実際に隣接ノードに配信するかを検討する。第 3.1 節で述べた通り、本論文ではグループ管理をおこなわない。そのため、データは隣接計算機群にフラッディングされ、受信側で受信の可否を決定する。マルチキャストは配送手法としては適しているが、マルチキャストのグループ管理をおこなわないため本論文では考慮しない。また、ブロードキャストは、一般的にはルータを超えないため、隣接計算機を定義することができないため考慮しない。フラッディングを実現する手法としては、アプリケーションレベルでのフラッディングと IP レベルでのフラッディングの 2 種類が考えられる。

アプリケーションフラッディングは、アプリケーションが互いを宛先として認識し、パケット配送手法をアプリケーションごとに計算する手法である。End-to-End の到達性が確保されていれば、経路上にどのようなネットワークがあっても動作することが可能だが、動的な宛先管理や配送網の最適化を実現するためには、アプリケーションがネットワークポロジやリンクの性質を考慮した上で動作しなければならない。また、アプリケーションに配送手法を組み込むことによる、普及やアプリケーションの開発コストは無視できない。

一方で、IP フラッディングは全ての配送を IP プロトコルが請け負う。様々な仕組みが提案されているが、本論文では IETF の MANET ワーキンググループで提案されている SMF に注目する。SMF は、ネットワーク内で動き回るアドホックノードがマルチキャストデータを受け取るための手法である。計算機が動くことによる IGMP や MLD のグループ管理オーバーヘッドやマルチキャストツリー更新のオーバーヘッドを考慮して、グループ管理をおこなわずフラッディングでデータを移送する仕組みである。SMF には、効率的な配信のために、パケットの重複配送の検知及び回避と効率的な配送手法が定義されている。MANET の全ノードがパケットを受信するという点では IP flooding と似ているが、Multipoint Relay Set Selection (MPR) [4] や E-CDS (Essential-Connected Dominating Set) [5]、CDS-MPR [6] などの中継ノード選択アルゴリズムを利用することにより、MANET のノード全てが同じパケットを再転送することを防ぐという特徴を持つ。また、SMF では IP options に SMF Duplication Packet Detection ヘッダを挿入することにより、同じメッセージがネットワーク内で同じ計算機に向けて重複して配送され

る事を回避することができる。

本論文では、将来的には IP ベースのフラッディング手法が利用できることを想定する。アプリケーションからは透過的に隣接同報通信がおこなえる事が重要である。しかし、全ての既存のルータを変更するには時間を要するため、一時的な解として後述するように、SMF の機能をアプリケーション層で実装した。本論文で紹介するアプリケーションフラッディングはインフラの種類に非依存であり、かつ独自にオーバーレイネットワークを組むため、どんな計算機もアプリケーションさえ稼働していれば隣接同報通信をおこなうことが可能となっている。一方で、アプリケーションフラッディングでは、規模性やアプリケーションの開発コストが問題となる可能性がある。そのため、IP レベルでの透過的な配送手法を確立する事は今後のインターネットの新しい通信のメカニズムとして重要なことである。

最後に、現在のところマルチキャストは考慮していないが、SMF は宛先アドレスとしてマルチキャストアドレスを想定しており、規模性を考慮すると、固定型ネットワークでは IP マルチキャスト経路制御技術を使い、モバイルアドホックネットワークでは SMF を使うという運用の可能性もある。IP マルチキャストは、近年の多くのコアルータやスイッチに配送のメカニズムが実装されており、インフラストラクチャ型ネットワークでは、ネットワークの提供する機能として期待することができる。このまま SMF が標準化されれば、固定型ネットワークとモバイルアドホックネットワークで同報型通信の機能が透過的に提供されるネットワークが特別なものではなくなる。

4 関連研究

隣接同報通信に関連する研究を挙げる。また、隣接同報通信とは直接関係はないが、ディレクトリサービスや通信支援アプリケーションの例も挙げる。

ゼロコンフィギュレーション技術は、IETF の Zeroconf ワーキンググループで検討されている技術 [7] で、アドレス割り当て、名前付け、サービスの検索の機能を要求している。Apple 社の Bonjour [8] が代表的であり、Microsoft 社の UPnP [9] などがこれと似た目的を果たすプロトコルとして開発されている。基本的には、オンラインのホストやネットワークデバイスの設定や通信を DNS やディレクトリサービス等に依存せずに実現するための枠組みであり、通信の際の packets 送信と宛先発見を支援する技術である。

MSN Messenger や Skype は、ディレクトリサーバによって、宛先リストを管理する、同時に複数の相手とコミュニケーションをおこなうことのできるテキスト・音声・ビデオ等を扱えるインスタントメッセージングである。宛先の発見にはディレクトリサー

バを用い、複数の相手との通信はアプリケーションレベルで同報型通信を実現している。

IP Messenger は、H.Shirouzu(白水啓章)氏が開発したインスタントメッセージングである。ディレクトリサーバ等に依存せず、ブロードキャストアドレスへの packets 送信によって、宛先発見をおこない、宛先リストとして管理する特徴を持ち、作成した宛先リストから通信相手を指定してメッセージのやりとりをおこなう [10]。宛先として管理するアドレスが相手の計算機の IP アドレスであるため、固定型ネットワーク以外で利用する場合には宛先リストの更新が困難だと考えられる。

MBone Applications は、IP マルチキャストの実験ネットワークである Mbone での利用を前提としたアプリケーション群である。音声会議やビデオ会議など多数のユーザが双方向で参加できるアプリケーションもあり、データ配送に IP マルチキャストを利用することが特徴である。IP マルチキャストでは、マルチキャストグループアドレスへの参加/離脱により配送の制御をおこなっているため、マルチキャストグループの発見・共有が問題となるが、SAP(Session Announcement Protocol) [11] や SDP(Session Description Protocol) [12] などを用いて解決することができる。

その他にも、本研究に類似した目的で、Haggle Project [13] や Nokia Sensor [14]、Microsoft Research の NearMe [15] などの研究がおこなわれている。Haggle Project では、ネットワークとユーザデータをアプリケーションであると考え、アプリケーションプロトコルや名前解決を吸収するアーキテクチャを提案している。また、Nokia Sensor や NearMe では、無線デバイスの特徴である電波強度などを使って近接の度合いをサービスに利用する仕組みを提案している。しかし、本研究では、インターネットの基本的な packets 転送のメカニズムと他のサービスへの非依存性を重視し、固定型のネットワークでもモバイルアドホックネットワークでもそのまま適用できることを考慮しているため、アプローチが異なる。

5 隣接同報通信アプリケーション

5.1 Flood6 デモン

隣接同報通信の実現に向けてアプリケーションレベルでの SMF である Flood6 デモン [16] を実装した。Flood6 デモンは主にアドホックネットワークにおける距離を意識した隣接同報コミュニケーションをサポートすることを主な目的として実装されたアプリケーションミドルウェアである。本ミドルウェアは隣接同報通信をサポートする手法の一つとして提案され、その上で動作する、Flooding Messenger [17] および Push To Talk(PTT) のアプリケーションを実装した。これは、アドホックネットワークなど無線をバックボーンとするネットワークではネットワー

ク的な距離と物理的な距離に正の相関関係があるという仮定の下に設計されている。例えば、無線での3ホップは無線の到達距離を計算すれば、おおよその距離の相対関係を把握できる。

Flood6 デーモンでは、近隣コミュニケーションのための効率的フラッディング手法として、MPR Flooding を採用している。MPR は、SMF や OLSR で利用されている効率的にメッセージをフラッディングする手法である。MPR を利用することにより隣接同報コミュニケーション時に発生するネットワークオーバーヘッドを最小にすることができる。Flood6 デーモンを介することで複数のアプリケーションから容易に効率的なフラッディングを利用することが可能となる。また、Flood6 デーモンを用いる事で個々のアプリケーションが MPR や重複検知などをおこなう必要が無くなる。

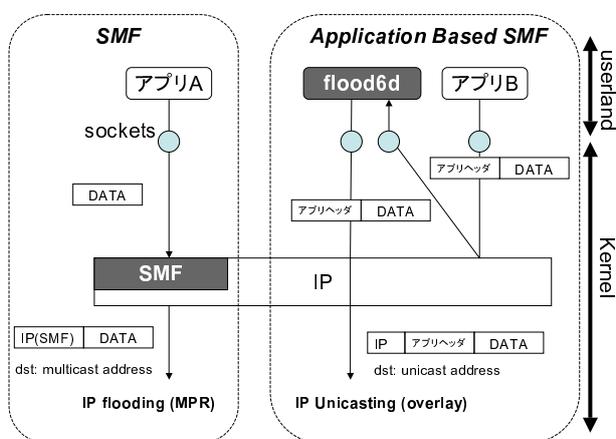


図 2: 隣接同報通信の概要図

図 2 に SMF と Flood6 デーモンの違いを示す。SMF ではアプリケーションが配送システムを意識する必要がないのに対して、Flood6 デーモンではアプリケーションが配送システムを意識する必要がある。これはアプリケーションが Flood6 デーモンを利用するためには特別なアプリケーションヘッダを付与することからわかる。これにより、既存のアプリケーションが Flood6 デーモン を利用する場合には一部の実装を変更する必要が生じるという欠点が生まれる。一方で、アプリケーションはアプリケーションヘッダに記述される情報、ホップ数や最大転送数 (TTL) などを利用することで距離を意識したコミュニケーションを実現出来る。また、SMF では IP スタックでパケットの再送時の重複検知や効率的な配送手法 (MPR 等) を処理する一方で、アプリケーションフラッディングの場合は Flood6 デーモンで全てをおこなう必要がある。Flood6 デーモンがオーバーレイ上で次にデータをどこに配送するかを決定し配送する必要がある。この違いを表 1 に示す。

表 1: SMF と Flood6 の比較

	IP スタックへの要求	アプリケーションへの要求
SMF	IP スタックへの実装	なし
Flood6	なし	アプリケーションヘッダの付与

Flood6 デーモンを使う利点としては、インフラの機能に関係なくデータの配送ができる。異なるノード上で動作する Flood6 デーモン同士が連携することで、隣接同報コミュニケーション用の MPR Flooding を利用したアプリケーションレベルオーバーレイネットワークが構築される。Flood6 デーモンはローカルホストで動作するアプリケーションプロセスからデータを受け取ると、Flood6 デーモン用のアプリケーションヘッダに記述されている送信者アドレスや宛先ポート、最大転送数 (TTL)、ホップ数などを記憶する。このアプリケーションヘッダは各アプリケーションによって付与される。Flood6 デーモンはこれらの情報を記憶した後、オーバーレイネットワークへアプリケーションデータを転送する。Flood6 デーモンは異なる計算機上で動作する Flood6 デーモンからパケットを受信すると、アプリケーションヘッダの内容をチェックする。これにより、そのデータがユーザにとって必要なか、どのアプリケーションポートに転送すべきかの判断をおこなう。この判断基準は Flood6 デーモンの提供する API によりユーザもしくはアプリケーション側から設定可能である。Flood6 デーモンを利用するユーザはあらかじめどのアドレス、どのポート宛の情報が欲しいのか、また条件に合致するデータをどのように転送して欲しいのかを設定可能である。

5.2 Flood6 を用いたアプリケーション例

Flood6 デーモンを利用して実現可能なアプリケーション例として Flooding Messenger を構築した。Flooding Messenger はアドホックネットワークを利用したグループコミュニケーションツールである。Flood6 デーモンは物理的な距離の近い不特定多数のユーザ間コミュニケーションを実現する。Flooding Messenger はアプリケーションレベルでフラッディングをおこなうことによりメッセージ伝搬をおこなう。中継機で動作する Flooding Messenger は受信データを転送するか否かを、データのホップカウントを基に判断する。受信機で動作する Flooding Messenger は受信メッセージのフォントをそのホップカウントに基づき変化させる。ホップカウントに応じてフォントサイズを変化させることにより、メッセージに物理的な距離間という要素を含ませることが出来る。図 3 に、Flooding Messenger のユーザインタフェースを示す。Flooding Messenger と Flood6 デーモンは別々に実装されたものである。しかしながら、Flood6 デーモンのアプリケーションヘッダにはホップ数などが記述されているため、上述したよ

うな距離を意識させるコミュニケーションは Flood6 デモンを利用することで実現できる。



図 3: Flooding Messenger のインタフェース

もう一つのアプリケーション例として Push To Talk (PTT) を構築した。PTT は宛先アドレスとして、端末に付与されたアドレスではなく、マルチキャストアドレスやユニキャストアドレスを指定することによって、音声双方向通信を実現するアプリケーションである。PTT は Flood6 デモンと組み合わせて利用することにより、隣接同報通信を実現する。PTT を Flood6 デモンと組み合わせた場合、PTT から入力された音声データは隣接ネットワークにいるアプリケーションに受け取られ再生される。

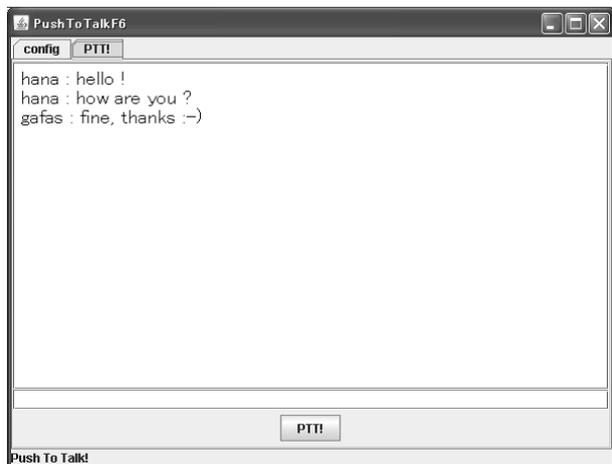


図 4: Push To Talk のインタフェース

これらのアプリケーションは、慶應義塾大学環境情報学部の授業である情報技術ワークショップや Segway という小型の乗り物をアドホックネットワークで接続する segwaynet プロジェクト [18] で使われている。また、2006 年 11 月に丸の内で開催された慶

應義塾大学 SFC Open Research Forum でデモンストラーションをおこなった。

6 まとめ

本研究では、インターネット上の新しい通信方式として、隣接同報通信を提案した。隣接同報通信は、人間同士のコミュニケーションの一つである相手を特定せずにおこなうものを具現化するために、近隣の不特定多数に対しての情報配信を実現するものである。

隣接同報通信では、送信者が受信者群を宛先、隣接範囲をネットワーク距離 (ホップ数) などで指定できる必要があるが、現在のインターネットにはこれを満たす配送の仕組みが実現されていない。このため、現状のインターネットの宛先の表現の仕方について検討をおこない、フラディングをネットワークの機能として実現することが、隣接同報通信に最も適していることがわかった。

また、隣接同報通信を実現するために、アプリケーションレベルでフラディングを実現する Flood6 デモンを実装した。さらに、Flood6 デモンで構築したネットワーク上で動作する、Flooding Messenger と Push To Talk という 2 種のアプリケーションを開発し、隣接同報通信を用いたコミュニケーションを実現した。

アプリケーションのシナリオとしては、1) フラディングを用いると、同じ空間を共有した全ての人間に声が届くような状況、2) マルチキャストを用いると、WalkyTalky のように、通信チャネルを共有したものと通信できる状況が考えられる。どちらの場合にも、距離と声の大きさや電波の強さに応じてデータが届いたり届かなかったりする状況が起こるが、隣接同報通信を実現することができる。

謝辞

本研究を進めるに当たって多大なる協力を頂いた、慶應義塾大学 SFC 研究所インターネットリサーチラボのメンバと、segwaynet プロジェクトのメンバに感謝します。

参考文献

- [1] 総務省 情報通信政策局. 平成 18 年通信利用動向調査. http://www.soumu.go.jp/s-news/2007/pdf/070525_1_bt.pdf.
- [2] Locky project. Locky.jp : 無線 LAN を用いた位置情報・測位ポータル. <http://locky.jp/>.
- [3] J. Macker and . Design Team. Simplified Multicast Forwarding for MANET, June 2007.
- [4] P. Jacquet, A. Laouti, P. Minet, and L. Viennot. Performance of Multipoint Relaying in Ad Hoc Mobile Routing Protocols. In *NET-WORKING '02: Proceedings of the Second International IFIP-TC6 Networking Confer-*

- ence on Networking Technologies, Services, and Protocols; Performance of Computer and Communication Networks; and Mobile and Wireless Communications*, pages 387–398, London, UK, 2002. Springer-Verlag.
- [5] R. Ogier and P. Spagnolo. MANET Extension of OSPF using CDS Flooding. Internet-draft, Internet Engineering Task Force, March 2007.
- [6] C. Adjih, P. Jacquet, and L. Viennot. Computing Connected Dominated Sets with Multi-point Relays. Technical Report 4597, INRIA-Rapport de recherche, October 2002.
- [7] A. Williams. Requirements for Automatic Configuration of IP Hosts. Internet-draft, Internet Engineering Task Force, September 2002.
- [8] Apple. Networking Bonjour Guides. <http://developer.apple.com/documentation/Networking/Bonjour-date.html>.
- [9] UPnP Forum. UPnP Standards. <http://www.upnp.org/standardizeddcps/default.asp>.
- [10] H. Shirouzu. IP Messenger 開発研究室. <http://www.ipmsg.org/>.
- [11] C. Perkins M. Handley and E. Whelan. Session Announcement Protocol. RFC (Experimental) 2974, Internet Engineering Task Force, October 2000.
- [12] V. Jacobson M. Handley and C. Perkins. SDP: Session Description Protocol. RFC (Proposed Standard) 4566, Internet Engineering Task Force, July 2006.
- [13] Jon Crowcroft James Scott, Pan Hui and Christophe Diot. Haggle: A Networking Architecture Designed Around Mobile Users. In *The Third Annual IFIP Conference on Wireless On-demand Network Systems and Services (WONS 2006)*, Les Minuires, France, jan 2006.
- [14] Nokia. Nokia Europe - Nokia Sensor. <http://europe.nokia.com/A4158083>.
- [15] John Krumm and Ken Hinckley. The NearMe Wireless Proximity Server. In *UbiComp 2004. The Sixth International Conference on Ubiquitous Computing*, pages 283–300, Nottingham, England, sep 2004.
- [16] R. Wakikawa Y. OYABU and J. Murai. An Adaptive Application Flooding for Efficient Data Dissemination in Dense Ad-Hoc Network. Asian Internet Engineering Conference 2005 (AINTEC), LNCS Vol.3837, February 2005.
- [17] Yuki OYABU. An Adaptive Application Flooding for Efficient Data Dissemination in a Mobile Ad-Hoc Network, February 2006.
- [18] Ryuji Wakikawa, Kouji Okada, Noriyuki Shigechika, Tomohiro Ishihara, Yuki Oyabu, Yuri Nagai, and Jun Murai. A Networked Human Transporter as an Experimental Testbed of Mobile Gateway. In *1st IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet 2006)*, December 2006.