

〈一般研究課題〉 エンドツーエンド通信を利用した家族向け
見守りシステムの提案と実現
助成研究者 名城大学 渡邊 晃



エンドツーエンド通信を利用した家族向け 見守りシステムの提案と実現

渡邊 晃
(名城大学)

Proposal and Realization of Family Oriented Watching System Using End-to-End Communication

Akira Watanabe
(Meijo University)

Abstract :

There are some serious problems in existing IP networks, such as NAT traversal problem, incompatibility between IPv4 and IPv6, and difficulty of mobility. Therefore, most systems are made of client/server models, in which the server is set on the Internet. However, there needs high skills of the management of the server. We have developed so-called TLIFES (Total LIFE Support system) by which family members can watch over the old people. TLIFES shares the information of the sensing data which has been reported from smartphones. However, it is not easy to start the service because there needs a high skilled manager of the server. Here, we propose to combine NTMobile (Network Traversal with Mobility) and TLIFES. NTMobile is our original technology that can eliminate every restrictions of current networks. Using the NTMobile technology, the TLIFES server can be set in a private network in each home. By this way, the TLIFES server can be made of a small IoT device and is just set in the room. By this way, there do not need most management tasks of the server, and the watching system can be realized easily.

1. はじめに

インターネットをはじめとする現在のネットワーク基盤は、ほとんどIPネットワークで実現されている。今後の通信インフラは、IPネットワークを前提に発展していくことが想定される。し

かし、IPネットワークには以下のような課題がある。第一に、IPv4グローバルアドレス空間からIPv4プライベートアドレス空間に対して通信の開始ができない。この課題はNAT越え問題と呼ばれており、IPv4が存続する限り続く課題である。このため、通信システムの実現方法に後で述べるような制約が出る最大の要因となっている。次に、IPv4グローバルアドレスの枯渇により、IPv6アドレスが徐々に使われていくが、IPv4とIPv6には互換性がなく直接通信を行うことができない。今後IPv6アドレスしか取得できない端末が出現したとき、IPv4/IPv6間で効率よく通信できる手段が必要である。さらに、通信中にネットワークを切り替えるとIPアドレスが変化するため通信を継続できない場合がある。利用可能な電波が逼迫している現在の状況にあって、通信中であっても周波数資源を動的に融通しあうことが求められている。

これらの課題を回避するため、現在の通信システムはほとんどがクライアント/サーバ通信モデル(以後CSモデルと略す)で実現されている。CSモデルはインターネット上にサーバを設置することが前提である。クライアントは携帯電話網を含め、ほとんどがプライベートアドレス空間に存在する。CSモデルは必ずクライアント側から通信を開始するため、IPネットワークの制約をある程度和らげることができる。

しかし、CSモデルにはサーバに起因する管理面と性能面に係わる課題が存在する。すなわち、管理面では万全のセキュリティ対策と二重化対策が必須である。性能面では、サーバの処理ネックや、サーバを経由することによる好ましくない通信遅延が発生する。今後様々な新しいアプリケーションが出現してくることを想定すると、CSモデルに限定したシステム構築しかできない現状のネットワークは大きな課題をかかえている。

ところで、我々はこれまで、高齢者を見守るシステムとしてTLIFES (Total LIFE Support system)を開発してきた。TLIFESはスマートフォンを媒体として、高齢者を含む住民が情報を共有し、安全な暮らしを実現するためのシステムである。スマートフォンから取得するセンサ情報を定期的にインターネット上のサーバに蓄積する。この情報は許可を得た人であれば誰でも閲覧できる。サーバに報告された履歴は個人ごとにデータベースに蓄積され、過去の履歴と比べて明らかに問題があるときにアラームを検出する。アラームの情報はあらかじめ登録されたメンバにメールにて報告することができる。

TLIFESは典型的なクライアント/サーバシステムであり、試作レベルの検証を終えている。しかし、実地試験を行う段階で様々な課題が浮き彫りになった。すなわち、TLIFESサーバにプライバシー情報が蓄積されるため、万全なセキュリティ対策が必要である。また二重化対策などを考慮すると容易にサービスを開始できないことが判明した。まさに上述したサーバの課題が浮き彫りになった形である。

この課題を、NTMobileとTLIFESを融合することにより解決できるのではないかと考えた。TLIFESによる見守りを考えた場合、見守りの単位は家族であることが多い。そのため不特定多数のメンバがTLIFESサーバを利用する必要がない点に着目した。NTMobileとTLIFESを融合させれば、家族単位の見守りシステムを容易に実現することができる。TLIFESサーバを各家庭のプライベート空間に分散設置し、当該家族のメンバだけが閲覧できるようにする。家族単位であることから、TLIFESサーバは小規模な機器でかまわない。プライベート空間に設置することから、TLIFESサーバから情報が漏洩することはなく、安心してサービスを提供できる。TLIFESサーバ

は各家庭に分散配置されるものであるから、仮にサーバがダウンしても全体のシステムに影響を与えることはない。

このような家族向け見守りシステムを実現することを念頭に、今回はNTMobileとTLIFESの機能拡張を行った。その結果、想定したシステムを実現できるメドを得たので報告する。

2. NTMobileの必要性とその機能

2.1 クライアント/サーバ通信モデルとその課題

現在主流となっているCS モデルの構成は図1 のとおりである。CS モデルはインターネット上にサーバを設置することが前提となる。クライアントは携帯電話網を含め、ほとんどがプライベートアドレス空間に存在する。CSモデルはクライアント側から通信開始することが前提であるため、クライアントとサーバは必ず通信を確立でき、NAT越え問題は発生しない。IPv4/IPv6 間の相互通信も、サーバがIPv4 とIPv6の packets を変換することにより実現できる。移動透過性の処理においても、サーバ側のアドレスが固定であることから対応しやすい。

しかし、CS モデルには管理面と性能面において以下のような課題がある。管理面では、サーバから個人情報が漏えいしないように万全の対策が必要である。サーバがダウンすることは許されないため、二重化対策が必須である。性能面では、すべての情報をサーバに集中させるため、無駄なトラフィックが増えるうえ、サーバが処理ネックとなりやすい。アプリケーションによっては、サーバを経由することにより好ましくない通信遅延が発生する。

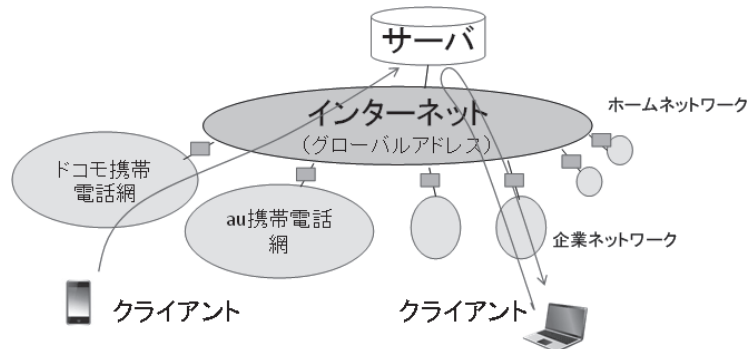


図1 クライアント/サーバ通信モデルの構成

2.2 エンドツーエンド通信モデルとその利点

ネットワークをフラット化するエンドツーエンド通信モデル(以下E2Eモデル)が実現できると上記問題を解決できる。E2E モデルはネットワークに接続する全ての装置が自由に相互通信でき、ネットワークはあたかも巨大なLANとみなすことができる通信モデルである。任意の装置間で最適経路での直接通信ができ、かつ通信中に任意の場所に移動しても通信を継続できる。全ての通信パケットに暗号化とMAC (Message Authentication Code)認証を施し、確実かつ安全な通信を保証する。

E2EモデルはTCP/IPには一切手を加えず、全てアプリケーションレベルで実現できることが望ましい。また、既存のアプリケーションプログラムを一切変更せずに利用できると有用であ

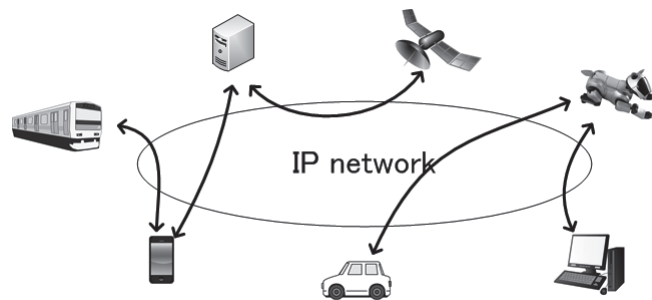


図2 エンドツーエンド通信モデルの構成

る。

E2Eモデルがアプリケーションレベルで実現できれば、ユーザはシステム構築の方法を1から考え直すきっかけとなる。例えば、エンド装置で実行した処理をエンド装置間で直接交換すれば性能的に有利であるうえ、エンドツーエンドのセキュリティも確保しやすい。サーバを介さず直接通信できるのであれば、これまでサーバに起因していた処理ネックの課題や、管理負荷に係わる課題を大きく軽減できる可能性がある。E2EモデルはCSモデルを包含するものである。CSモデルが適したアプリケーションはそのまま利用し、サーバが介在する必要のない情報をエンドツーエンド通信に切り替えればよい。サーバをプライベート空間に設置することも可能で(ここではローカルサーバと呼ぶ)、任意のエンド端末どうし、エンド端末とローカルサーバ、ローカルサーバどうしが直接通信を行うシステムに拡張できる。

2.3 NTMobileによるエンドツーエンド通信の実現

NTMobileは我々の研究グループが長年検討を続けているオリジナル技術である。図3にNTMobileによるエンドツーエンドシステムの実現を示す。NTMobileは、インターネット上にNTMobileをサポートする装置群を設置するが、エンドユーザがこれらの装置を意識する必要はない。エンドユーザは自分が操作する端末に、NTMobile対応のアプリケーションを実装するだけでよい。既存のネットワーク機器を変更する必要はない。

既存の類似の技術として、IETF (Internet Engineering Task Force)で標準化されているDSMIP (Dual Stack Mobile IPv6)やHIP (Host Identity Protocol)がある。しかし、いずれもカーネルを改造する必要があるため普及が進んでいない。NTMobileは端末のカーネルを変更する必要がないという特徴を持つが、これまではアプリケーションがNTMobileを意識する必要があり、既存のアプリケーションをそのまま使うことができなかった。今回のプロジェクトを通して、NTMobileに改良を加え、既存のアプリケーションをそのまま利用できるようにした。

NTMobileをサポートする装置群には以下のようなものがある。

- ・DC(Direction Coordinator)：エンド端末に仮想IPアドレスを配布し、通信開始時にトンネル経路の指示を行う。
- ・TS(Tunnel Switcher)：NTM 端末間で直接通信ができない場合に通信パケットを中継し、トンネル経路を切り替える(例：IPv4とIPv6端末間の通信)。

NTMobileは、DCとTSをIPv4/IPv6共存ネットワーク上に設置する必要がある。ユーザは自らの端末にNTMobile用アプリケーションを実装することによりエンドツーエンドシステムの世界に移行することができ

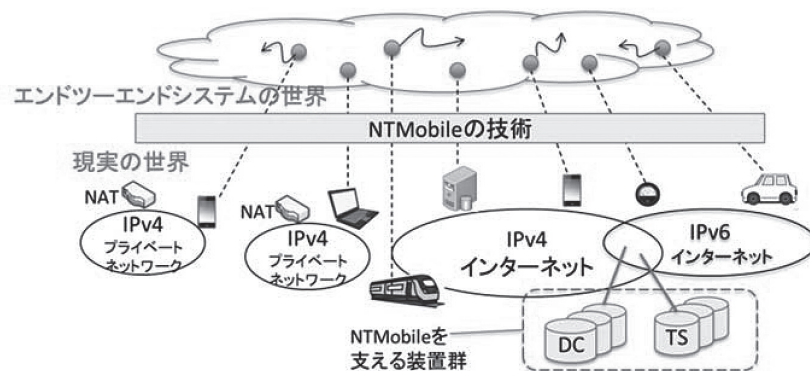


図3 NTMobileによるエンドツーエンドシステムの実現

る。

図4にNTMobileの通信イメージを示す。DCとNTM端末は常に経路を確保しており、通信開始時にDCの指令でエンドツーエンドのトンネル経路を生成する。経路生成後の通信パケットはすべてUDPでカプセル化するため、移動やNATを経由することによる実アドレスの変化を隠蔽できるという特徴がある。通信中にNTM端末がネットワークを切り替えると、新しいトンネル経路を構築する。上位アプリケーションプログラムは、経路が切り替わったことに気づくことなく通信を継続できる。

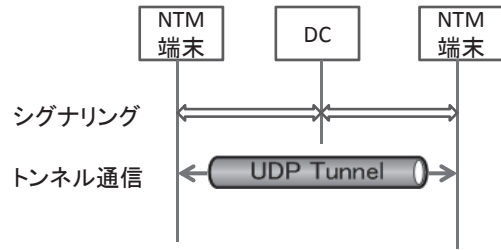


図4 NTMobileの通信イメージ

3. TLIFESのコンセプトと機能

3.1 TLIFESのコンセプト

TLIFESはスマートフォンを住民の必須アイテムと位置づけ、相互に情報を共有するシステムである。TLIFESの最大の応用事例として、高齢者の見守りが可能である。図5にTLIFESの構成を示す。通常時には、スマートフォンを家族を含むコミュニティを生成するためのツールとして利用する。このとき、スマートフォンの各種センサから取得した情報(位置情報、行動情報など)を定期的にインターネット上のサーバに蓄積する。サーバ上ではユーザごとにデータベースを構築し、新規報告データと過去の履歴情報から推測して、アラームの兆候があるかどうかを調べる。アラームを検出したときは、あらかじめ登録しておいた見守る側のメンバー(以下ウオッチャー)に対して

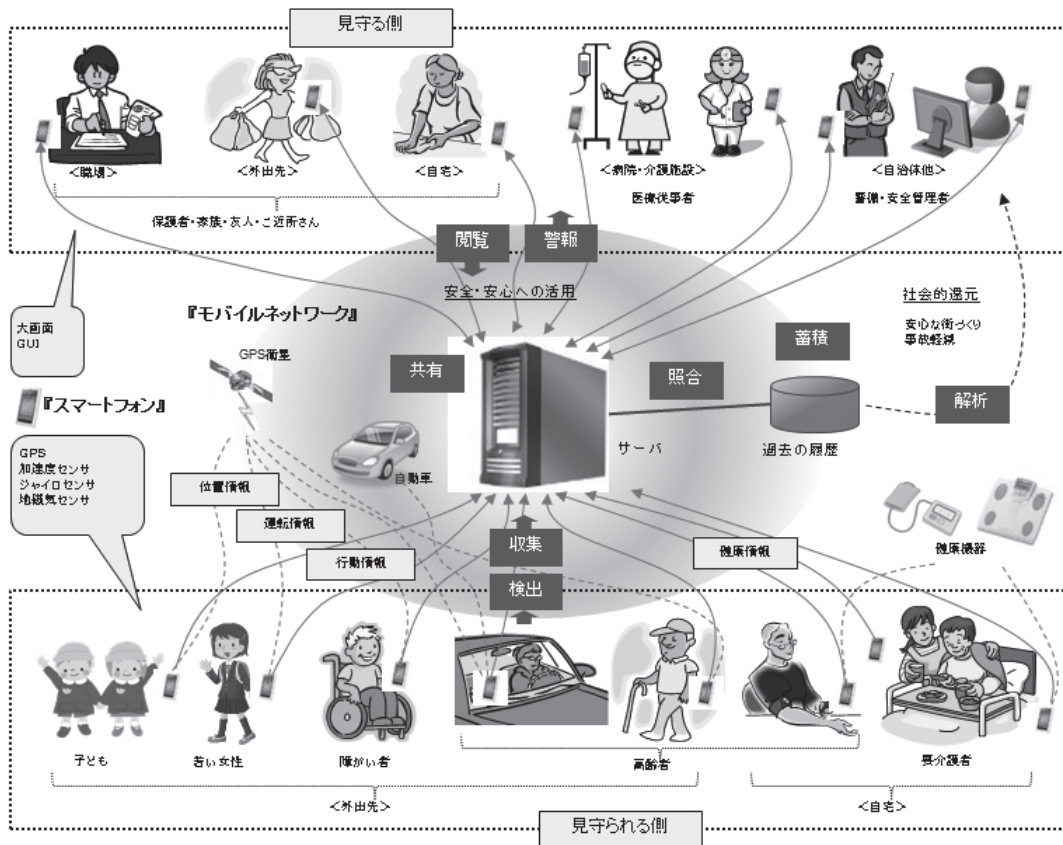


図5 TLIFESのシステム構成

メールを送信する。ウォッチャーは即座にサーバ内に蓄積された高齢者などの見守り対象の人(以下対象者)のライフログを確認することができる。その後必要に応じて、ウォッチャーと対象者の間で、音声会話やチャットなどと連携して情報交換を行う。このように、通常時からライフログを蓄積しておき、有事にその内容を即座に利用できるようにするのがTLIFESの特徴である。有事とは、個人の異常を検出したときだけでなく、災害発生時の避難活動も含めることができる。以下にTLIFESで実現した機能を具体的に記述する。

3.2 ライフログ情報の取得

TLIFESでは、位置情報、行動情報、健康情報の履歴、歩数履歴をライフログ情報として取得する。対象者はスマートフォンを保持しているだけでよい。

①位置情報の履歴

位置情報は基本的にGPSで取得する。GPSは起動時には大きな電力を必要とするが、行動情報の解析結果により、移動したと判断した時のみGPSを起動する。GPSの電波が弱い、あるいは検知できるGPS衛星数が少ないときは室内にいるものと判断し、測定を直ちに中断する。このように最小限の電力で位置履歴を取得できる。

②行動情報の履歴

行動情報として、最終的に乗車中、静止中、放置中、歩行中の判定を行う。見守りのための行動情報としてはこれだけの情報で十分であることと、技術的にこれらの判定が高い精度で実現できるためである。この判定結果は行動情報の履歴として蓄積するだけでなく、GPSの起動条件として利用する。行動情報は基本的に加速度センサの3軸合成値の結果により判定し、一部を磁気センサで補正する。磁気センサは電車のモータに反応して変化するため、乗車中判定の有力な情報源となる。これらの処理により、行動情報の判定精度は常時95%程度を確保できる。

③健康情報の履歴

健康情報として、血圧、体重の変化を記録することができる。コンティニューヘルスアライアンスの規格に準拠したBluetooth機能付きの血圧計、体重計を利用する。スマートフォンのワンタッチ操作により、血圧、体重を自動的に記録し、蓄積していくことができる。

④歩数の履歴

歩行の周波数は約2Hzであることを利用し、加速度センサの3軸合成値の振動を歩数に換算する。乗車中の揺れで歩数を誤カウントしないような工夫を行っている。

3.3 TLIFESの設定機能

TLIFESはウォッチャーも対象者もシステム的には対等である。閲覧情報の設定方法により見守りが可能になる。この考え方により、高齢者どうしが相互に見守る、1人のヘルパーが複数の高齢者を見守る、兄弟が協力して1人暮らしの親を見守るなど、様々なケースに柔軟に対応できる。設定可能な項目は以下のとおりである。

①個人情報の公開設定

誰に何を公開するかを設定できる。設定はウォッチャー側、対象者側のどちらからでも可能で

ある。両者の合意はメールの送付とそれに対する肯定応答により実現する。

②連絡先の設定

連絡先としてウオッチャーのメールアドレスを設定できる。TLIFESの特徴として徘徊検出機能がある。位置情報の履歴からこれまで行ったことのない場所からの情報が送られてきた場合、徘徊と判断してウオッチャーにメールを送信する。その他に、毎日の定時にそのときの状況を伝える定期配信メール、特定の場所を指定しておき、その場所から所定の距離の範囲を横切ったときにそのことを伝えるお知らせメールの設定ができる。

3.4 閲覧機能

ライフログの閲覧はWebベースであるため、PCからでもスマートフォンからでも可能である。ただし閲覧できるのは自分自身、もしくは設定により許可されたメンバだけである。

閲覧画面の例を図6に示す。位置履歴、行動履歴、健康情報の履歴、歩数履歴をそれぞれ選択し、任意の日付や、期間の指定ができる。



図6 TLIFES閲覧画面の例

4. TLIFESで明らかになった課題とNTMobileとの融合

4.1 TLIFESの課題

TLIFESの基本機能を実現した後、今後の実用化を検討していかうとした過程で、今のままではいくつかの課題のあることが浮き彫りになってきた。すなわち、インターネット上のサーバにプライバシー情報が蓄積されるため、情報が漏洩しないように厳重なセキュリティ対策を取る必要がある。また、サーバは常に稼働している必要があるので万全の管理体制を確立する必要がある。さらに、サーバに負荷が集中するため大規模なシステムでは、サーバがスケールアウトできるような方式を検討する必要がある。このような事情から、信頼のおける機関が本格的に参入しないと、容易にTLIFESのサービスを開始できないことがわかった。これはまさにクライアント/サーバ型通信モデルの典型的な課題であり、従来技術の延長では解決できない基本的な課題である。

4.2 TLIFESとNTMobileの融合

上記課題を踏まえ、TLIFESとNTMobileを融合し、TLIFESと同等のサービスを、家庭ごとに分散させて実現する方法を検討した。図7にTLIFESとNTMobileの融合したシステムを示す。スマートフォンで取得した情報は、家庭ごとに設置されたゲートウェイ(以下GW)に蓄積する。GWの機能はTLIFESサーバに相当するが、家庭単位であるためIoTベースの安価な機器で実現できる。位置情報の学習と徘徊行動の検出は、これまでと同様にサーバ側で、すなわちGWで実現し、アラームを検出したときはウオッチャーにメールで通知する。ウオッチャーはGW内の情報を、外

部のPCやスマートフォンから直接閲覧できる。

GWの設置場所は、家庭内ネットワーク、つまりプライベートアドレス空間である。プライベートアドレス空間に対して、インターネット側からアクセスすることはできない。これは1章で述べたNAT越え問題に起因するネットワークの制約である。このためGWから情報が漏洩する心配がない。家族メンバはNTMobile(Network Traversal with Mobility)を利用することにより安全にGWにアクセスできる。

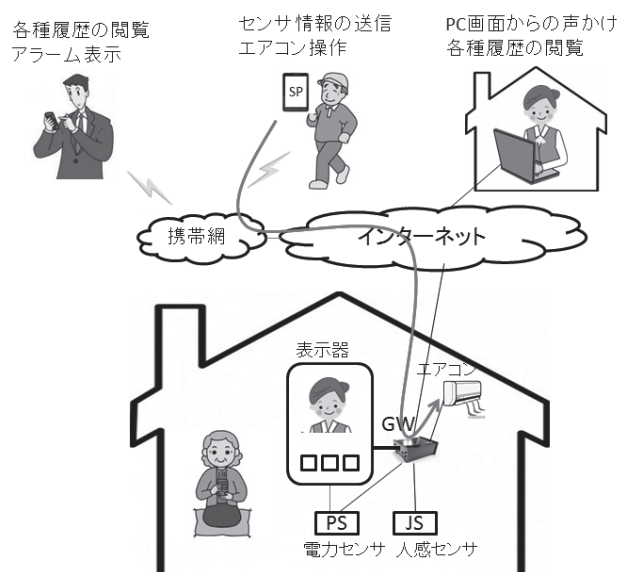


図7 TLIFESとNTMobileの融合

4.3 新しいTLIFESのイメージ

図7に示す新しいTLIFESでは、以下のようなことを実現する。すなわち、電力センサ、人感センサなどの情報をGWに蓄積し、対象者が宅内にいるときの状況を見守る。対象者が外出したときは、スマートフォンからの報告により、位置履歴、行動履歴を知る。対象者が自宅に帰る直前に自動的にエアコンなどの制御をすることができる。また、ウォッチャー側のPCからGW経由でインターネットのイメージで対象者に声かけをすることができる。

GWはコミュニケーションロボットで実現することも可能である。ロボットは時にはペットのように振る舞い、別のときにはTV電話の窓口になる。ロボットは移動ができるので、常に対象者のそばに寄り添うことができ、見守りに適している。

5. まとめ

TLIFESはインターネット上にサーバを設置し、スマートフォンから送られてくるセンサ情報を参加者全員が共有するシステムである。しかし、サーバの厳密な管理が必要であることから、簡単にサービスを開始することができなかった。そこでTLIFESとNTMobileを組み合わせることを検討した。NTMobileはネットワークの制約をすべて除去できるので、TLIFESサーバを分散して各家庭内に設置することができる。家庭内のネットワークはプライベート空間であるため、セキュリティ上の驚異はほとんどない。また、家族単位であればTLIFESを小規模なIoT機器で実現できる。

今回の助成により、NTMobileとTLIFESの機能を充実し、両者の融合を可能とするメドを得ることができた。今後はNTMobileと融合した分散型TLIFESの実証試験を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 金松友哉, 大久保陽平, 山田貴之, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobile における通信制御機能の提案と実装」電気学会論文誌C, Vol.137 No.12 pp.1-9, Dec. 2017.
- [2] 加古将規, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: 「NTMobileを無限の規模に拡大できる仮想IPv4

- アドレス管理方式の提案], 情報処理学会論文誌, Vol.58, No.3, pp.726-735, Mar.2017.
- [3] 清水皓平, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: モバイルインターネット環境に適した遠隔DLNA通信システムの提案, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp.494-504, Jan.2014.
- [4] 上酔尾一真, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: IPv4/IPv6 混在環境で移動透過性を実現するNTMobile の実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.10, pp.2288-2299, Oct.2013.
- [5] 鈴木秀和, 上酔尾一真, 西尾拓也, 水谷智大, 内藤克浩, 渡邊晃: NTMobileにおける通信接続性の確立手法と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.1-13, Jan.2013.
- [6] 内藤克浩, 上酔尾一真, 西尾拓也, 水谷智大, 鈴木秀和, 渡邊晃, 森香津夫, 小林英雄: NTMobile における移動透過性の実現と実装, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.1-14, Jan. 2013.
- [7] 納堂博史, 鈴木秀和, 内藤克浩, 渡邊晃: NTMobile における自律的経路最適化の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.1, pp.1-10, Jan. 2013.
- [8] 大野雄基, 手嶋一訓, 加藤大智, 山岸弘幸, 鈴木秀和, 旭健作, 山本修身, 渡邊晃: TLIFESを利用した徘徊行動検出方式の提案と実装, 情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム, Vol.3, No.3, pp.1-10, Jul.2013.