

令和元年6月24日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00143

研究課題名(和文) ユーザの位置に基づく情報配信のためのIPアドレスの改良とアプリケーション開発

研究課題名(英文) Improvement of IP address format and Development of User's geolocation-based Application by using the geolocation-based IP address

研究代表者

田村 瞳 (Tamura, Hitomi)

福岡工業大学・工学部・助教

研究者番号：30423601

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ユーザ位置をIPアドレスから直接得るため、128bitのIPv6アドレスの内部に地域メッシュコードを2進数に変換してネットワークアドレスとして埋め込むことを提案し、提案したIPv6アドレスフォーマットに関する特許権を取得した。また、定義した位置情報ベースIPv6アドレスを緯度・経度情報から生成するためのプログラムや、DHCPサーバのように位置情報ベースIPv6アドレスを生成・配布するサーバ機能の実装を行った。さらに、提案したIPv6アドレスを活用し、ユーザ位置に適した情報のみを配信するアプリケーションを構築し、提案IPv6アドレスのみからユーザ位置に適した情報提供が容易にできることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、世界で唯一のものでなければならないが、意味の無い数値による識別子として利用されていたIPアドレスのビット列として、緯度・経度情報から一意に定まるメッシュコードを埋め込み、世界で唯一のものであり、かつ、地理的位置という意味のある数値を含む識別子へと発展させた。ユーザ位置に適した情報提供をするアプリケーションに本提案のIPv6アドレスを利用することで、ユーザ端末から直接GPS情報を得る処理が不要となり、GPS情報をやりとりするためのトラフィックの生成やアプリケーションでのGPS情報の管理をなくすことができ、ユーザ位置に適したアプリケーション構築が容易にできるようになった。

研究成果の概要(英文)：In order to obtain the geolocation of users directly from the IP address, I proposed encoding the area mesh code into a binary number and embedding it as a network address inside the 128-bit IPv6 address. Then, I obtained patent rights for the proposed IPv6 address format. I also implemented a program to generate the geolocation-based IPv6 address from the latitude and longitude information, and a server function to generate and distribute the geolocation-based IPv6 address like a DHCP server. Furthermore, we constructed an information advertisement application that delivers only the information suitable for the user's geolocation using the proposed IPv6 address, and showed that it is easy to provide information suitable for the user's location from the proposed IPv6 address only.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：IPv6アドレス 位置情報 メッシュコード

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

インターネットにおけるユーザの位置に応じた情報配信アプリケーションでは、サーバ上で通信用の識別子である IP アドレスと、ユーザ位置の識別子である緯度・経度情報をマッチングさせて管理している。よって現在、ユーザの位置情報を活用するネットワーク・アプリケーションにおいては、ユーザ位置の特定のために GPS (Global Positioning System) 情報やユーザ周辺の無線 LAN アクセスポイント (AP, Access Point) 情報をユーザからサーバへと送信しなければならないため、制御トラヒックが多く発生する。このように、ユーザの IP (Internet Protocol) アドレスと位置情報をサーバ上で管理することによって、アプリケーション開発が煩雑となり、また、位置情報交換トラヒックが多く発生する。さらに、インターネット接続がない場合には、位置情報に応じた情報配信が不可能となってしまう。

2. 研究の目的

本研究では、インターネットに接続されていないローカルなネットワークであってもユーザ位置に基づいた情報配信可能となるように、(1) 端末の位置情報を含んだ IP アドレス割当てとネットワーク構成の検討、(2) 位置情報を含んだ IP アドレス適用時のユーザ位置に基づく情報配信アプリケーションの構築と位置情報を含む IP アドレスを用いた経路設定、の2項目に関して研究を行う。

3. 研究の方法

(1) 位置情報を含む IPv6 アドレスの提案とネットワーク構築

本研究ではネットワーク識別子の一部に1次元の地理的位置情報であるメッシュコード [1] を含み、通信と端末の地理的位置情報の識別を同時に実現する体系を提案した。メッシュとは、一定の経線、緯線で地域を網の目状に区画したものである。1次メッシュは1辺が80km四方の区画であり、2次メッシュは1次メッシュの緯度、経度方向をそれぞれ8等分した1辺が10km四方の1部分を指す。3次メッシュ以降は、 n 次メッシュ ($2 \leq n < 10$) の緯度、経度方向をそれぞれ2等分した4区画の1部分を $(n+1)$ 次メッシュとする文献 [2] の手法を活用する (図1)。図1に示すとおり、メッシュコードは最大10次まで定義されており、10次メッシュでは39m四方の範囲を示す。よって、10次メッシュ範囲に対して1台の無線 LAN AP を設置してそのメッシュ区画を管理し、かつ、デフォルトルータとして動作させるようなネットワーク構成を基本とする。

ここで、各メッシュを示すメッシュコードは、各桁10進数で1次メッシュは4桁、2次メッシュは1次メッシュコードに2桁を追加した6桁、3次メッシュ以降では n 次メッシュコードに1桁を追加して表現される。このように、次数 (桁数) を増やすことでより狭い地域を階層的に表現する。また、メッシュコードは、緯度・経度と表現すべき次数から一意に変換可能であることも特徴である。

この情報を含むネットワーク識別子により、通信の発信元や宛先の物理的地域がアプリケーション情報 (緯度・経度情報) を直接参照せずとも特定可能となり、何らかの地域特性に応じたルーティングをネットワークレベルで提供することも実現可能となる。また、ある特定の地域に位置する端末群に向けた情報配信も可能となる。

このネットワーク識別子定義するだけでなく、識別子を導出するプログラムが必要であり、また、このネットワーク識別子を自動的に割り当てるプログラムも必要であるため、これらのプログラムを構築した。

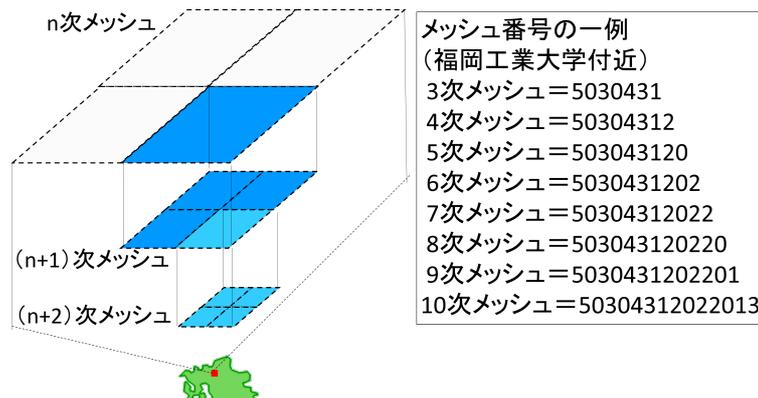


図1: メッシュコードの構造 ($n=3 \sim 10$ の場合)

(2) 災害時の利用を想定した位置ベースの情報配信システムの開発

提案した IPv6 アドレスを活用したアプリケーションとして、災害時にインターネット接続ができなくなった地域における地域別情報提供アプリケーションを開発した。災害時における利用を想定して、一般ユーザが特別なアプリケーションを用いずにブラウザでの情報閲覧を可能とする Web アプリケーションとして実現するため PHP, MySQL を利用して開発を行った。アプリケーションでは、情報提供者が登録した情報から、ユーザ端末が存在する地域周辺に関連する情報のみをユーザ端末上に表示させるようにした。そのためのシステム構成を検討し、実際にネットワーク構築を行って、比較的小規模なネットワークにおいて開発したアプリケーションの動作確認を行った。さらにアプリケーションを動作させたプロトタイプシステムを用いて、端末位置やルータ位置を活用した転送効率のよい経路制御の検討も行った。

4. 研究成果

(1) 位置情報を含む IPv6 アドレスの定義, 及び IPv6 アドレス生成プログラム, IPv6 アドレス自動割当機能の実装

3 節(1)で述べた 1 次元の地理的位置情報は, 次数(桁数)により地域を階層的に特定することが可能で, これは収容端末数が小さなネットワークほどネットワークアドレス長が長くなる点や, 上位からの longest match で転送先を決定する点で IP アドレスとの親和性が特に高いと考える. その一例として 1 次元の地理的位置情報を埋め込んだ IP アドレスフォーマットを提案した.



図2: メッシュコードを含むIPv6アドレスフォーマット

図2に10次メッシュコードを含む場合のIPv6アドレスフォーマットを示す. 図2のように, IPv6 アドレスの上位 64 ビットのプレフィックス部分で位置情報を含むことを示す. 次に, 下位 64 ビットのうち上位 m ビットをメッシュコード部, 下位 (64 - m) ビットをデバイス ID とする. 最大次数である 10 次メッシュの場合には図2のように 56 ビットがメッシュコード部, 下位 8 ビットがデバイス識別子となる. 10 進数のメッシュコードの各桁を 4 ビットの 2 進数に変換して IPv6 アドレス内に埋め込むが, 3 次以降のメッシュコード部においてネットワークアドレスを考慮するため, n 次メッシュコードに 1 を加えた値を利用する. また, 埋め込むメッシュコード長を可変にすることも検討している.

このように位置情報を含む IPv6 アドレスを定義し, 特許として登録した. さらに, IPv6 アドレスを生成するプログラムを Linux OS 上に実装した. 端末の緯度・経度を指定すれば, メッシュコード部を算出し, Linux の ifconfig コマンドを用いて IPv6 アドレスを設定することができる. さらに, 各メッシュ範囲に設置するルータから DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) のように本提案 IPv6 アドレスを配布してユーザが利用する状況を想定し, 位置情報を含む IPv6 アドレスを生成し, ユーザに配布する DHCP サーバ機能も Linux OS 上で実装した.

(2) 災害時の利用を想定した位置ベースの情報配信システムの構築

図3に構築したアプリケーションのシステム構成を示す. 図3では, 3 次メッシュ以降の地域メッシュにより分割された各地域に 1 台ずつ地域別情報管理サーバ(以下 地域別サーバとする)を設置し, N 次メッシュコードを持つ IPv6 アドレスをそれぞれ最後の 1 桁を変えて地域別サーバに付与する. 図3では [5030331] ~ [5030334] の 4 つのメッシュコードで示される地域を管理する例を示している.

本システムは, 全体情報管理サーバ(以下, 全体サーバと呼ぶ), 管理端末, 地域別サーバ, ユーザ端末で構成される. 全体サーバは最低でも 1 台を設置し, N 次メッシュにある 4 区画を管理するため, N-1 次メッシュコードを含む IPv6 アドレスを付与する. 次に, 地域別サーバは, 災害本部などから各地域向けに届く公式情報を配信する機能を果たす. さらに, 個々のユーザが配信した情報を蓄積し, その情報を他の地域へ配信する掲示板機能も実現した(図5). また, 情報交換のためのサーバ機能だけでなく, 無線 LAN AP としての機能を持たせる. これにより, ユーザ端末を収容する. このとき, 4 節(1)で実装した位置情報を含む IPv6 アドレスの自動割り当て機能を通して, ユーザ端末には特別な通信の設定や IP アドレスの設定をすることなく位置情報を含む IPv6 アドレスが付与され, 地域別サーバに容易に接続できるようにしている. 管理端末は, 全体サーバに情報を登録するために主に利用し, 全体サーバの遠隔操作も行う.

次に, システムの動作概要について説明する. 図4, 5に示すように, 全体サーバは各地域別サーバと通信を行い, 全体サーバに登録されている地域ごとの情報を配信したり, 各ユーザが配信した情報を配信・収集したりする. 全体サーバは, 各地域別サーバと直接通信を行うため, ここでは移動するアクセスポイントとして, 自動車やドローン等の移動する物体に設置して運用することとした. 各地域向けの情報を登録するときは, 管理端末より情報配信対象地域への全情報を管理する全体サーバに対して, 情報に対応する地域のメッシュコード, メッシュ次数と共に情報を登録する. そして, 地域別サーバは定期的に全体サーバから当該地域向けの情報のみを取得し, その情報を地域内のユーザ端末に配信する. このとき, 全体サーバは地域別サーバの IPv6 アドレスから位置情報を抽出し, データベースから対象地域への情報のみを取り出して地域別サーバへと送信する(図5). これによって, GPS 測位情報などの位置情報に関わるトラフィックだけでなく, 地域別サーバへ別地域のデータを送信する必要がなくなるため, 余分なトラフィックの発生を防止することができた.

本研究では, 図3, 4に示すように全体情報管理サーバ 1 台と管理端末 1 台, 地域別情報管理サーバ 4 台に機能を実装して位置情報ベースの IPv6 アドレスを用いてネットワークを構築

し、動作検証を行った。アプリケーションにおいては、以下の機能を実装した。

全体サーバの機能：メッシュコード、メッシュ次数とそれに対応した情報をデータベースに登録する機能，地域別サーバからアクセスがあった場合に地域別サーバの IPv6 アドレス内のメッシュコード部分を解釈し，そのメッシュコードに合致する情報全てをデータベース内から取り出して送信する機能，さらに，地域サーバ毎の掲示板にユーザが投稿した情報を受信して統合し，各地域別サーバへ送信する機能を実装した。

地域別サーバの機能：全体サーバから受信した情報をユーザに表示する機能，ユーザから投稿された情報を表示する掲示板機能と，ユーザが投稿した掲示板情報を全体サーバへ送信し，他の地域サーバから登録された当該地域向けの掲示板情報を全体サーバから受信する機能を実装した。

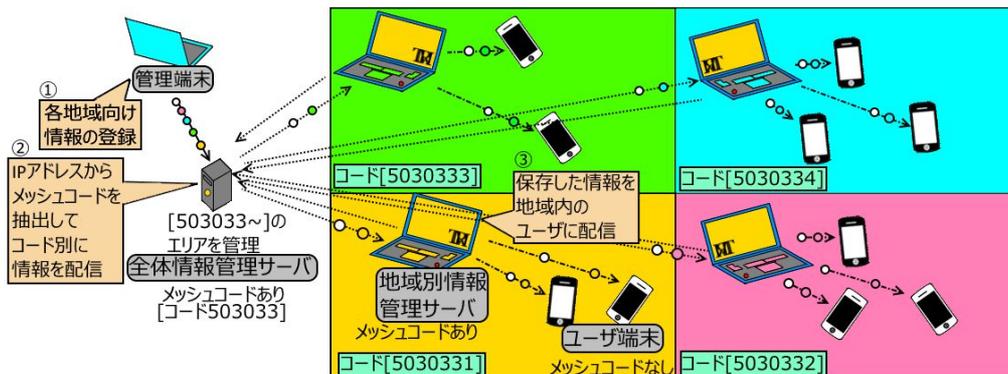


図 3：位置情報を含む IPv6 アドレスを用いて構築した掲示板システムの概要

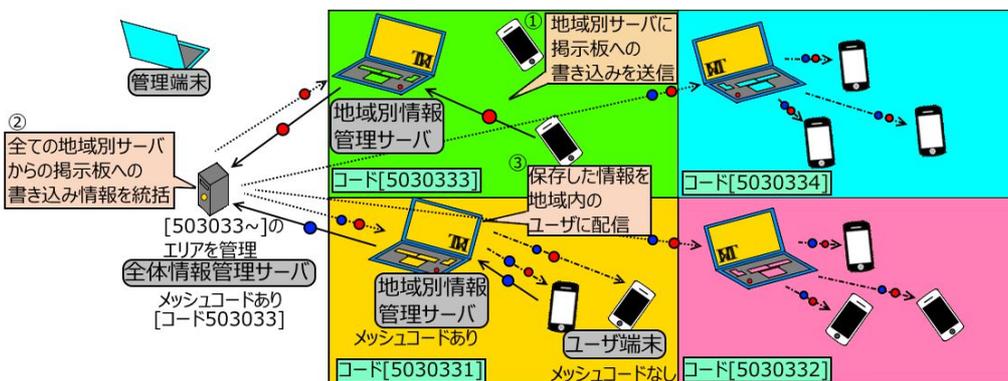


図 4：位置情報を含む IPv6 アドレスを用いて構築した掲示板システムの概要

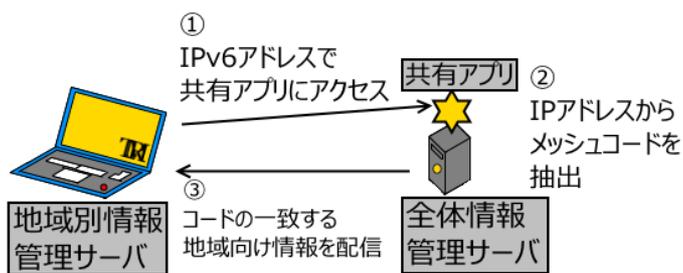


図 5：全体サーバと地域別サーバの間での情報交換の手順

以上で述べたとおり，本研究では端末の地理的位置情報を各種ネットワーク制御に活用するため，1 次元で階層的な地理的位置情報のネットワーク識別子への適用を提案し，Linux OS 上でインターフェースへの提案 IPv6 アドレスの手動，および，自動的な付与が可能な機能を実装した。さらに，本提案 IPv6 アドレスを活用し，災害時の利用を想定した地理的位置情報に基づく情報配信システムを構築し，小規模ネットワークにおける動作検証を行った。

<引用文献>

[1] 行政管理庁告示第 143 号(総務省統計局統計センター),「統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュ・コード」,昭和 48 年 7 月 12 日.
 [2] (株)NTT ドコモ,「オープン i エリア 説明書 第 5.7 版」,平成 24 年 4 月 2 日.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

田村 瞳, 永田 晃, 塚本 和也, 「1次元の地理的位置情報を活用したネットワーク識別子の提案」, 電子情報通信学会 2017年総合大会, B-6-13, 査読無, 2017年3月.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称: 位置情報に基づく IP アドレスを決定するプログラム, 装置, 及び方法

発明者: 田村 瞳

権利者: 学校法人福岡工業大学

種類: 特許

番号: 2016-189831

出願年: 2016 年

国内外の別: 国内

取得状況(計 1 件)

名称: 位置情報に基づく IP アドレスを決定するプログラム, 装置, 及び方法

発明者: 田村 瞳

権利者: 学校法人福岡工業大学

種類: 特許

番号: 2016-189831

取得年: 2017 年

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 藤井 一樹

ローマ字氏名: (FUJII, Kazuki)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。