

推薦論文

IoT デバイスのための柔軟なホスト名自動生成の提案

柳瀬 知広^{1,a)} 田中 久順^{1,†1} 鈴木 秀和^{1,b)}

受付日 2019年4月2日, 採録日 2019年9月11日

概要: IP ネットワークに直接つながる IoT (Internet of Things) デバイスが普及し始めており, 今後, IPv6 の利用機会が増加すると見込まれている. そこで, 遠隔地から様々な通信規格の IoT デバイスに対して IPv6 で通信するために, FQDN (Fully Qualified Domain Name) の設定が必要不可欠になると考えられる. しかし, 一般的に既存の IoT デバイスは FQDN を動的に設定する機能を有しておらず, ユーザ自身でデバイスの FQDN を設定する必要がある. 本論文では, 既存の通信プロトコルを利用して IoT デバイスから得られる情報に基づいて FQDN を自動生成する FNAC (Flexible Name Autoconfiguration) を提案する. 提案方式では, ホームゲートウェイに IoT デバイスのホスト名自動生成機能を搭載することにより, 既存の IoT デバイスの仕様を変更することなく, FQDN の自動生成を実現する. FNAC のプロトタイプシステムを開発し, 性能評価およびアンケート調査によるユーザビリティ評価を行った. その結果, 即座に一連の処理を完了できること, および自動生成される FQDN が既存技術より分かりやすいことを確認した.

キーワード: IoT, IPv6, DNS, FQDN, 自動生成

A Proposal of Flexible Name Autoconfiguration for IoT Devices

TOMOHIRO YANASE^{1,a)} HISAYOSHI TANAKA^{1,†1} HIDEKAZU SUZUKI^{1,b)}

Received: April 2, 2019, Accepted: September 11, 2019

Abstract: Internet of Things (IoT) devices that are directly connected to IP networks are becoming popular, and it is expected that the use of IPv6 will increase in the future. Therefore, in order to communicate with IoT devices of various communication standards from remote locations using IPv6, it is considered that the setting of Fully Qualified Domain Name (FQDN) is indispensable. However, generally, existing IoT devices do not have a function of set FQDN dynamically, and it is necessary for users to set the FQDN of IoT device by themselves. This paper proposes Flexible Name Autoconfiguration (FNAC) that automatically generates FQDN based on information obtained from IoT devices by utilizing existing communication protocols. In the proposed method, by installing the host name automatic generation function of IoT device in the home gateway, the automatic generation of FQDN is realized without changing the specification of the existing IoT device. We developed a prototype system of FNAC and evaluated its performance and usability through questionnaire surveys. As a result, it was confirmed that a series of processing could be completed immediately and that the automatically generated FQDN was easier to understand than the existing technology.

Keywords: IoT, IPv6, DNS, FQDN, autoconfiguration

1. はじめに

インターネット技術や各種センサ・テクノロジーの進化

などを背景に, パソコンやスマートフォンなど従来のインターネット接続端末に加え, 家電や自動車, ビルや工場など, 世界中の様々なモノがインターネットへつながり, 先進的なサービスを可能とする IoT (Internet of Things) が世界規模で注目を集めている. 文献 [1] によると, インター

¹ 名城大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Meijo University, Nagoya, Aichi 468-8502, Japan

^{†1} 現在, 株式会社エヌ・ティ・ティネオメイト
Presently with NTT NEOMEIT CORPORATION

^{a)} tomohiro.yanase@ucl.meijo-u.ac.jp

^{b)} hsuzuki@meijo-u.ac.jp

本論文の内容は 2018 年 7 月のマルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウムにて報告され, コンシューマ・デバイス&システム研究会主査により情報処理学会論文誌ジャーナルへの掲載が推薦された論文である.

ネットにつながるモノ、IoT デバイスの世界で普及している数は 2015 年時点で 154 億台であり、2025 年には 754 億台と爆発的に増加すると予測されている。

IoT サービスを実現するためには、現実世界をセンシングし、あらゆるデータをサイバー空間へ送信、蓄積し、AI (Artificial Intelligence) 技術によりデータを分析する必要がある。このような IoT サービスを構成するセンサノードやウェアラブルデバイスをはじめ、ECHONET Lite [2] や DLNA (Digital Living Network Alliance) [3] に対応したスマート家電などの IoT デバイスは、今後エッジコンピューティングの台頭によりインターネットに直接接続することが考えられる。これらの IoT デバイスには、通信を行うために IP アドレスが割り当てられるが、現在主流である IPv4 グローバルアドレスは枯渇状況にあるため、IoT デバイスの普及に対する方策として IoT 社会では、無尽蔵なアドレス空間を有する IPv6 アドレスを用いることが不可避となる [4]。また、欧州では IoT における相互接続性、モビリティ、クラウドコンピューティングの統合など、スケーラビリティの高い IPv6 ベースのサービス指向アーキテクチャの研究が実施されている [5]。

IPv6 アドレスは従来の IPv4 アドレスよりアドレスサイズが大きく、アドレスの表記も IPv4 アドレスと比較して 16 進数で桁数が多いため、可読性が悪く、ユーザにとって扱いにくい。そのため、ユーザが IPv6 アドレスを利用する際には FQDN (Fully Qualified Domain Name) のようなユーザフレンドリーな識別子を利用して通信や管理を行うことが一般的である。しかし、現在普及している多くの IoT デバイスは一般的に FQDN を動的に設定する機能を有していないため、ユーザ自身で IoT デバイスの FQDN を設定して DNS サーバへ登録する必要がある。そのため、今後、IoT デバイスの普及が進み、宅内や屋外に多くの IoT デバイスが設置されることを考えると、ユーザや管理者らが手動で FQDN を設定する行為は非常に煩わしいものになる。

従来の IoT デバイスの FQDN 自動生成方式として Bonjour [6] や DNSNA (DNS Name Autoconfiguration) [7] などがあげられるが、ローカルネットワーク内でしか利用できなかったり、IoT デバイスに独自のプロトコルを実装する必要があったり、人間に分かりにくい名前が生成されたりするなどの課題がある。IoT デバイスの種類に応じて様々な通信プロトコルが定義されていることに鑑みると、プロトコルの標準化や業界の統一基準などを取り決める必要があるなど、実現までに大きなハードルが存在する。

そこで本論文では、“BRAVIA”のような機器のシリーズ名から機種や製造業社を特定することのできない一般ユーザを対象とし、IoT デバイスの仕様を変えることなく、IoT デバイスから得られる情報を基に FQDN を自動生成し、かつ設置場所に関する情報などを付与してユーザが機器を特

定する際に認識しやすい表記に柔軟に変更可能な FNAC (Flexible Name Autoconfiguration) を提案する。FNAC では、ホームゲートウェイ (HGW: Home Gateway) に IoT デバイスのホスト名自動生成機能を搭載することにより、IoT デバイスの FQDN を自動生成することを実現する。FNAC のプロトタイプシステムを実装し、性能評価およびユーザビリティ評価を行った。その結果、HGW が IoT デバイスを探索すると即座に IoT デバイスの FQDN を自動生成し、DNS サーバに登録できることを確認した。また、既存研究の DNSNA と比較して、FNAC の FQDN の方がユーザにとって認識しやすい構成であることを明らかにした。

以下、2 章で既存研究とその課題、3 章で提案方式について述べる。4 章で実装および動作検証、5 章で提案方式の評価結果について示し、6 章でまとめる。

2. 既存研究

2.1 Bonjour

パソコンやプリンタなどのデバイスを自動的にネットワークに接続することを可能とする一連の技法として、Zeroconf (Zero Configuration Networking) [8], [9] がある。Bonjour は Apple 社が開発した Zeroconf 技術であり、ユーザが機器をネットワークに接続するだけで IP アドレスとホスト名の割り当てや、Bonjour 搭載デバイスどうしてホスト名の探索を自動で行うプロトコルである。

2.1.1 FQDN の構成

Bonjour における FQDN の構成は “`machine_name.service_type.protocol.domain_name`” に従って生成される。“`machine_name`” はユーザがデバイスに対して設定した名前を表す識別子である。“`service_type`” はデバイスが提供するサービス名を表す識別子である。たとえば、HTTP サービスである場合は “.http”，音楽共有アプリケーションである場合は “.music” となる。“`protocol`” はデバイスが利用するプロトコル名を表す識別子であり、TCP の場合は “.tcp”，UDP の場合は “.udp” となる。“`domain_name`” はローカルネットワークのドメイン名を表す識別子であり，“.local” が組み込まれる。

2.1.2 名前解決法

図 1 に Zeroconf ネットワークの概要を示す。IP アドレスの自動割り当てには、IPv4 アドレスならば APIPA (Auto Private IP Addressing) [10] の技術が使われ、169.254.0.0/16 の中から空いているアドレスを自ら割り当てる。IPv6 アドレスならば LAN インタフェースに自動で割り当てられるリンクローカルアドレスを利用する。

FQDN の名前解決には mDNS (Multicast DNS) [11] が用いられる。LAN 上の各デバイスはそれぞれ自身の A レコードや MX レコードなどの DNS リソースレコードを有しており、mDNS のマルチキャストグループに参加してい

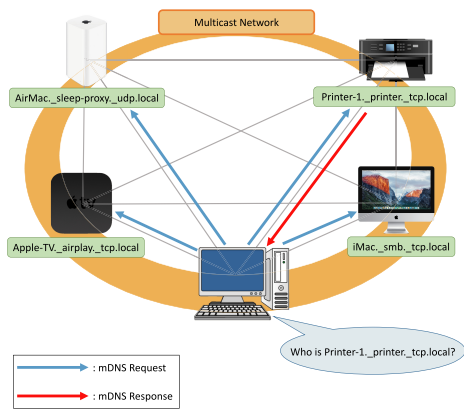


図 1 Zeroconf ネットワークの概要

Fig. 1 The overview of Zeroconf network.

る。ある mDNS クライアントがデバイスのホスト名から IP アドレスを知りたい場合、mDNS クライアントは規定のマルチキャストアドレスを利用して名前解決要求を LAN 上のデバイスにマルチキャスト送信する。該当する FQDN を有するデバイスはその IP アドレスを含めて応答することにより、DNS サーバを使わずに名前解決できる。

2.1.3 課題

Bonjour ではローカルネットワーク内においてデバイスの IP アドレスとホスト名を生成し、Bonjour の機能を搭載したデバイスどうして名前解決を行うことによりデバイス間の通信を可能にしている。しかし、この技術はローカルネットワーク内だけでしか利用できず、グローバルネットワークから FQDN を指定してデバイスにアクセスすることができない。また、デバイスが Bonjour の機能を搭載していないと FQDN を自動生成できないため、利用できるデバイスに制約がある。

2.2 DNSNA

DNSNA は、グローバルネットワークまたはローカルネットワークに存在する IoT デバイスの FQDN を動的に生成し、DNS サーバに登録するシステムである。図 2 に IPv6 ネットワークにおける DNSNA システムの構成を示す。DNSNA では IoT デバイスに FQDN を自動で生成する機能を搭載する。IoT デバイスはモデル名や製造メーカを表す機器情報とルータから得られるネットワークのドメイン情報を組み合わせることにより、自身の FQDN を自動生成する。生成された FQDN は IoT デバイスの IPv6 アドレスとともに AAAA レコードとして DNS サーバに登録されるため、ユーザは FQDN を用いて宅外から IoT デバイスにアクセスすることが可能となる。

2.2.1 FQDN の構成

DNSNA における FQDN の構成は “unique_id.object_identifier.OID.domain_name” となる。“unique_id” は FQDN の一意性を保証するための識別子で、製品名の

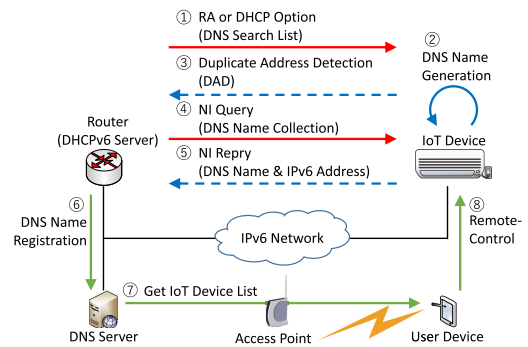


図 2 DNSNA のシステム構成

Fig. 2 The structure of DNSNA system.

末尾にシーケンス番号を加えたものなどが使われる。“object_identifier” はデバイスの機器情報を表す識別子で、製造業社 ID、デバイスのモデル ID、シリアル ID、拡張 ID の 4 つの内容を組み合わせで構成される。“OID” は “object_identifier” が利用されていることを表す識別子である。“domain_name” は IoT デバイスが存在するネットワークのドメインを表す識別子である。

また、FQDN に位置情報を含めることも可能となっており、その場合の名前は “unique_id.object_identifier.OID.mic_loc.mac_loc.LOC.domain_name” となる。新たに追加された “mic_loc” はデバイスが存在する場所の詳細な箇所を示す識別子で、部屋の中央や淵といった内容が入る。“mac_loc” はデバイスが存在する場所を表す識別子で、キッチンやリビングルームといった部屋の名称であったり、道路であれば交差点などの内容が入る。“LOC” は “mic_loc” と “mac_loc” が利用されていることを表す識別子である。

2.2.2 FQDN の自動生成と DNS サーバへの登録

図 3 に DNSNA における FQDN の生成、DNS サーバへの登録およびユーザが IoT デバイスの FQDN を取得するまでのシーケンスを示す。なお、このシーケンスは IoT デバイスをネットワークに接続した直後から始まる。まず、IoT デバイスはネットワークに接続すると、自身の IPv6 リンクローカルアドレスを生成し、ローカルリンク上に存在するルータに RS (Router Solicitation) メッセージを送信する。RS メッセージを受信したルータは、RA (Router Advertisement) メッセージをブロードキャストする。RA メッセージにはネットワークのドメイン情報が含まれているため、IoT デバイスは受け取った RA メッセージより IPv6 アドレスと FQDN を自動生成する。その後、IoT デバイスは自動生成した IPv6 アドレスがネットワーク上で一意か確認するためにルータに対して DAD (Duplicate Address Detection) [12] を実施する。

IPv6 アドレスの一意性が保証された後、IoT デバイスの FQDN を DNS サーバに登録するために、ルータは IoT デバイスに対して NI Query (Node Information Query)

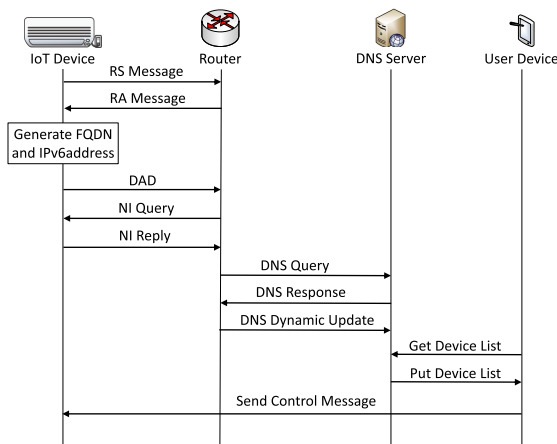


図 3 DNSNA における FQDN の生成および DNS 登録シーケンス

Fig. 3 DNSNA sequence for FQDN generation and DNS registration.

[13]を送信し、IoTデバイスのFQDNを問い合わせる。NI Queryを受け取ったIoTデバイスは、自動生成した自身のFQDNとIPv6アドレスのペア情報が含まれたNI Reply (Node Information Reply)をルータに返信する。IoTデバイスのFQDNとIPv6アドレスの情報を入手したルータはIoTデバイスが生成したFQDNの一意性を確認するために、DNSサーバに対してDNS Queryを送信する。DNSサーバからの応答によりFQDNが一意であることを確認できたら、DDNS (Dynamic Domain Name System) [14]の機能を利用し、IoTデバイスのFQDNとIPv6アドレスのペアをAAAAレコードとしてDNSサーバに登録する。

以上により、ユーザはFQDNを用いてIoTデバイスと通信することができる。

2.2.3 課題

DNSNAはローカルネットワークだけでなく、グローバルネットワーク上のIoTデバイスに対してもFQDNの自動生成を行うことが可能である。しかし、次に示す2つの課題が存在する。

(1) IoTデバイスとIPv6ルータに機能追加が必要

IoTデバイスにDNSNAを実装し、かつルータにもNI Queryを利用するためにDHCPv6サーバを兼ねたり、DNSサーバにDynamic Updateを行う機能を追加したりする必要がある。市販のIoTデバイスに対してユーザが機能追加することは不可能な場合がほとんどであり、DNSNAの標準化などの作業が必須になると考えられる。

(2) FQDNが分かりにくく、変更できない

FQDNの構成にはデバイスのシリアル番号などのユーザが通常意識しない情報が含まれており、ドメイン名が長くなってしまふ。また、製造業社IDから社名を判断することは困難であり、FQDNだけでIoTデバイスを特定できない場合がある。仮にユーザが分かりやすいFQDNに変更したとしても、IoTデバイス

はDNSNAで定められている手続きに従って所定のFQDNを再度自動生成してしまう。そのため、ルータが再度自動生成されたFQDNでDNSサーバのAAAAレコードを上書きして更新してしまうため、ユーザが設定したFQDNは解決できず、ユーザフレンドリではない。

3. 提案方式

2章で示した既存技術の課題を解決するために、本論文ではIoTデバイスの仕様を変えず、デバイスから得られる情報を基にFQDNを自動生成し、かつ自動生成後のFQDNをユーザが認識しやすい形式に柔軟に変更可能なFNAC (Flexible Name Autoconfiguration)を提案する。FNACはDNSNAと同様、ローカルネットワークおよびグローバルネットワークの両方に対応することが可能だが、本論文ではローカルネットワークを対象とし、IoTデバイスとしてホームネットワークに設置されたECHONET Lite対応スマート白物家電、DLNA対応スマート黒物家電およびHomeKit対応デバイス[15]について取り上げる。

図4に提案方式におけるシステム構成と仕組みを示す。ホームネットワーク内にFNACを搭載したHGWおよび市販のIoTデバイスを設置する。DNSサーバはサービスプロバイダが提供しているDDNS対応DNSサーバを利用する。また、ホームネットワークのドメイン設定はユーザ自身でドメイン名取得サービスを利用して設定を行う。DNSNAではIoTデバイスに搭載させていたFQDN自動生成機能を、提案方式ではHGWにその機能を搭載する点が異なる。HGWは既存のIoTデバイスが採用しているDLNAやECHONET Lite、HomeKitなどで定義されている機器探索メッセージなどを用いてIoTデバイスの機器情報を取得する。取得できた機器情報に基づいて、ユーザが認識しやすい形式をしたFQDNを自動生成し、DNSサーバへ動的に登録する。FNACではユーザがWebブラウザでHGWにアクセスし、自動生成されたIoTデバイスのFQDNを認識しやすい名前に設定することが可能である。

3.1 FQDNの構成

FNACにおけるFQDNの構成は文献[16]を参考に、ユーザがIoTデバイスを特定する際に必要な情報を含みつつ、かつできる限り短くシンプルな構成となるよう、“unique_id.maker_name.location_name.home_domain”として定義する。“unique_id”は、FQDNの一意性を保証するための識別子で、デバイスの型番やカテゴリ名に加えてシリアル番号の一部や通し番号などが付与される。“maker_name”はデバイスの製造メーカーの名称を表す識別子である。“location_name”はデバイスが設置されている部屋名など場所を表す識別子である。“home_domain”はデバイスが存在するホームネットワークのドメインを表す。

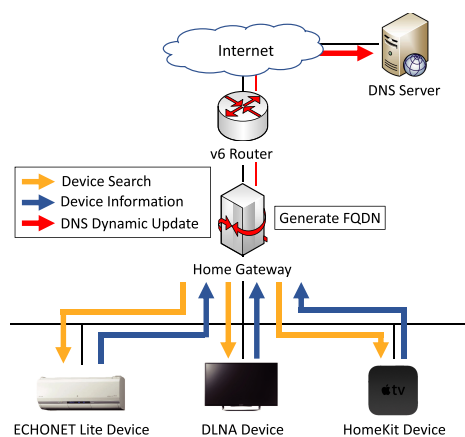


図 4 提案方式におけるシステム構成と仕組み

Fig. 4 A system configuration and mechanism of the proposed method.

FNAC の FQDN における “unique_id” と “home_domain” は必須の識別子であるが, “maker_name” と “location_name” はプロトコルによっては IoT デバイスから取得できない場合があるため省略することが可能である。

3.2 FQDN の自動生成と DNS サーバへの登録

図 5 に IoT デバイスの FQDN を生成し, DNS サーバに登録するまでの流れを示す。なお, IoT デバイスはホームネットワークに接続した際, IPv6 アドレスを自動生成しているものとする。また, FNAC の機能を搭載した HGW にはホームネットワークのドメイン名 “myhome” が設定されているものとする。

HGW は IoT デバイスの情報を取得するために, DLNA や ECHONET Lite, HomeKit など定義されている機器探索パケットを定期的にマルチキャストする。機器探索パケットを受信した IoT デバイスは, 型番や製造メーカー名などの機器情報を含んだ応答メッセージを返信する。HGW は受信した応答パケットを解析し, プロトコルごとに表 1 に示した FQDN の構成に必要な情報を取得する。この際, HGW には過去に FQDN を自動生成済みの IoT デバイスの IP アドレスと FQDN が記録されているため, この記録より FQDN が割り当て済みでないことを確認できれば, HGW は受信した機器情報を基に FQDN を自動生成する。

自動生成される FQDN 内の “unique_id” は ECHONET Lite は機器オブジェクトのクラスコードを機器の種類名に変換したもの, DLNA は friendlyName, HomeKit は machine_name の末尾に通し番号を付加することで生成される。また, ECHONET Lite は 1 つの IP を持つ機器に対して「エアコンと温度センサ」のように複数の機器オブジェクトクラスを搭載することができる。このような機器に対しては, エアコンにはエアコンの FQDN, 温度センサには温度センサの FQDN として機器オブジェクトクラスごとに FQDN を自動生成する。上記の一連の処理により, たとえば東芝製

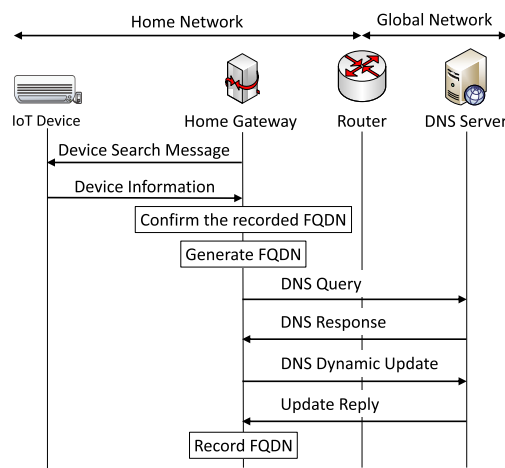


図 5 FNAC における FQDN 自動生成および DNS 登録シーケンス

Fig. 5 Automatic FQDN generation and DNS registration sequence in FNAC.

表 1 FQDN の自動生成に利用する各プロトコルの機器情報

Table 1 Device information of each protocol used for automatic generation of FQDN.

	unique_id	maker_name	location_name
ECHONET Lite	機器オブジェクトのクラスコード	メーカーコード	取得不可
DLNA	friendlyName	manufacture	取得不可
HomeKit	machine_name	取得不可	取得不可

エアコンであれば “airconditioner-1.toshiba.myhome” のような FQDN が生成される。

自動生成した FQDN がインターネット上で一意であるかを確認するために, HGW は生成した FQDN の AAAA レコードを DNS サーバに問い合わせる。DNS サーバからの応答で IPv6 アドレスが取得できなかった場合は自動生成した FQDN に重複がないということが確認できるため, IoT デバイスの FQDN と IPv6 アドレスのペアを DDNS の機能を使って DNS サーバに登録する。なお, DNS サーバからの応答で IPv6 アドレスが取得できた場合は自動生成した FQDN に重複があるため, FQDN のドメインである “unique_id” の通し番号を変え, 一意なものになるまで繰り返す。最後に自動生成した FQDN と IP アドレスを HGW に記録する。

以上の処理により, 既存の IoT デバイスをホームネットワークに接続するだけで, 初期 FQDN が自動生成され, DNS サーバに登録される。

3.3 自動生成された FQDN の変更

自動生成された IoT デバイスの FQDN をユーザが変更し, DNS サーバに再登録を行うまでの流れを図 6 に示す。ユーザは IoT デバイスの FQDN を変更するため, ブラウザなどを用いて HGW にアクセスする。HGW にはホームドメインのほか, 宅内の部屋の情報などを登録したり, 各

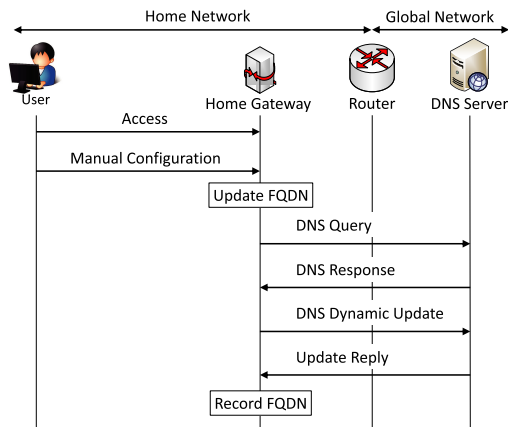


図 6 FNAC における FQDN 変更シーケンス

Fig. 6 FQDN change sequence in FNAC.

種通信プロトコルで取得した IoT デバイスの情報を確認することが可能であるため、IoT デバイスの FQDN と IoT デバイスが設置されている部屋を関連付けることで、部屋情報を反映した FQDN に自動更新することが可能である。

また、HGW には DNS サーバに登録されている IoT デバイスの FQDN の一覧が記録されているため、設定変更を行いたいデバイスの FQDN を選択し、ユーザ自身がホームネットワークドメイン以外の名前を任意で変更できる。変更した FQDN に重複がなければ、HGW は変更後の FQDN を DNS サーバに再登録する。たとえば、リビングルームにエアコンが一台だけ設置されており、その FQDN が “airconditioner-1.toshiba.myhome” のように自動生成されていたとする。ユーザが HGW にこのエアコンがリビングルームに設置されていることを設定することにより、“airconditioner.livingroom.myhome” といった FQDN に変更することが可能である。

以上のとおり、FNAC ではユーザが IoT デバイスを特定する際により認識しやすい名前へ変更することが可能である。

4. 実装・検証

4.1 実装

FNAC のプロトタイプシステムとして、提案方式の機能を C 言語を用いて実装し、Raspberry Pi 3 Model B にインストールして HGW を開発した。今回のプロトタイプシステムでは、DLNA モジュール、FQDN 自動生成機能、および DNS サーバ登録機能を実装した。HGW の OS は Raspbian Stretch (version 9.1) であり、DLNA 通信ライブラリに libUPnP 1.6.19 [17] を、DNS Dynamic Update を利用するために BIND 9.13.4 [18] ライブラリを使用した。

4.2 動作検証

図 7 に動作検証を行った環境を示す。大学研究室内に構

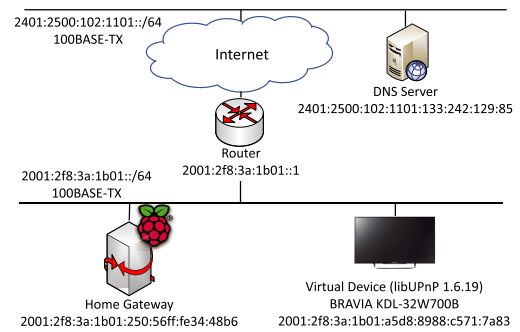


図 7 動作検証で使った環境

Fig. 7 Network configuration used for the measurements of performance.

築された IPv6 ネットワーク*1をホームネットワークと見立て、開発した HGW およびソニー社製の DLNA 対応テレビ “BRAVIA KDL-32W700B” を設置した。なお、実際のテレビは IPv6 ネットワーク上で機器探索をしても応答が得られなかったため、同一ネットワークに設置した PC に仮想マシンを構築し、libUPnP 1.6.19 を利用して仮想的に DLNA テレビを構築した*2。ホームネットワークのドメイン名は “myhome.ucl.meijo-u.ac.jp” とした。

DNS サーバはさくらレンタルサーバで契約している VPS (Virtual Private Server) を利用した*3。Debian 7.2 および BIND 9 により構築し、HGW からの DNS リソースレコードの動的更新要求を受け入れるよう設定した。なお、HGW、仮想 DLNA デバイス、DNS サーバにはそれぞれグローバル IPv6 アドレスが割り当てられている。

上記の環境において HGW を動作させ、一連の処理の様子を Wireshark を用いて観測した。その結果、HGW が M-SEARCH メッセージをマルチキャストし、DLNA 対応機器に見立てた仮想マシンが応答パケットを返信していること、HGW が自動生成した FQDN の重複確認処理および DNS サーバへの登録処理を実行していることを確認した。なお、DLNA デバイスは設置されている部屋情報を設定値として保持していないため、自動生成された FQDN は “BRAVIA-KDL-32W700B-1.Sony-Corporation.myhome.ucl.meijo-u.ac.jp.” のように “location_name” を省略した形式となっていた。

*1 学術情報ネットワーク SINET 提供の IPv6 接続サービスを利用。実際は IPv4/IPv6 デュアルスタックネットワークだが、本論文では IPv4 ネットワークに関する説明は省略する。

*2 仮想デバイスには、BRAVIA KDL-32W700B を IPv6 ネットワークに設置した際に正常に得られた機器情報などの応答内容と同一になるように設定した。仮想デバイスを起動したホスト PC のスペックは、CPU: Core i7 3.4GHz、メモリ: 12GB、OS: Windows 10、ネットワーク: 1000BASE-T である。仮想デバイスのスペックは、CPU: 仮想 1 コア、メモリ: 1GB、OS: Ubuntu 17.04 である。

*3 CPU: 仮想 2 コア、メモリ: 1GB、ストレージ: HDD 100GB、ネットワーク: 100 Mbps 共有回線。

5. 評価

5.1 処理時間の検証

5.1.1 測定方法

提案方式の実用性を評価するため、図 7 と同じ構成を利用して FNAC における DLNA 機器の探索時間、FQDN の生成時間、FQDN の重複確認時間、DNS サーバへの登録時間を測定した。計測方法は HGW における各処理を実行するモジュール内において `clock_gettime()` 関数を用いて処理時間に要した時間を算出した。

5.1.2 評価結果

表 2 に試行回数 100 回の場合の各処理時間の測定結果を示す。各処理時間の平均値は、DLNA 機器の探索時間が 9.52 [ms]、FQDN の自動生成時間が 2.75 [ms]、FQDN の重複確認時間が 5.91 [ms]、FQDN の DNS サーバへの登録時間が 109.14 [ms] であり、プログラム全体が終了するまでの平均時間は 127.33 [ms] であった。処理時間の約 85.7% が DNS サーバへの登録時間であり、登録時間には DNS Update メッセージの作成と送信処理、HGW と DNS サーバ間の伝送遅延、DNS サーバにおけるリソースレコードの登録処理、および DNS サーバからの応答メッセージの受信処理が含まれている。HGW と DNS サーバ間の伝送遅延は `ping` コマンドで RTT を測定したところ、約 25 ms であったため、DNS サーバでの登録処理に時間を要しているものと考えられる。

提案方式は HGW が IoT デバイスの探索を行い、機器情報の取得結果に基づいて FQDN の自動生成、重複確認、登録を行う必要がある。たとえば今回の検証で利用した DLNA では、1,800 秒を最小値として設定することが文献 [19] で推奨されているが、ベンダの実装依存になっているのが現状である。そこで、仕様上指定可能な最小値である 1 秒を上限として設定し、これより短い時間で処理が完了すれば、デバイス情報が変化した場合でも常に最新の FQDN が DNS サーバに反映されることとなる。

機器探索時間を含んでも目標値である 1 秒以内を十分に満たしていることから、提案方式を用いることにより、IoT デバイスをホームネットワークに接続し、HGW が機器探索を行えば、IoT デバイスの FQDN は瞬時に自動的に生成され、DNS サーバに登録されるため、ユーザは即座に IoT デバイスの操作および管理に FQDN を利用することが可能である。

5.2 アンケート調査による FQDN の評価

FNAC および DNSNA で自動生成された FQDN がユーザにとって IoT デバイスを特定可能な分かりやすい FQDN となっているかを明らかにするため、IoT デバイスの名前に関するアンケート調査を行った。

表 2 処理時間の測定結果

Table 2 Measurement results of each processing time.

	処理時間 [ms]			
	機器探索	FQDN 生成	重複確認	DNS 登録
最大	12.85	6.83	10.44	123.66
平均	9.52	2.75	5.91	109.14
最小	6.56	1.92	2.49	65.19

5.2.1 設問内容と調査方法

アンケートの設問項目は下記 5 項目で、選択式、記述式を交えて構成した。

- (1) DLNA などの各プロトコルで取得できる機器情報に加え、DNSNA の FQDN に用いられる情報のリストを提示し、その中から回答者が IoT デバイスを特定するために重要または不要だと思う情報をそれぞれ複数選択する。
- (2) FNAC および DNSNA で自動生成された FQDN を 1 つ例示し、回答者が該当する IoT デバイスを 6 つの選択肢から選ぶ。表 3 に各設問の内容を示す*4。各選択肢にはデバイス情報として機器の種別、型番、メーカー名、設置場所を提示した。設問は全 10 問で構成され、FNAC と DNSNA の問題を各 5 問ずつ順不同で出題した。問題の内容は各手法で FQDN の構成に用いる機器情報と提示する IoT デバイスの情報が同じ条件になるように作成した。たとえば、Q1 と Q10 は FQDN の構成に位置情報を含まず、提示されるデバイスの種類はすべて冷蔵庫であるが、型番とメーカー名がそれぞれ異なる。条件が同じものは、Q1 と Q10、Q2 と Q7、Q3 と Q5、Q4 と Q8、Q6 と Q9 の各ペアである。なお、DNSNA の設問では回答者に対して object identifier の詳細な情報を確認するための資料*5をあわせて提供した。また、機器の特定が厳しい場合は無回答で次の設問に進むことを許可した。
- (3) (2) の各手法の FQDN について、IoT デバイスを特定するために実際に参照した識別子をすべて選択する。
- (4) FNAC で自動生成された FQDN を回答者が変更できる場合、FQDN をどのように変更すれば分かりやすい名前になるかを記述式で回答する。
- (5) (2) の問題を回答した結果、FNAC または DNSNA どちらの手法の FQDN が分かりやすかったを選択式で回答する。また、選択した手法が分かりやすかった理由と、選択しなかった手法が分かりにくいと感じた理由を記述してもらう。

上記のアンケートを Google フォームで作成し、オンラインで調査を行った。なお、本アンケート調査は無記名式で行い、回答者の性別、年代および日常的な IoT デバイス

*4 ホームネットワークのドメイン名は“myhome”と略記した。

*5 Object Identifier の詳細情報.pdf, <https://bit.ly/2YZD0oh>

表 3 アンケート調査 (2) の質問における各設問の内容

Table 3 Contents of each problems in questionnaire survey (2).

	FQDN	Type of Answer	Correct Answer	Device Information			
				Type	Model Number	Manufacturer	Installation Place
Q1	MR-JX53X-1. MITSUBISHI. myhome	FNAC	○	1) Refrigerator	R-WX62K	HITACHI	Kitchen
				2) Refrigerator	GR-K550FWX	TOSHIBA	Kitchen
				3) Refrigerator	MR-JX53X	mitsubishi	Kitchen
				4) Refrigerator	GE-K460FW	TOSHIBA	Kitchen
				5) Refrigerator	SJ-TF49C	SHARP	Kitchen
				6) Refrigerator	MR-JX61X	MITSUBISHI	Kitchen
Q2	wireless-speaker-1. 0.2.11.1.001. 1066.08771. OID.center. childrens-room. LOC.myhome	DNSNA	○	1) Wireless Speaker	SRS-X77	SONY	Living Room
				2) Wireless Speaker	SRS-ZR7	SONY	Children's Room
				3) Wireless Speaker	SRS-HG10	SONY	Bed Room
				4) Wireless Speaker	SRS-X77	SONY	Study Room
				5) Wireless Speaker	SRS-X9	SONY	Living Room
				6) Wireless Speaker	SRS-ZR7	SONY	Father's Room
Q3	RAS-E28F-1. HITACHI. living-room. myhome	FNAC	○	1) Air Conditioner	AY-G22X-W	SHARP	Bed Room
				2) Air Conditioner	RAS-C255DR	TOSHIBA	Living Room
				3) Air Conditioner	RAS-V22E	HITACHI	Children's Room
				4) Air Conditioner	AY-H40X2-W	SHARP	Living Room
				5) Air Conditioner	MSZ-JXV4019S	MITSUBISHI	Study Room
				6) Air Conditioner	RAS-E28F	HITACHI	Living Room
Q4	air-cleaner-1. SHARP.myhome	FNAC	○	1) Air Cleaner	KI-JX75-W	SHARP	Living Room
				2) Air Cleaner	KI-HX75YX-W	SHARP	Kitchen
				3) Air Cleaner	KI-HS50-H	SHARP	Study Room
				4) Air Cleaner	KI-JP100-W	SHARP	Children's Room
				5) Air Cleaner	KI-HP100-W	SHARP	Entrance
				6) Air Cleaner	KI-S50E5-H	SHARP	Bed Room
Q5	RAS-C365DR-2. 0.2.11.1.008. 1129.26589. OID.corner. childrens-room. LOC.myhome	DNSNA	○	1) Air Conditioner	RAS-C365DR	TOSHIBA	Children's Room
				2) Air Conditioner	RAS-XC28G	HITACHI	Father's Room
				3) Air Conditioner	MSZ-BKR3619	MITSUBISHI	Study Room
				4) Air Conditioner	RAS-C365DR	TOSHIBA	Living Room
				5) Air Conditioner	RAS-XC28G	HITACHI	Children's Room
				6) Air Conditioner	AS-80J2	FUJITSU GENERAL	Bed Room
Q6	TV-4. 0.2.12.1.063. 1549.29950. OID.myhome	DNSNA	○	1) TV	BRAVIA KDL-32W700B	SONY	Living Room
				2) TV	42LA8600	LG	Father's Room
				3) TV	REGZA 40J9X	TOSHIBA	Bed Room
				4) TV	LCD-A32BHR10	MITSUBISHI	Bed Room
				5) TV	QN49Q70RAFXZA	SUMSUNG	Children's Room
				6) TV	BRAVIA KJ-65Z9F	SONY	Father's Room
Q7	wireless-speaker-4. Sony-corporation. fathers-room. myhome	FNAC	○	1) Wireless Speaker	SRS-HG10	SONY	Living Room
				2) Wireless Speaker	SRS-X77	SONY	Father's Room
				3) Wireless Speaker	SRS-ZR7	SONY	Study Room
				4) Wireless Speaker	SRS-X9	SONY	Children's Room
				5) Wireless Speaker	SRS-X77	SONY	Bed Room
				6) Wireless Speaker	SRS-X9	SONY	Study Room
Q8	air-cleaner-3. 0.2.11.1.021. 1376.52009. OID.myhome	DNSNA	○	1) Air Cleaner	KI-JP100-W	SHARP	Bed Room
				2) Air Cleaner	KI-HS50-H	SHARP	Study Room
				3) Air Cleaner	KI-S50E5-H	SHARP	Kitchen
				4) Air Cleaner	KI-HX75YX-W	SHARP	Entrance
				5) Air Cleaner	KI-JX75-W	SHARP	Living Room
				6) Air Cleaner	KI-HP100-W	SHARP	Children's Room
Q9	TV-3.TOSHIBA. myhome	FNAC	○	1) TV	32LA6600	LG	Father's Room
				2) TV	BRAVIA KJ-77A9G	SONY	Bed Room
				3) TV	55LA6600	LG	Children's Room
				4) TV	QN65Q90RAFXZA	SUMSUNG	Living Room
				5) TV	LCD-A32BHR10	MITSUBISHI	Bed Room
				6) TV	REGZA 55J8	TOSHIBA	Father's Room
Q10	RF22R7351SR-1. 0.2.12.1.063. 1586.34219. OID.myhome	DNSNA	○	1) Refrigerator	RF22R7351SR	SUMSUNG	Kitchen
				2) Refrigerator	R-WX62K	HITACHI	Kitchen
				3) Refrigerator	RF28R7351DT	SUMSUNG	Kitchen
				4) Refrigerator	MR-JX53X	MITSUBISHI	Kitchen
				5) Refrigerator	GR-K510FWX	TOSHIBA	Kitchen
				6) Refrigerator	SJ-TF50B	SHARP	Kitchen

を利用の有無をあわせて確認した。

また、一部の回答者に対しては、アンケート回答時の画面収録^{*6}を行い、アンケート調査(2)の各設問の回答時間を計測した。

5.2.2 調査結果と考察

アンケートの有効回答数は81件で、回答者の内訳および(1)～(5)の各設問の回答結果は下記のとおりである。

- 男性：70名，女性：11名
- 20代：56名，30代：12名，40代：9名，50代：4名
- IoTデバイスの日常利用あり：男性26名，女性8名
- 回答時間計測対象者数：20代男性25名

(1) 図8にアンケート調査(1)の回答結果を示す。回答者がIoTデバイスを特定するために重要視する情報として、機器の種類名や設置場所、型番や製造業社名など直感的に機器を特定できる内容が選ばれた。これらの情報はFNACにおけるFQDNを構成する情報にすべて含まれており、ユーザにとって有用なFQDNであるといえる。一方、製造業社が所属する国や機器の標準規格、それらを表すIDなどの情報は必要とされていないことが分かった。これらのIDはDNSNAにおけるFQDNを構成する必須の識別子となっており、ユーザが直感的にIoTデバイスを特定しにくいことを意味している。

(2) 表4にアンケート調査(2)における各設問の正答率と平均回答時間を示す。DNSNAとFNACともに機器の型番や設置場所名がFQDN内に含まれたQ1, Q2, Q3, Q5, Q7, Q9, Q10の正答率が高かった。しかし、DNSNAにおいてはFQDNに機器の型番や設置場所名が含まれておらず、object identifierの詳細情報から機器の型番や製造業社名を特定しなければならないQ6とQ8の正答率が低かった。これらの結果から、FQDNを構成する識別子にはIDではなく名前を用いるべきであることが明確となった。なお、FNACにおいても提示されたFQDNの情報だけでは機器を特定できないQ4の正答率が低かった。これは宅内に同一メーカーの同一種類のIoTデバイスが存在するケースに該当するが、設置場所を付与することにより、特定精度は他の設問と同程度に改善されることが考えられる。

回答時間に関して、DNSNAは機器の型番や設置場所名がFQDN内に含まれたQ2, Q5, Q10の回答時間が短かった。しかし、正答率が低かったQ6とQ8の回答時間は長くなる傾向が見られた。一方、FNACは提示された情報から機器の特定が不可能なQ4の回答時間だけ長くなったが、その他はDNSNAより短時間で回答していることが分かる。これは回答者がFQDN

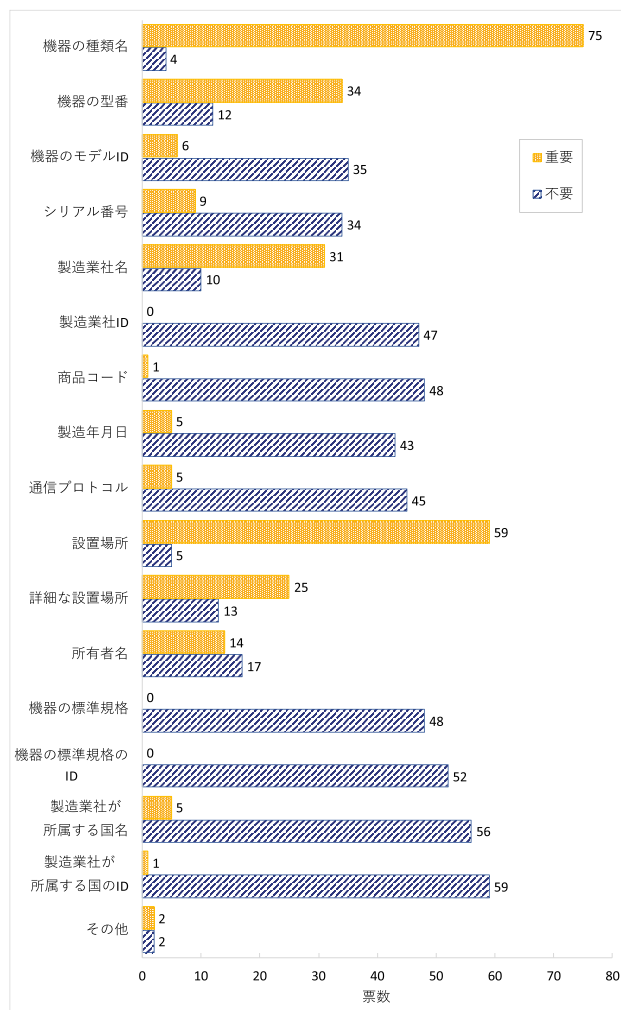


図8 アンケート調査(1)の回答結果

Fig. 8 Results of questionnaire survey (1).

表4 アンケート調査(2)の正答率と平均回答時間

Table 4 Correct answer rate and average answer time of questionnaire survey (2).

FNAC		Q1	Q3	Q4	Q7	Q9
	正答率 [%]	98.8	98.8	1.2	100	88.9
DNSNA	回答時間 [s]	22.2	17.7	40.0	19.0	15.8
		Q10	Q5	Q8	Q2	Q6
DNSNA	正答率 [%]	88.9	90.1	43.2	92.6	38.3
	回答時間 [s]	31.6	33.8	55.7	39.3	66.8

に含まれる情報から直感的にIoTデバイスの特定ができたためと考えられる。

(3) 図9と図10にユーザがIoTデバイスを特定する際に実際に参照されたFNACとDNSNAの識別子をそれぞれ示す。この結果から、回答者はFNACのFQDNの識別子を全体的に利用して機器の特定を行っていた。一方、DNSNAの問題においては設置場所を表す“mac_loc”や機器の種類名や型番を表す“unique_id”は多く参照されていたが、“OID”や“LOC”は機器の特定に参照されていなかった。ま

^{*6} MacBook Pro (13-inch, 2016, Two Thunderbolt 3 ports) に搭載されている QuickTime Player を用いた。動画のフレームレートは 60 [fps] である。

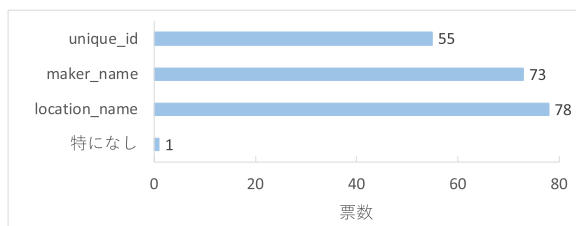


図 9 機器を特定するために参照された FNAC の識別子

Fig. 9 Identifier of FNAC referenced to identify the device.

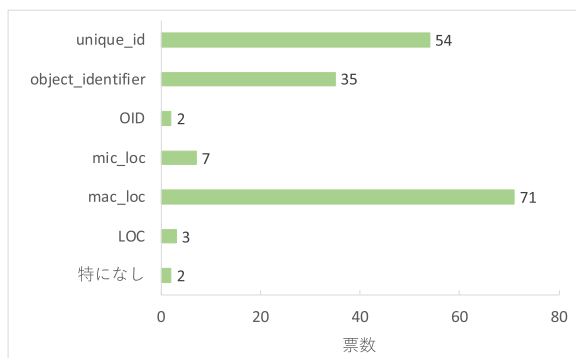


図 10 機器を特定するために参照された DNSNA の識別子

Fig. 10 Identifier of DNSNA referenced to identify the device.

た、製造業社の情報は、FNAC の FQDN では回答者の 90% が “maker_name” を参照していたのに対し、DNSNA では 43% しか “object_identifier” を参照していない。これは DNSNA では製造業社の情報が ID を用いて表されているため、ユーザにとって扱いづらい情報として認識されていると考えられる。

- (4) 回答者が考える FQDN の変更案としては、“unique_id” に含まれる機器の種類名を “air-conditioner” から “air-con” のように表記をニックネームや通称に変更したり、通し番号や不要な識別子を削除するという回答が挙げた。DNSNA は FQDN の識別子をユーザが独自の値に変更しても再度自動生成機能により元の FQDN に戻ってしまうため、事実上 FQDN の変更はできない。一方、FNAC は識別子の内容をユーザ独自の内容に変更することが可能であり、また “maker_name” と “location_name” を省略することもできる。そのため、FNAC では短い識別子の組合せでも IoT デバイスを一意に特定可能な FQDN を設定することが可能で、ユーザが求める要求に柔軟に対応することができ、ユーザビリティが高いといえる。
- (5) FNAC が分かりやすいと感じた人が 78 人、DNSNA が分かりやすいと感じた人が 3 人であった。FNAC が分かりやすいと感じた理由として、識別子から直感的に機器を特定できたから、必要な情報で短く構成されているからといった回答が得られた。DNSNA が分かりやすいと感じた理由としては、FQDN に含まれる情報が豊富だからという回答が得られた。一方、FNAC が

表 5 既存研究との比較

Table 5 Comparison with existing researches.

	Bonjour	DNSNA	FNAC
既存 IoT デバイスのサポート	×	×	○
IoT デバイスへの機能実装	必要	必要	不要
認識しやすい FQDN	△	△	○
FQDN の変更	△	×	○
グローバルネットワークでの名前解決	×	○	△

分かりにくいと感じた理由として、FQDN に含まれる情報が少ないからという回答が得られた。DNSNA が分かりにくいと感じた理由としては、構成が長く必要な情報を判断することが困難、object identifier の詳細情報を調べるのが手間であるといった回答が得られた。この結果から、DNSNA に比べ FNAC の FQDNの方が機器を特定する際にユーザにとって認識しやすい名前だといえる。

5.3 既存研究との比較

表 5 に FNAC と既存技術である Bonjour および DNSNA との比較を示す。2 章で述べたとおり、Bonjour ではデバイスに制約があり、グローバルネットワークからの名前解決ができない。仮に動作検証で使用したテレビが Bonjour に対応していた場合、“BRAVIA-KDL-32W700B. .upnp. .udp. local.” のような名前が自動生成されるが、ユーザが通常意識せず不要と考えている通信プロトコル情報が含まれており、認識しづらい。DNSNA ではグローバルネットワークを含めた IoT デバイスの制御を実現しているが、既存の IoT デバイスは利用できない。また、仮にテレビが DNSNA に対応した場合、“BRAVIA-KDL-32W700B-1.0.2.481.1.100.3030.10011.OID.center.livingroom.LOC.myhome.” のような名前が自動生成されるが、FQDN にユーザが認識しづらい ID が含まれ、かつ自動生成後の FQDN を変更することができない。

FNAC では、HGW が IoT デバイスから取得した機器情報を基に自動生成した FQDN を DNS サーバに登録することにより、どこからでも IoT デバイスの名前解決が可能で、FQDN を用いた IoT デバイスの制御が可能である。IoT デバイスへの実装や IPv6 ルータの設定が必要がないため、既設の IoT デバイスが設置されたネットワークであっても FNAC を導入することが容易である。また、FQDN の構成は “BRAVIA-KDL-32W700B-1.SONY.myhome” のように短く、デバイスごとに対応した形式に変化し、自動生成された後の FQDN は HGW にアクセスすることでユーザ自身で変更することが可能である。たとえばリビングに設置された TV であれば “tv.livingroom.myhome.” のような FQDN を設定できるため、既存技術で生成される FQDN

と比較して認識しやすく、ユーザビリティが高いと考えられる。

なお、本論文ではローカルネットワークとしてホームネットワークについて取り上げたが、グローバルネットワークに接続する IoT デバイスの名前を自動生成する場合、IoT デバイスが外部からの問合せに対して機器情報を応答する機能を有している必要がある。たとえば HGW に実装した FNAC の機能を有した管理サーバを別途インターネット上に配置し、SNMP (Simple Network Management Protocol) などホームネットワーク外でも利用可能なプロトコルを用いて IoT デバイスの情報を取得できれば、FQDN を自動生成することが可能である。

6. まとめ

本論文では、IoT デバイスのための柔軟な名前自動生成システムとして FNAC を提案した。提案方式では、HGW に IoT デバイスの FQDN 自動生成機能を搭載し、既存の IoT デバイス向けプロトコルを利用することにより、既存技術の課題を解決できることを示した。提案方式のプロトタイプシステムを実装して動作検証を行った結果、IoT デバイスの発見から FQDN の自動生成と重複確認および DNS サーバへの登録が即座に完了できることを示した。また、アンケート調査により自動生成される FQDN が既存研究よりも分かりやすく、柔軟に変更可能でユーザビリティに優れていることを明らかにした。

IPv6 ネットワークに接続された IoT デバイスに FQDN が対応付けられることにより、パケットキャプチャで観測された IPv6 アドレスに対して逆引きを行うことで IoT デバイスを特定しやすくなるため、トラフィック解析やセキュリティ解析が効率化されることが期待される。また、DNS の CNAME レコードを活用することにより、ユーザと管理者で異なる名称で IoT デバイスを識別することも可能になり、ユーザによる FQDN の変更が管理者側に影響を与えない仕組みも実現できるだろう。FNAC が IoT デバイスの IPv6 対応を促進することにつながれば幸いである。

参考文献

- [1] IHS Markit: IoT platforms: Enabling the Internet of Things, available from <https://cdn.ihs.com/www/pdf/enabling-IOT.pdf> (accessed 2018-12-06).
- [2] ECHONET CONSORTIUM: ECHONET Lite, ECHONET CONSORTIUM (online), available from <https://echonet.jp/spec/g/> (accessed 2018-12-06).
- [3] DLNA Allience: DLNA, available from <https://www.dlna.org/> (accessed 2018-12-06).
- [4] 総務省: IPv6 によるインターネットの利用高度化に関する研究会第四次報告書～IoT 時代を拓く新たな戦略～, 入手先 <http://www.soumu.go.jp/main.content/000388694.pdf> (参照 2018-12-06).
- [5] Ziegler, S., Crettaz, C., Ladid, L., Krco, S., Pokric, B., Skarmeta, A.F., Jara, A., Kastner, W. and Jung, M.:

IoT6 Moving to an IPv6-Based Future IoT, *The Future Internet*, Lecture Notes in Computer Science, Vol.7858, Springer, pp.161–172 (2013).

- [6] Apple Inc.: Bonjour Concepts - Apple Developer, available from <https://developer.apple.com/library/content/documentation/Cocoa/Conceptual/NetServices/Articles/about.html> (accessed 2018-12-06).
- [7] Lee, K., Kim, S., (Paul)Jeong, J., Lee, S., Kim, H. and Park, J.-S.: A framework for DNS naming services for Internet-of-Things devices, *Future Generation Computer Systems*, Vol.92, pp.617–627 (online), DOI: <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.01.023> (2019).
- [8] Cheshire, S.: Zero Configuration Networking (Zeroconf), available from <http://www.zeroconf.org/> (accessed 2018-12-06).
- [9] Guttman, E.: Autoconfiguration for IP networking: enabling local communication, *IEEE Internet Computing*, Vol.5, No.3, pp.81–86 (online), DOI: 10.1109/4236.935181 (2001).
- [10] Cheshire, S., Aboba, B. and Guttman, E.: Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses, RFC 3927, IETF (2005).
- [11] Cheshire, S. and Krochmal, M.: Multicast DNS, RFC 6762, IETF (2013).
- [12] Moore, N.: Optimistic Duplicate Address Detection (DAD) for IPv6, RFC 4429, IETF (2006).
- [13] Crawford, M., Fermilab and Haberman, B.: IPv6 Node Information Queries, RFC 4620, IETF (2006).
- [14] Vixie, P., Thomson, S., Rekhter, Y. and Bound, J.: Dynamic Updates in the Domain Name System (DNS UPDATE), RFC 2136, IETF (1997).
- [15] Apple Inc.: HomeKit - Apple, available from <https://www.apple.com/jp/ios/home/> (accessed 2018-12-06).
- [16] Google: シンプルな URL 構造を維持する - Search Console ヘルプ, 入手先 <https://support.google.com/webmasters/answer/76329> (参照 2019-08-02).
- [17] SourceForge.net: libupnp.org - Developer resources for the portable UPnP library, available from <http://pupnp.sourceforge.net/> (accessed 2018-12-06).
- [18] Internet Systems Consortium: Internet Systems Consortium — Maintainers of BIND and ISC DHCP, available from <https://www.isc.org/> (accessed 2018-12-06).
- [19] Donoho, A., Roe, B., Bodlaender, M., Gildred, J., Messer, A., Kim, Y., Fairman, B. and Tourzan, J.: UPnP Device Architecture 2.0, Technical Report, UPnP Forum (2015).

推薦文

DICOMO2018 の発表論文の中で特に評価が高かった本論文は、IoT 通信の際に設定が必要となる FQDN を自動的に生成する FNAC を提案している。既存の IoT デバイス向けの枠組みの範囲内で実現されており、IoT デバイスを仕様拡張せずに適用できるため実用性が高い。IoT 分野の発展に寄与する研究であるため、本論文を情報処理学会論文誌に推薦する。

(コンシューマ・デバイス&システム研究会主査 寺島美昭)



柳瀬 知広 (学生会員)

2018年3月名城大学理工学部情報工学科卒業。現在、同大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士課程に在学中。ホームネットワークに関する研究に従事。学士(工学)。



田中 久順

2017年3月名城大学理工学部情報工学科卒業。2019年3月同大学大学院理工学研究科情報工学専攻修士課程修了。2019年4月株式会社エヌ・ティ・ティネオメイトに入社。在学時代は主としてホームネットワークに関する研究に従事。修士(工学)。IEEE 会員。



鈴木 秀和 (正会員)

2004年3月名城大学理工学部情報科学科卒業。2009年3月同大学大学院理工学研究科電気電子・情報・材料工学専攻博士後期課程修了。2008年4月日本学術振興会特別研究員。2010年4月名城大学理工学部助教。2015年4月より同大学理工学部准教授および東北大学電気通信研究所共同研究員を兼務。ネットワークセキュリティ、モバイルネットワーク、ホームネットワーク等の研究に従事。博士(工学)。IEEE, ACM, 電子情報通信学会各会員。本会シニア会員。