

# IoT デバイスのための 柔軟な FQDN 自動生成手法に関する研究

183426023 柳瀬 知広  
鈴木研究室

## 1. はじめに

インターネット技術の発展を背景に、IoT (Internet of Things) デバイスが世界規模で普及している。今後これに伴う IPv6 ネットワークの普及を想定すると、外部から様々な通信規格の IoT デバイスに対して遠隔制御などを行うために FQDN の設定が必要になると考えられる。しかし、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 FQDN を設定する必要がある。

本研究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 を自動生成できる FNAC (Flexible Name Autoconfiguration) を提案する。FNAC は屋内外両方の IoT デバイスに対して FQDN の自動生成が可能であるが、本稿では屋内 IoT デバイスに対する FQDN 自動生成法について述べる。FNAC のプロトタイプシステムを開発し、DLNA (Digital Living Network Alliance) 機器を対象に FQDN の自動生成に要する処理時間の評価を行った。また、自動生成される FQDN がユーザにとって分かりやすい構成であるかを明らかにするため、アンケート調査による評価を行った。

## 2. 既存研究

Bonjour [1] や DNSNA (DNS Name Autoconfiguration) [2] といった、IoT デバイスにホスト名自動生成機能を搭載し、IoT デバイス自身が FQDN を自動生成する手法が提案されている。しかし、これらの手法では個々の IoT デバイスが提案されているプロトコルを実装し、指定された FQDN の構成に従わなければならない。また、DNSNA の 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、ユーザフレンドリでないといった課題が存在する。

## 3. 提案方式

### 3.1 概要

FNAC は既存の IoT デバイスで使用されている DLNA 等の家電制御プロトコルを利用して取得した情報を基に 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である。

本提案ではホームゲートウェイ (以下、HGW) に IoT デバイスの FQDN 自動生成機能を搭載することにより、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。

### 3.2 FQDN の構成

FNAC における FQDN の構成は “unique\_id.make\_name.location\_name.domain\_name” とする。“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。“make\_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の名称を表す識別子である。“domain\_name” はデバイスが存在するネットワークのドメインを表す。“unique\_id” と “domain\_name” は FQDN を構成する上で

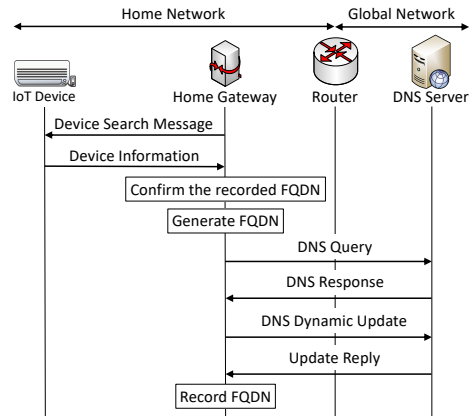


図 1: FNAC における FQDN 自動生成および DNS 登録シーケンス

必須の識別子であるが、“make\_name” はデバイスのプロトコルによって情報が取得できない場合があり、“location\_name” は IoT デバイスの機器情報から取得できない情報であるため省略可能である。

### 3.3 FQDN の自動生成および DNS サーバへの登録

図 1 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、ルータ配下のホームネットワークに提案する機能を搭載した HGW を設置する。HGW にはホームネットワークのドメインとして “myhome” があらかじめ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、サポートする各家電制御プロトコルで定義されている機器探索パケットを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、デバイスに設定されている型番や製造メーカー名などを含んだ機器情報を返信する。HGW は受信した応答パケットを解析し、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。例えば、東芝製エアコンであれば “airconditioner-1.toshiba.myhome” のようになる。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 DNS サーバに AAAA レコードを問い合わせる。問い合わせに対応する応答で 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 DNS サーバに登録する。

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。

### 3.4 自動生成された FQDN の変更

IoT デバイスの FQDN を変更するため、ユーザはブラウザ等を用いて HGW にアクセスする。HGW にはホームドメインの他、宅内の部屋の情報等を登録可能であるため、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、ユーザ自身でホームネットワークドメイン以外の名前を任意で変更することが可能である。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。

以上の通り、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

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。プロトタイプシステムには、DLNA 機器探索機能、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 を、DNS Dynamic Update を利用するために BIND 9.13.4 ライブラリを使用した。

## 5. 評価

図 2 に示す環境において、プロトタイプシステムの動作検証および性能評価を行った。大学研究室内に構築された IPv6 ネットワーク内に開発した HGW および libUPnP 1.6.19 を利用して構築した仮想ソニー社製 DLNA 対応テレビを設置した。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。

上記の環境において HGW を動作させた結果、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。

提案方式の実用性を評価するため、上記環境にて 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。

表 1 に試行回数 100 回の場合の各処理時間の測定結果を示す。結果から、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。以上により、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。

本研究で提案する FQDN がユーザにとって分かりやすい FQDN であるかを明らかにするため、アンケート調査を行った。アンケート内容は、各家電制御プロトコルで取得できる機器情報や DNSNA の FQDN に用いられる情報を提示し、ユーザが IoT デバイスを特定するために重要または不要だと思う機器情報を複数選択するものである。

表 2 にアンケートの回答結果各上位 5 位までの内容を示す。なお、アンケートの有効回答数は 81 件であった。回答

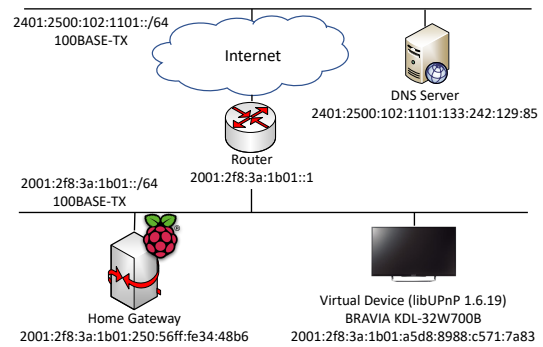


図 2: 動作検証のネットワーク構成

表 1: 処理時間の測定結果

	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

表 2: アンケート調査の回答結果

順位	重要		不要	
	機器情報	得票数	機器情報	得票数
1	機器の種類名	75	製造業社が所属する国の ID	59
2	設置場所	59	製造業社が所属する国名	56
3	機器の型番	34	機器の標準規格の ID	52
4	製造業社名	31	機器の標準規格	48
5	詳細な設置場所	25	商品コード	48

者が IoT デバイスを特定するために重要視する情報には機器の種類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 を構成する情報に含まれている。一方、製造業社が所属する国の名前や ID などの情報は不要とみなされた。これらの ID は DNSNA における FQDN を構成する必須の識別子であるため、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。この結果から、FNAC の FQDN は既存研究のものに比べユーザフレンドリであると言える。

## 6. まとめ

本研究では IoT デバイスのための柔軟な FQDN 自動生成手法として FNAC を提案した。提案方式のプロトタイプ実装を行い、実環境において処理時間の性能評価を行った結果、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 がユーザフレンドリであることを明らかにした。

### 参考文献

- [1] Apple Inc.: Bonjour Concepts - Apple Developer.
- [2] Lee, K., et al.: A framework for DNS naming services for Internet-of-Things devices, *Future Generation Computer Systems*, Vol. 92, pp. 617–627 (2019).