

Title	家庭内ネットワークにおける管理運用情報統合に関する研究
Author(s)	北村, 竜之介
Citation	
Issue Date	2018-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/15173">http://hdl.handle.net/10119/15173</a>
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 先端科学技術研究科, 修士(情報科学)

修士論文

家庭内ネットワークにおける  
管理運用情報統合に関する研究

1610051

北村竜之介

主指導教員 丹 康雄  
審査委員主査 丹 康雄  
審査委員 篠田 陽一  
審査委員 リム 勇仁  
審査委員 知念 賢一

北陸先端科学技術大学院大学

先端科学技術研究科 [情報科学]

平成 30 年 2 月

## Abstract

In recent years, home networks are becoming increasingly more complex. Historically, communication between electronic devices using protocols such as UPnP and DLNA has increased. Furthermore, wireless communication protocols such as Bluetooth and ZigBee are gaining in popularity because they can be used to control wireless devices. Moreover, energy management systems are being introduced to the home with a rapid pace. To accommodate the above use cases, home networks that do not make use of IP have appeared, making home networks much more complicated.

In order to improve the maintainability of devices in such complicated home networks, HTIP has been proposed as a method to gather the connection information of home devices. Although there is a prior research proposing a mechanism that enables remote device setting using this protocol, HTIP uses Ethernet and does not function on protocols that do not use this protocol. In order to transmit Ethernet frames over IP, a previous study that introduces virtualization technology using GRE tunneling exists. In this way, the flow of another protocol is virtually overlaid on top of another transfer protocol, enabling a wealth of management and operation options, but this also increases the complexity of the home network. In such complicated home networks as described above, there are different requirements for each device, and various data link technologies are being used. Therefore, it is not easy to support the entire home network with just a single management technology. It is necessary to consider multiple technologies as well as the type of information necessary for the management and operation of home devices.

In this research, our objective is to develop an information integration technology for the home network which can handle management and operation information collected by multiple management technologies in a unified fashion. In the home network, different requirements and physical / data link technologies are used depending on the devices, and each has its own management and operation technology. In addition, management and operation information on devices and services is required along with communication technology, and it is necessary to collect information of different OSI layers. However, in the past, there was no management and operation technology which integrates multiple management and operation technologies. It is possible to implement new protocols and functionality in home devices, but this is not a realistic approach, since home devices have limited computational resources and the development cost would be prohibitive. Therefore, in this study, we focus on many management and operation technology and develop a system that integrates multiple methods of collecting information as well as various types of collected information. We consider and develop a method to integrate basic information acquired by various management and operation technologies used in

the home network. This approach makes it easier to manage and operate the home network, thereby adding value and increasing reliability. It is also possible to provide the infrastructure necessary for management and operation such as remote settings and fault detection without depending on a specific management operation technology and communication protocol. Furthermore, by having the integrated information as a database, it can be further used for other purposes such as visualization, statistical analysis, etc.

For the proposed system, we investigated ZigBee and HTIP, which are administrative and operation technologies used by wireless devices in the home network. In ZigBee, because each node operates autonomously and ZigBee can respond to changes in network configuration flexibly, there are only a few problems regarding its management and operation. In addition, the nodes that perform routing hold detailed information on their neighboring nodes, and it is easy to grasp and manage the network configuration. HTIP is a protocol designed for identifying the connection configuration of devices in a complicated home network. This information can help to improve maintainability of home devices. HTIP Manager and Agent software is installed on the managed devices. The Agent transmits management and operation information to the Manager, through which the Manager can identify the home network topology. These protocols provide excellent management and operation mechanisms and are utilized by the proposed system.

In order to integrate the management operation information, we investigated the BBF TR - 181 device data model which can unify model information of many devices that use various different protocols. This model is standardized for the remote management of target devices in the home network.

The proposed information integration system of management and operation is installed on the home gateway. The system collects information from the managed devices in the home network. In this system, HTIP is used when collecting information from devices in Ethernet and IP communication area network. To collect information from devices of non-Ethernet and non-IP communication area networks, agent functions that can communicate with the protocols used in the network are installed in relay devices. We also present use cases of connection patterns between area networks of different communication technologies such as Ethernet & IP communication and non-Ethernet & non-IP communication, and present methods of collecting information in those use cases. After collecting the information from the target device, the information is held in a database. We propose two types of databases, a dedicated DB for each protocol used in the home network and integrated DB capable of representing information of various different protocols in a unified fashion. The integrated DB is realized by using the XML device data model standardized by the aforementioned BBF TR-181. We chose this model that is optimal for an integrated database in this system because it is possible to describe multiple protocols in a unified way. However, at present mandatory information of management

operation is missing. Therefore, we add mandatory information for management and operation which is missing in that model. Ultimately, we examined the implemented system in the customer support use case described in TTC TR - 1062 and evaluate it.

## 概要

近年、家庭内のネットワーク(ホームネットワーク)が複雑化の一途を辿っている。歴史的に見ても、DLNA等で、UPnPプロトコルを用いた電子機器間通信が多くなったことや、多くの機器を制御するため、BluetoothやZigBeeなどのワイヤレス通信が多くなったこと、エネルギー管理系のシステムが実用化したにより、家庭内の他のネットワークに直接IP接続できないネットワークが出現したことなどがホームネットワークの複雑化の要因であると考えられる。複雑化したホームネットワークにおいて家庭内機器の保守性等を向上するために機器の接続構成を把握する目的のHTIPが策定された。このプロトコルを利用し、遠隔機器設定を可能にする機構の提案を行った先行研究があるが、HTIPはEthernetフレームを用いており、これを用いないプロトコル上では機能しない。そういった場合に、IP上でEthernetフレームを伝送するため、GREのトンネリング技術等を使用した仮想化技術の導入を行った先行研究もある。このようにして、あるプロトコルの上を仮想的に別のプロトコルが流れることは、管理運用の高級化に繋がるが、ホームネットワーク複雑化の一因でもある。この様に複雑化したホームネットワークでは、機器ごとに異なる要求要件があり、様々なデータリンク技術が用いられている。したがって、1つの管理運用技術ではホームネットワーク全体のサポートは容易ではなく、複数の管理運用技術・管理運用情報を考慮する必要がある。

本研究ではホームネットワークにおいて、複数の管理運用技術により収集された管理運用情報を統合して扱うことのできる情報統合技術の開発を目的とする。ホームネットワークでは機器によって異なる要求要件や物理・データリンク技術が用いられ、それぞれが固有の管理運用技術を有している。また、通信技術とともに機器及びサービスに関する管理運用情報も必要とされ、異なるレイヤの情報を対象とする必要がある。しかし、以前は統合的に複数の管理運用技術を考えた管理運用はされてこなかった。家庭内の機器に新たなプロトコルを対応させることも可能であるが、家庭内の機器は汎用コンピュータのように高性能ではなく現実的ではない。そこで本研究では、多くの管理運用技術に焦点をあて、複数の情報の収集手段と収集した情報を統合するシステムを開発する。ホームネットワーク内で利用される多くの管理運用技術によって取得できる基本情報を統合する方法を検討、開発し、ホームネットワークにおける管理運用を容易にすることで付加価値を与え、信頼性を上げる。このことにより、管理運用技術や通信プロトコルによらずに遠隔設定や障害検知等の管理運用に必要な基盤を提供することが可能となる。さらに、統合した情報をデータベースとして持つことによりデータの可視化や解析等にも利用することができる。

情報統合システムの提案にあたり、ホームネットワーク内で利用される管理運用技術であるZigBeeやHTIPについて調査を行った。ZigBeeはそれぞれのノードが自律的に動作するため、柔軟にネットワーク構成の変化に対応でき、ネットワーク全体における管理運用の問題点が少ない。また、ルーティングするノードは、隣接ノードに関する非常に詳細

な情報を保持しているため、ネットワークの構成把握及び管理を行いやすい。HTIP は複雑化したホームネットワークにおいて、家庭内機器の保守性等を向上するために機器の接続構成を把握する目的として策定されたプロトコルである。Manager と Agent を管理対象デバイスに実装し、Agent が Manager に対して管理運用情報を送信することで、Manager は接続構成を把握することができる。以上の様にこれらのプロトコルは優れた管理運用の仕組みを有しており、その管理形態や取り扱う管理運用情報を、提案するシステムで利用する。

また、管理運用情報を統合するために、複数のプロトコルに対応するデバイスの情報を一元的にモデル化可能である BBF TR-181 デバイスデータモデルの調査を行った。このモデルはホームネットワーク内の管理対象デバイスを遠隔から管理するために標準化されている。

提案する管理運用情報統合システムは、ホームゲートウェイ上に実装し、ホームネットワーク内の管理対象デバイスから情報収集を行う。イーサネットかつ IP 通信を行うエリアネットワーク内のデバイスから情報収集する際は、HTIP を利用する。非イーサネットかつ非 IP 通信を行うエリアネットワークのデバイスから情報収集をする際は、そのネットワークで利用されているプロトコルと通信可能なエージェント機能の中継装置に実装することで解決を行う。また、異なる通信を行うエリアネットワーク同士の接続パターンのユースケースと情報収集の方法を提示する。そして、管理対象デバイスから情報を収集した後、その情報をデータベースに保持する。蓄積のためのデータベースは、各デバイスが利用するプロトコル毎のミドル DB、そして複数のプロトコルを一元的に表現可能な統合 DB の 2 種類を提案した。特に、統合 DB は前述の BBF TR-181 デバイスデータモデルを用いて実現する。数多くのプロトコルを一元的に記述可能であるといった理由から、本システムにおける統合的なデータベースに最適なものとして、このモデルを選択した。しかし、現状では管理運用に必要な情報が欠落しているため、不足情報の付け足しを行う。最終的に実装したシステムを TTC の TR-1062 に記されたカスタマーサポートのユースケースに当てはめ、評価を行う。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景	1
1.2	目的	2
1.3	論文構成	3
<b>第2章</b>	<b>関連する技術</b>	<b>5</b>
2.1	ZigBee	5
2.1.1	プロトコルスタックについて	5
2.1.2	デバイスの種類	6
2.1.3	ネットワークオペレーション	7
2.1.4	アドレッシング	8
2.1.5	ネットワーク ID	9
2.1.6	ネイバーテーブル	10
2.1.7	ネットワークの作成	11
2.1.8	ディスクリプタ	12
2.1.9	ディスカバリ	14
2.1.10	管理運用情報と取得方法	15
2.2	HTIP	17
2.2.1	L2 Agent	19
2.2.2	L3 Agent	19
2.3	デバイスデータモデル	19
2.3.1	LowerLayers パラメータ	22
2.3.2	ベンダ固有のインターフェースオブジェクト	23
2.3.3	インターフェーススタックテーブル	23
2.3.4	TR-181 デバイスデータモデルの統合データベースとしての利用	24
<b>第3章</b>	<b>管理運用情報統合システムの設計</b>	<b>25</b>
3.1	提案システムの構成	26
3.1.1	各プロトコルへの通信モジュール	28
3.2	異なる通信技術同士の接続	30
3.2.1	ステートレスなゲートウェイによる接続	30
3.2.2	ステートフルなゲートウェイによる接続	33



3.2.3	トンネリングによる接続	34
3.2.4	ゲートウェイとトンネリングの組み合わせ	35
3.3	DB 設計	37
3.3.1	DB の記述に必要な情報	37
3.3.2	ミドルDB の設計	38
3.3.3	統合DB の設計	40
3.4	提案システムの評価	41
<b>第 4 章</b>	<b>管理運用情報統合システムの実装</b>	<b>42</b>
4.1	情報統合システムの実装	42
4.2	実験用環境及び機器接続構成例	42
<b>第 5 章</b>	<b>管理運用情報統合システムの評価</b>	<b>43</b>
5.1	カスタマーサポートのユースケース	43
<b>第 6 章</b>	<b>おわりに</b>	<b>45</b>

# 目次

1.1	複雑化ホームネットワークの例	2
2.1	ZigBee スタックアーキテクチャ(管理エンティティ)	6
2.2	メッシュトポロジの例	7
2.3	グループの例	9
2.4	ネイバーテーブルのエントリフォーマット	10
2.5	付加的なネイバーテーブルのエントリフォーマット	11
2.6	ネットワーク作成の例	12
2.7	ディスカバリのクライアントサービス	16
2.8	ネットワーク管理のクライアントサービス	17
2.9	TR-069 CWMP のホームネットワーク内での位置付け	20
2.10	デバイスデータモデルの構造	21
3.1	提案システムの構成	26
3.2	提案システムのシーケンス図	27
3.3	提案システムの情報収集の概要	28
3.4	ZigBee 用のエージェント	29
3.5	イーサネット& IP と非イーサネット& IP エリアネットワークの接続	30
3.6	ステートレスなゲートウェイによる接続 1	31
3.7	ステートレスなゲートウェイによる接続 2	31
3.8	ステートレスなゲートウェイによる接続の組み合わせ 1	32
3.9	ステートレスなゲートウェイによる接続の組み合わせ 2	32
3.10	ステートフルなゲートウェイによる接続	33
3.11	ステートフルなゲートウェイによる接続の組み合わせ 1	33
3.12	ステートフルなゲートウェイによる接続の組み合わせ 2	34
3.13	トンネリングによる接続 1	34
3.14	トンネリングによる接続 2	35
3.15	複数の接続が存在するユースケース	36
3.16	ミドル DB の XML サンプル	39
3.17	不足情報追加の例 1	40
3.18	不足情報追加の例 2	40

# 表 目 次

2.1	インターフェーススタックテーブルの例 . . . . .	24
3.1	物理・論理アドレスの対応表の一例 . . . . .	39

# 第1章 はじめに

本章では，研究背景と研究目的，本論文の構成を示す．

## 1.1 研究背景

近年，家庭内のネットワーク（ホームネットワーク）が複雑化の一途を辿っている．一例として，ホームネットワークにおける管理運用のためのプロトコルの HTIP に関する研究が挙げられる．HTIP はホームネットワーク接続構成特定プロトコルとして [1] や ITU-T G.9973 に規定されている．このプロトコルを利用し，遠隔機器設定を可能にする機構の提案を行った先行研究 [2] もある．ただし，HTIP は Ethernet フレームを用いており，これを用いないプロトコル上では機能しない．そこで，先行研究 [3] では，IP 上で Ethernet フレームを伝送するため，GRE のトンネリング技術等を使用した仮想化技術の導入を行っている．このように，あるプロトコルの上を仮想的に別のプロトコルが流れることは，管理運用の高級化に繋がるが，ホームネットワーク複雑化の一因でもある．歴史的に見ても，DLNA 等で，UPnP プロトコルを用いた電子機器間通信が多くなったことや，多くの機器を制御するため，Bluetooth や ZigBee などのワイヤレス通信が多くなったこと，エネルギー管理系システムのシステムが実用化したことにより家庭内の他のネットワークに直接 IP 接続できないネットワークが出現したこともホームネットワークの複雑化の要因であると考えられる．図 1 に複雑化ホームネットワークの例を示す．

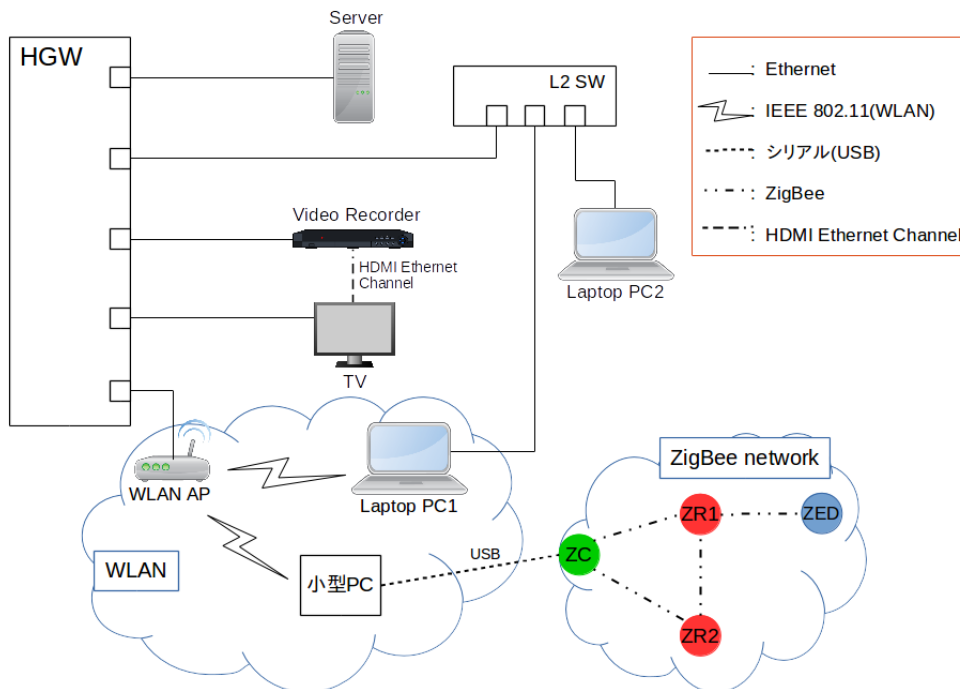


図 1.1: 複雑化ホームネットワークの例

図 1.1 では、ホームゲートウェイ (HGW) の直下に LAN が展開されており、その中に無線 LAN のアクセスポイントが設置され、その下に WLAN が展開されている。WLAN 内の小型 PC(例:Raspberry Pi) は ZigBee コーディネータ<sup>1</sup> と USB 接続し、その先に ZigBee ネットワークが独立して展開されている。また、WLAN 内の Laptop PC1 は、HGW 直下の L2 スイッチとも接続されており、2 つのインターフェースを用いて通信を行っている。さらに、HGW 直下のビデオレコーダとテレビは各々 HGW に接続されているが、HDMI のイーサネットチャネルを用いて相互接続している。

以上の様にループが発生する様な状況や独立したネットワークが存在するホームネットワークでは、機器ごとに異なる要求要件があり、また、様々なデータリンク技術が用いられている。したがって、1 つの管理運用技術ではホームネットワーク全体のサポートは容易ではなく、複数の管理運用技術・管理運用情報を考慮する必要がある。

## 1.2 目的

本研究ではホームネットワークにおいて、複数の管理運用技術により収集された管理運用情報を統合して扱うことのできる情報統合技術の開発を目的とする。

<sup>1</sup>詳細は 2.1 節に記述。

ホームネットワークでは機器によって異なる要求要件があり，様々な物理・データリンク技術が用いられ，それぞれが固有の管理運用技術を有している．また，通信技術とともに機器及びサービスに関する管理運用情報も必要とされ，異なるレイヤの情報を対象とする必要がある．しかし，以前は統合的に複数の管理運用技術を考えて管理運用はされてこなかった．家庭内の機器に新たなプロトコルを対応させることも可能であるが，機器は汎用コンピュータのように高性能ではなく現実的ではない．そこで本研究では，多くの管理運用技術に焦点をあて，複数の情報の収集手段と収集した情報を統合するシステムを開発する．この統合システムを開発し，ホームネットワークにおける管理運用を容易にすることで付加価値を与え，信頼性を上げる．先行研究で扱われていた仮想化技術も含め，より多くの管理運用技術によって取得できる基本情報を統合する方法を検討する．このことにより，管理運用技術や通信プロトコルによらずに遠隔設定や障害検知等の管理運用に必要な基盤を提供することが可能となる．さらに，統合した情報をデータベースとして持つことによりデータの可視化や解析等にも利用することが期待できる．

システムを提案するにあたり，優れた管理機能を持つ ZigBee と HTIP とデバイスを記述するためのデータモデルについて調査した．その概要を 2.1 章, 2.2 章, 2.3 章に記載する．それぞれの特徴を参考に，一元管理可能なシステムを設計する．

## 1.3 論文構成

本論文の構成は以下の通りになっている．

- 第 1 章
  - － 本研究の背景と目的，本論文の構成を示す．
- 第 2 章
  - － 本研究で提案するシステムに関連する技術を解説する．
- 第 3 章
  - － 提案するシステムの設計に関して述べる．
- 第 4 章
  - － 提案するシステムの実装に関して述べる．
- 第 5 章
  - － 実装した提案したシステムの評価について述べる．

- 第6章

- 本論文のまとめを述べる.

## 第2章 関連する技術

本章では，本研究で提案するシステムに関連する技術を解説する．

第3章にて提案するシステムはホームネットワーク内で運用される複数の管理運用技術を利用する．その技術は，管理運用情報の収集や蓄積，統合において利用する．今回のシステム設計に利用した技術について，以降の節で説明する．

### 2.1 ZigBee

ZigBee PRO は ZigBee Alliance によって標準化されている低コスト・低消費電力の双方向無線通信規格である．また，家庭用から産業用の制御機器や医療用センサアプリケーション，玩具やゲーム等の幅広い分野の機器に組み込むことができる．

ZigBee PRO は 2007 年に “ZigBee PRO フューチャーセット” として策定されており，以前の ZigBee は “ZigBee フューチャーセット” として呼ばれる．両者の違いは，サポートされるネットワーク構成の点にあり，ZigBee PRO ではメッシュネットワークのみとなった．さらに，2015 年には ZigBee 3.0 (ZigBee Green Power) として，エネルギーハーベスティングに対応したのもも標準化されている．本レポートの参照した文書は ZigBee 3.0 [4] のものであるが，ZigBee PRO の機能面のことについて記述していく．また，以降 ZigBee PRO は ZigBee と記載する．

#### 2.1.1 プロトコルスタックについて

ZigBee は ZigBee Alliance によって標準化されている無線通信規格である．実際には，IEEE 802.15.4 として標準化されている物理層と MAC 層の上位層として，ネットワーク層とアプリケーション層が定義されている．各層のエンティティとして，IEEE 802.15.4 で定められているデータエンティティと管理エンティティの 2 つが存在し，アプリケーションで利用されるデータとデバイス管理のために利用されるデータの双方がそれぞれのエンティティを経由し，データがやり取りされる．以下の図 2.1 プロトコルスタックアーキテクチャの図を記載する．また，図 2.1 では，管理エンティティを記載している．



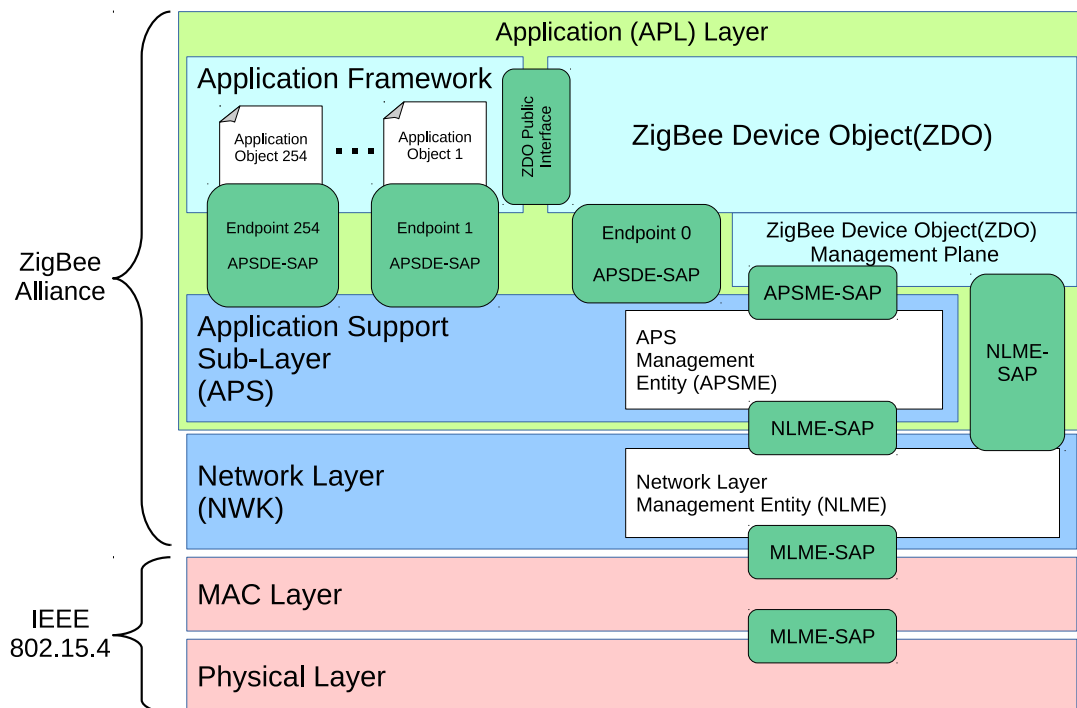


図 2.1: ZigBee スタックアーキテクチャ(管理エンティティ)

さらにアプリケーション層では、アプリケーションフレームワークとアプリケーションサポート副層 (APS)、ZigBee デバイスオブジェクト (ZDO)、ZigBee デバイスオブジェクト管理プレーンの3つの層が定義されている。また、アプリケーションフレームワークはZigBee デバイス製造者の定義するアプリケーションオブジェクトを、ZDOではZigBee Allianceの定義するデバイスオブジェクトを構成している。

各層のインターフェースとしてサービスアクセスポイント (SAP) が用意されており、上位層に機能を提供する。

### 2.1.2 デバイスの種類

ZigBee では3種類のデバイスタイプが存在する。

- ZigBee コーディネータ (ZC)

ネットワークの主制御デバイスで、ネットワークの構築<sup>1</sup>の責務を持つ。そのため、1つのネットワークに唯一のデバイスである。また、自身を介して、子ノードをネットワークへ参加させる機能を持つ。

<sup>1</sup>チャンネルの周波数決め、ネットワークの開始等

なんらかのアプリケーションが動作している際は休止できない．そのようなアプリケーションが動作していない場合は休止も可能である．

- ZigBee ルータ (ZR)

自身を介して，子ノードをネットワークへ参加させる機能を持ち，デバイス間におけるメッセージのルーティング機能を提供する．また，ルーティングのため常に動作し続ける必要がある．

- ZigBee エンドデバイス (ZED)

ネットワークレベルの機能として，メッセージの送信と受信ができる．ただし，ZED は子ノードを持つことができないため，必ず親ノードと一対一の関係がある．したがって，ZED のすべてのメッセージは親ノードを必ず経由する．

### 2.1.3 ネットワークオペレーション

前述の通り，ZigBee は基本的にメッシュネットワークを構築する．また，ネットワークの最大深度は 15 に設定されており，最大ホップ数も 30 までとなっている．

以下の図 2.2 各デバイスと構成するトポロジの例を記載する．

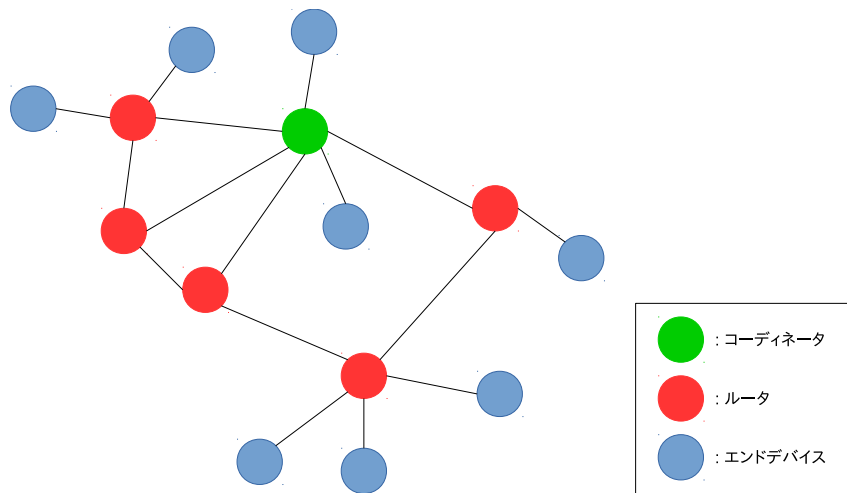


図 2.2: メッシュトポロジの例

以降の第 2.1.4 項，第 2.1.5 項，第 2.1.6 項，第 2.1.7 項ではネットワークオペレーションに関する定義・機能を説明する．

## 2.1.4 アドレッシング

ZigBee で用いられるアドレスは，デバイスごとに割り振られるものと複数デバイスをまとめて扱うものの 2 種類に大別できる．

- デバイスのアドレス

- IEEE (MAC) アドレス

IEEE 802.15.4 で定められた 64bit アドレスであり，デバイス固有のアドレスである．

- ネットワークアドレス

16bit のアドレスであり，ネットワーク内において固有のアドレスである．ネットワーク自体のアドレスを指すわけではないことに注意．

このアドレスは，ネットワーク参加時に親ノードからランダムに割り当てられる．最上位の ZC は常に 0x0000 として割り当てられ，どのデバイスでも ZC に対してメッセージを送ることができる．

ZigBee ネットワークで利用されるアドレスは，このアドレスである．

- グループアドレス

複数のノード (のエンドポイント<sup>2</sup>) にまたがるアプリケーションのセットに対して，16bit のグループアドレスを定義することが可能．データ転送時にグループアドレスを指定すると，データはネットワーク内の全ノードにブロードキャストされるが，宛先にてグループアドレスでカバーされるアプリケーションにのみデータが渡される．

使用されるグループアドレスは，アプリケーション開発者によって定義される．

以下に図 2.3 デバイスとグループアドレスの例を記載する．

---

<sup>2</sup>アプリケーションが展開される場所．詳細は後述．

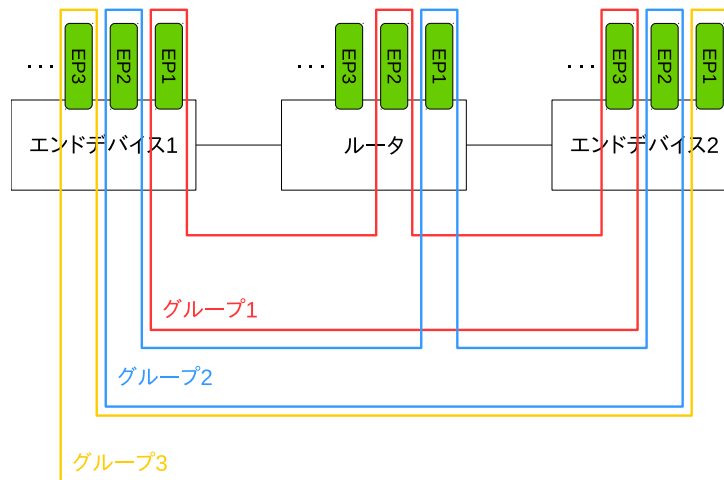


図 2.3: グループの例

図 2.3 の例では、エンドデバイス 1 の EP1、ルータの EP2、エンドデバイス 2 の EP3 が同一のサービスに関連するアプリケーションが動作しているため、グループアドレスが設定されている。この様にアプリケーション側の利便性を提供するものがグループアドレスである。

### 2.1.5 ネットワーク ID

同じ空間内で動作するノードは、自身がどのネットワークに属するのかを識別できる必要がある。これを識別するものがネットワーク ID である。ZigBee のネットワーク ID は次の 2 種類がある。

- パーソナルエリアネットワーク ID (PAN ID)

IEEE 802.15.4 で定義される 16bit の値が PAN ID として、ノード間通信で使用される。PAN ID は、ネットワーク開始時に ZC がランダムに決定し、競合した場合は競合しない ID 値がでるまで再生成する。

- 拡張 PAN ID (EPID)

64bit の値。必要に応じ、ネットワークを変更する際に使用する。ZC 上で実行されるユーザアプリケーション内のランダムな値に予め設定可能。あるいは、ゼロにプリセットすることも可能である。ゼロプリセットの場合、自身の IEEE アドレスを PAN ID として採用する。ZR または ZED のユーザアプリケーションで EPID が

プリセットされている場合は、そのネットワークに参加する。プリセットされていない場合は、検出された最初のネットワークに参加する。参加ノードがネットワーク接続を失った場合、参加していた EPID のネットワークを探し、再参加を試みる。

## 2.1.6 ネイバーテーブル

ZC と ZR はルーティング可能なノードであるため、ルーティングノードとも呼ばれる。これらルーティングノードは、隣接するノードの情報をネイバーテーブルに保持しており、隣接するノードからメッセージを受信する度にテーブルを更新する。以下にネイバーテーブルのエントリを記載する。

\*: すべてのネイバーテーブルに記載されなければならないもの

Field Name	Field Type	Valid Range	Description
Extended address	Integer	An extended 64-bit, IEEE address	64bit IEEE address
Network address*	Network address	0x0000 – 0xffff 7	隣接デバイスの16bit Network address
Device type*	Integer	0x00 – 0x02	0x00: ZigBee コーディネータ 0x01: ZigBee ルータ 0x02: ZigBee エンドデバイス
RxOnWhenIdle	Boolean	TRUE or FALSE	隣接デバイスが動作中に、受信機がONかOFFか TRUE: ON FALSE: OFF
End Device Configuration	Bitmask	0x0000 – 0xffff	エンドデバイスの構成 現時点では、値は0。
Timeout Counter	Integer	0x00000000 – 0x00f00000	エンドデバイスの現在の残り時間(秒単位)
Device Timeout	Integer	0x00000000 – 0x0001fa40	子エンドデバイスのタイムアウト(秒単位)
Relationship*	Integer	0x00 – 0x05	現在のデバイスと隣接デバイスの関係 0x00: ネイバーは親 0x01: ネイバーは子 0x02: ネイバーは兄弟 0x03: 上記のどれでもない 0x04: 以前の子供であったデバイス 0x05: 認証されていない子
Transmit Failure*	Integer	0x00 – 0xff	デバイスへの以前の送信が成功したかどうか。 値が高いほど障害が多いことを示す。
LQI*	Integer	0x00 – 0xff	このデバイスからのRF送信の推定リンク品質。 定数7を送信するか、受信確率の逆数。
Outgoing Cost	Integer	0x00 – 0xff	自分から隣接デバイスへの送信コスト
Age	Integer	0x00 – 0xff	リンクステータスコマンド受信後のインターバルの数
Incoming beacon Timestamp	Integer	0x000000-0xfffffff	(オプション)隣接デバイスからのビーコンフレームが受信された時間
Beacon transmission Time offset	Integer	0x000000-0xfffffff	(オプション)隣接デバイスとその親デバイス間のビーコンフレームの伝送時間
Keepalive Received	Boolean	TRUE or FALSE	ルータが再起動されてから、少なくとも1つのキープアライブがエンドデバイスから受信されたかどうか

図 2.4: ネイバーテーブルのエントリフォーマット

図 2.4 では、子ノードに関する基本情報が定められており、子のアドレスやデバイスタイプ、関係、リンク品質等が記載される。さらに付加的なネイバーテーブルとして、以下の図 2.5 も定義されている。

Field Name	Field Type	Valid Range	Description
Extended PAN ID	Integer	0x0000000000000001 - 0xffffffffffffffff e	デバイスが属するPANのID
Logical channel	Integer	PHYでの使用可能な論理チャンネル	ネットワークが動作している論理チャンネル
Depth	Integer	0x00 – 0x0f	隣接デバイスの位置する深さ(15以下)
Beacon order	Integer	0x00 – 0x0f	デバイスのIEEE802.15.4ビーコンの順序
Permit joining	Boolean	TRUE or FALSE	デバイスが参加要求を受け付けているかどうか。 TRUE: 受け付けている FALSE: 受け付けていない
Potential parent	Integer	0x00 – 0x01	デバイスが潜在的な親かどうか 0x00: デバイスは潜在的な親ではない 0x01: デバイスは潜在的な親である

図 2.5: 付加的なネイバーテーブルのエントリフォーマット

図 2.5 の付加的なネイバーテーブルではデバイスが属する PAN ID やデバイスの深度等が記載される。

### 2.1.7 ネットワークの作成

ZigBee では、ネットワークは ZC によって確立され、ZR と ZED はその確立されたネットワークに参加する。ここでの作業の流れは以下の通りである。

- ネットワークの確立 (ZC の作業)
  1. アプリケーションが EPID を決定
  2. 16bit のネットワークアドレスを 0x0000 に設定
  3. 周波数チャンネルを選択。エネルギー検出スキャンで検出された、使用されていないチャンネルを使用
  4. 16bit の PAN ID を設定
  5. 他のデバイスからの参加要求を受け付ける
  
- ネットワークへ参加 (ZR, ZED の作業)
  1. チャンネルをスキャンし、ネットワークを探す。

2. ネットワークの動きをリッスンし，選択したネットワーク内の親となるノードを選択する．ネットワークの深さが浅い親を探す
3. その親へ参加要求を出す
4. 親からの応答を待つ．
5. 参加が認められた場合，親は子ノードに対してランダムな 16bit ネットワークアドレスを付与する
6. ノードは，PAN ID と EPID，ネットワークアドレスを記録しておく．通信時に PAN ID が必要であり，ネットワーク再参加時には EPID が必要なため

上記の流れを簡易図化したものを以下の図 2.6 に記載する．

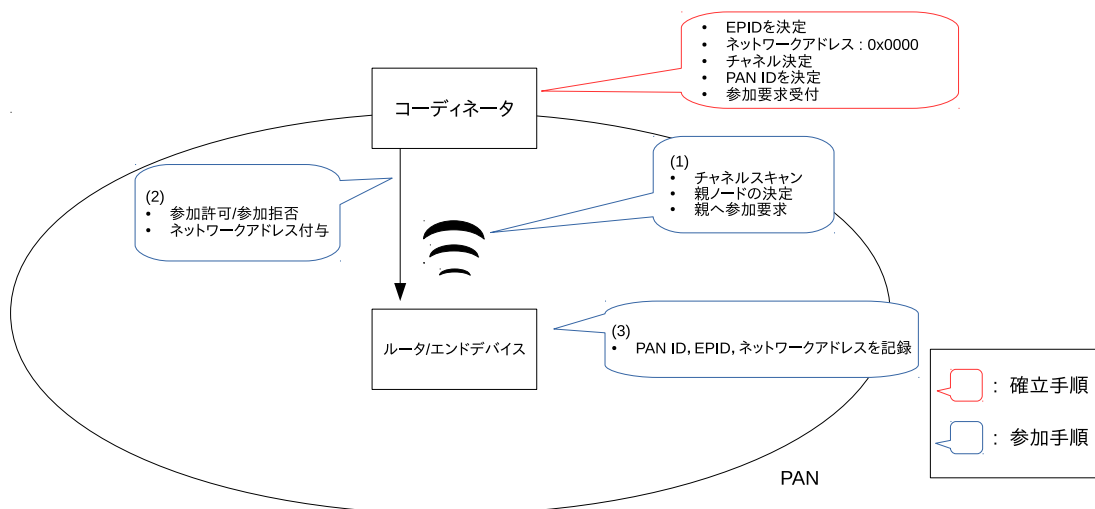


図 2.6: ネットワーク作成の例

### 2.1.8 ディスクリプタ

プロフィールやクラスタなどで利用されるディスクリプタと呼ばれるものが存在し，各ディスクリプタにはデバイスやアプリケーションの基本情報が記述されている．従って，ZigBee ネットワークにおいて管理運用に関する情報を取得する際は，ディスクリプタの情報を参照する機能を用いることで実現できる．

以下で各ディスクリプタについて述べる．

- Node ディスクリプタ

ノードの設定や機能に関する情報を記述する．

- タイプ : ZC , ZR , ZED
  - 周波数帯域 (868 MHz, 902 MHz, 2400 MHz)
  - IEEE 802.15.4 の MAC 機能
    - \* このデバイスが PANZC(ZC) になることができるか
    - \* デバイスが FFD か RFD か
    - \* 電源は主電源かバッテリーか
    - \* MAC セキュリティを使用することができるかどうか
    - \* デバイス動作中に , レシーバが ON のままかどうか
  - 製造者コード
  - 最大バッファサイズ (アプリケーションが 1 回の操作で送信できる最大のデータパケット)
- Node Power ディスクリプタ
 

ノードの電源供給方法についての記述する .

    - 電源モード : デバイスの受信機が常時 ON か , 必要とされる時のみ ON か , 等
    - 使用可能電源 : 主電源やバッテリーなど , どのような電源が使用可能か
    - 現在の電源 : 現在電源として使用されているもの
    - 現在の電源レベル : 充電レベル
- Simple ディスクリプタ
 

アプリケーションの機能等を記述しており , AF のエンドポイント (EP) 上に展開される .

    - アプリケーション実装の種類 ( ZigBee Alliance で定義される種目 . 例: Dimmable Light (調光ライト))
    - デバイスタイプが実装しているクラスタ
    - 対応する Complex ディスクリプタと User ディスクリプタがあるかどうか
    - アプリケーションが使用および提供する入出力クラスタのリスト
- Complex ディスクリプタ (オプション)
 

オプションのディスクリプタである . 拡張用の情報を記述する .



- Complex ディスクリプタ内で使用される文字列の言語等
  - メーカー名, モデル名, シリアル番号
  - デバイスの詳細情報が記載されているサイト URL
  - コンピュータ, PDA 上でこのデバイスを表示させる際に用いられるアイコンデータ
- User ディスクリプタ (オプション)
    - オプションのディスクリプタである。ユーザフレンドリな文字列を用いて、デバイスを認識する。(例: 寝室のテレビ, 玄関のライト)

### 2.1.9 ディスカバリ

ZigBee ではディスカバリ機能が用意されており、サービスディスカバリとデバイスディスカバリの2種類が存在する。

- デバイスディスカバリ
  - ノードに関する情報を取得することができる機能である。取得することが情報として、以下が挙げられる。
    - 所与のネットワークアドレスを有するノードの IEEE アドレス (またはその逆)
    - ディスカバリ対象が ZR または ZC の場合, 自身のアドレス, およびそれに属する全デバイスのアドレス
  - 従って, ZC(0x0000) からの子ノードのアドレスリストを使用し, ネットワーク内すべてのデバイスを発見することができる。
- サービスディスカバリ
  - 他のノードの能力について情報を知ることができる機能である。ディスクリプタに記述されている情報を取得でき, 以下が例として挙げられる。
    - ノードの機能
    - ノードの電力特性
    - ノード上で実行されている各アプリケーションの情報
    - シリアル番号などのオプション情報
    - ユーザ定義の情報

## 2.1.10 管理運用情報と取得方法

ZigBee では多くの管理運用のための情報が扱われる．その管理運用情報を用いることで，ネットワーク構成やデバイスの詳細が把握することができる．この項では ZigBee でサポートされている管理運用機能と扱われるデータを解説する．

ZigBee ネットワーク外部からの， ZigBee ネットワーク構成の把握や障害検知，利用者への状況の提示等を行いたい場合，次の様な管理運用情報が最低限必要であると考えられる．

- デバイスのアドレス
- デバイスの種類 (ZC , ZR , ZED)
- デバイスの属する PAN の ID
- ZC , ZR に隣接するノード情報
  - － アドレス
  - － 親子関係
  - － ノードの存在するネットワーク深度
  - － LQI(リンクの品質)
- アプリケーションプロファイル ID
- エンドポイント番号

上記の管理運用情報を取得するためには，ZDP によってサポートされる機能を利用する．特に次の3つの機能である．

- デバイスディスカバリとサービスディスカバリ
- ネットワーク管理

また，これらの機能は，クライアントサービスとサーバサービスに分けられる．各サービスは，実際には内部において図 2.1 の SAP を利用している．

以下に各クライアントサービスのリクエストコマンドと取得可能な管理運用情報を記載する．

M : Mandatory  
O : Optional

クライアントサービスコマンド	クライアント送信	サーバ処理	説明
NWK_addr_req	O	M	指定したIEEEアドレスのデバイスのNWKアドレスを問い合わせる
IEEE_addr_req	O	M	指定したNWKアドレスのデバイスのIEEEアドレスを問い合わせる
Node_Desc_req	M	M	指定したNWKアドレスのデバイスのNodeディスクリプタを問い合わせる
Power_Desc_req	O	M	指定したNWKアドレスのデバイスのNodePowerディスクリプタを問い合わせる
Simple_Desc_req	O	M	指定したNWKアドレスのデバイスのSimpleディスクリプタを問い合わせる
Active_EP_req	O	M	指定したNWKアドレスのデバイス上のSimpleディスクリプタで記述されたアクティブなEPを問い合わせる
Match_Desc_req	O	M	指定したNWKアドレスのデバイス上の特定のSimpleディスクリプタを見つける
Complex_Desc_req	O	O	指定したNWKアドレスのデバイスのComplexディスクリプタを問い合わせる
User_Desc_req	O	O	指定したNWKアドレスのデバイスのUserディスクリプタを問い合わせる
Discovery_Cache_req	O	O	指定した自身のIEEE、NWKアドレスをブロードキャストし、プライマリディスカバリキャッシュデバイスを検出する
Device_ance	O	M	自身のIEEEアドレス、付与されたNWKアドレスを認識し、ネットワークに参加した旨を伝える
Parent_ance	M	M	ルーティングデバイスが自身の子の情報を、他のルーティングデバイスへ通知するため
User_Desc_set	O	O	指定したNWKアドレスのデバイスのUserディスクリプタを設定する
System_Server_Discover_req	O	O	特定のシステムサーバを発見する
Discovery_store_req	O	O	プライマリディスカバリキャッシュデバイスへ自身をストア要求する(自分のサイズを指定)
Node_Desc_store_req	O	O	Nodeディスクリプタをストアしてもらう要求
Power_Desc_store_req	O	O	NodePowerディスクリプタをストアしてもらう要求
Active_EP_store_req	O	O	アクティブエンドポイントのリストをストアしてもらう要求
Simple_Desc_store_req	O	O	Simpleディスクリプタをストアしてもらう要求
Remove_node_cache_req	O	O	指定したIEEE、NWKアドレスのデバイスのキャッシュをプライマリディスカバリキャッシュから削除してもらう要求
Find_node_cache_req	O	O	指定されたIEEE、NWKアドレスのデバイスのキャッシュを持つプライマリディスカバリキャッシュを見つける
Extended_Simple_Desc_req	O	O	Simple_Desc_reqでよりも多くのアプリケーション入力または出力クラスタを使用するデバイスのSimpleDescを要求
Extended_Active_EP_req	O	O	単一のActive_EP_reqよりも多くのアクティブなエンドポイントをサポートするデバイスのアクティブエンドポイントを要求

図 2.7: ディスカバリのクライアントサービス

クライアントサービスコマンド	クライアント送信	サーバ処理	説明
Mgmt_NWK_Disc_req	O	O	他のデバイスにチャネルスキャンを要求し、近隣のネットワークを自身に報告させる
Mgmt_Lqi_req	O	M	隣接デバイスのLQI値を持つルーティングデバイスのネイバーテーブルを要求
Mgmt_Rtg_req	O	O	ルーティングデバイスからルーティングテーブルの内容を要求
Mgmt_Bind_req	O	M	他のデバイスからバインディングテーブルの内容を要求
Mgmt_Leave_req	O	M	指定したアドレスのデバイスのネットワーク離脱を要求(その子ノードも含むこともできる。自分自身の場合、NULL値)
Mgmt_Direct_Join_req	O	O	ルーティングデバイスに対して、指定したアドレスのデバイスを直接ネットワークに参加させることを許可させる要求
Mgmt_Permit_Joining_req	O	M	ルーティングデバイスによるネットワーク参加の許可・不許可を要求
Mgmt_Cache_req	O	O	プライマリディスカバリキャッシュデバイスに登録されたエンドデバイスのリストを検索
Mgmt_NWK_Update_req	O	O	ネットワーク構成パラメータの更新を許可したり、ローカル動作環境でのネットワークの状態についての情報を要求

図 2.8: ネットワーク管理のクライアントサービス

これらのクライアントサービスの機能を用いて、以下の手順で情報収集を行う。

1. 隣接ノードに対し、図 2.8 の Mgmt\_Lqi\_req でネイバーテーブル取得を要求
2. ネイバーテーブルからわかる隣接ノードに対して、図 2.7 の Node\_Desc\_req, Simple\_Desc\_req により、アドレス等のデバイス情報を取得
3. その隣接ノードらに対して、更に Mgmt\_Lqi\_req でネイバーテーブルを要求する
4. 末端の ZED までの情報が取得できるまで行う

ただし、末端の ZED の親ノードは、ネイバーテーブル上に子ノードである ZED の情報を保持しているため、上記の手順は ZC と ZR のみに適用する。

## 2.2 HTIP

HTIP はホームネットワーク接続構成特定プロトコルとして情報通信技術委員会の JJ-300.00[1] として標準化されている。また、ITU-T G.9973 でも標準化されている。

このプロトコルはホームネットワーク内の機器の接続構成を特定するために標準化されたものであり、リンクレイヤブロードキャストドメインにおいてのみ有効に動作する。HTIP は、Manager と Agent を実装した端末を利用し、ホームネットワーク内の接続構成を特定することが可能である。Manager と Agent の詳細は以下の通りである。

- Manager
  - ホームネットワーク内の接続構成を特定する．
  - ホームネットワーク内の任意の端末に存在可能．
- Agent
  - Manager に機器の情報を送信する．
  - 管理対象の機器に実装される．
  - L2 Agent: HTIP-エンド端末
    - \* 機器情報通知に，IEEE802.1AB の LLDP Agent(Transmit Only モード) を利用する．
  - L2 Agent: HTIP-NW 端末
    - \* 機器情報・接続構成情報通知に，IEEE802.1AB LLDP Agent を利用する．
  - L3 Agent: HTIP-エンド端末
    - \* 機器情報通知に，UPnP Device Architecture を利用する．

以上の様に，各 Agent から Manager が機器情報と接続構成情報を取得することにより，ホームネットワーク内の機器の接続構成を特定する．管理対象の聞き情報は，各 Agent ごとに管理され，少なくとも以下の (a) ~ (d) の 4 つの情報から構成される

(a) 区分

- 機器 (Agent) の種別を示す．  
例: “TV” や “DVD レコーダ” を示す値

(b) メーカーコード

- 機器 (Agent) を製造した会社名を示す．IEEE に登録されたカンパニー ID(OUI コード) で記述される．

(c) 機種名

- メーカー毎に付与される機器 (Agent) のブランド名やシリーズ名を示す．

(d) 型番

- メーカー毎に付与される機器 (Agent) の型番を示す．

以上の情報の他に，ホームネットワーク内の障害切り分けに有用な情報である HTIP-エンド端末が通信に使用する通信インターフェースにおけるチャンネル使用状態情報や電波強度情報，通信エラー率情報，ステータス情報，LLDPDU 送信間隔を含めて通信が可能である．

### 2.2.1 L2 Agent

HTIP-NW 機器 L2 Agent は，HTIP-NW 機器を区別可能な Chassis ID と接続構成情報，自身の MAC アドレスリスト，機器情報を管理オブジェクトとして保持する．

L2 Agent は LLDP を使用して機器情報・接続構成情報を Manager に送信する．L2 Agent は各 LLDP Agent に管理オブジェクトを送り，各 LLDP Agent はそれら管理オブジェクトを LLDPDU フレームに格納し，その LLDP Agent が管理するポートから送信する．このことにより，L2 Agent は管理オブジェクト情報を HTIP-NW 機器が保持するすべてのポートから送信することが可能になる．

### 2.2.2 L3 Agent

L3 Agent は UPnP controlled device の機能を使用して Manager に機器情報を通知する．L3 Agent は，DDD(Device Description Document) の root device の Basic Device Information 部を利用して，機器情報を通知する．Manager への機器情報送信に伴い，パケットの L2 ヘッダ，IP ヘッダ部にこの HTIP-エンド端末の MAC アドレスと IP アドレスが格納されているため，これらの情報を Manager へ通知可能である．

## 2.3 デバイスデータモデル

情報統合 DB を構築する際は，Broadband forum の TR-069[5] で標準化されている Customer Premises Equipment WAN 管理プロトコル (CWMP) で利用されるデバイスデータモデルを使用する．TR-069 は，家庭内機器を遠隔から一元的に設定・管理するためのアプリケーション層のプロトコルである．CWMP の位置付けは以下の図 2.9 の通りである．

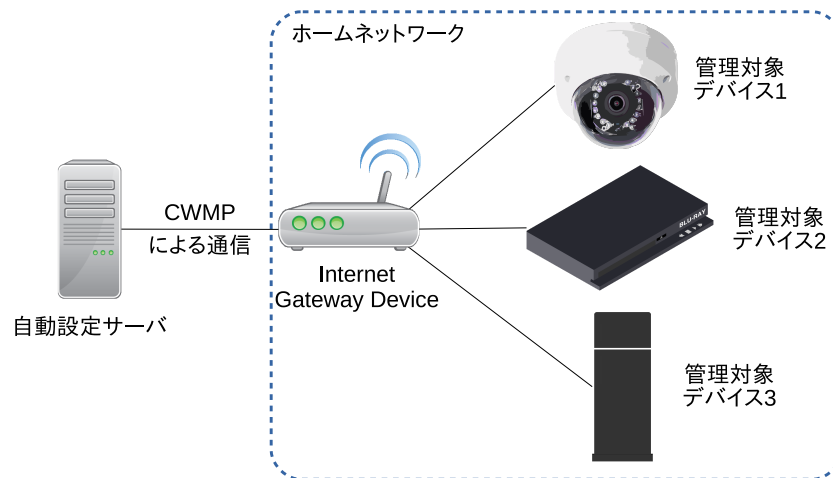


図 2.9: TR-069 CWMP のホームネットワーク内での位置付け

図中のホームネットワーク内のデバイスは CWMP に対応しており，外部の自動設定サーバとやり取りを行う．このことにより，ホームネットワーク内デバイスは外部の自動設定サーバに認識され，遠隔からの設定や監視等に対応することができる．

この TR-069 で利用されるデバイスデータモデルは，家庭内で利用される機器を記述するため同じく Broadband forum で TR-181[6] として定義されている．TR-181 は，TR-069 系列で用いられる XML スキーマを利用して記述することができる．

デバイスデータモデルの構造は，デバイスレベル，インターフェーススタック・通信技術，アプリケーション・プロトコルの 3 つの構造を持ち，それぞれにサービス情報やインターフェースと使用通信技術，プロトコル等についての情報が記述される．図 2.10 に BBF TR-181 デバイスデータモデルの構造を表した図を記載する．

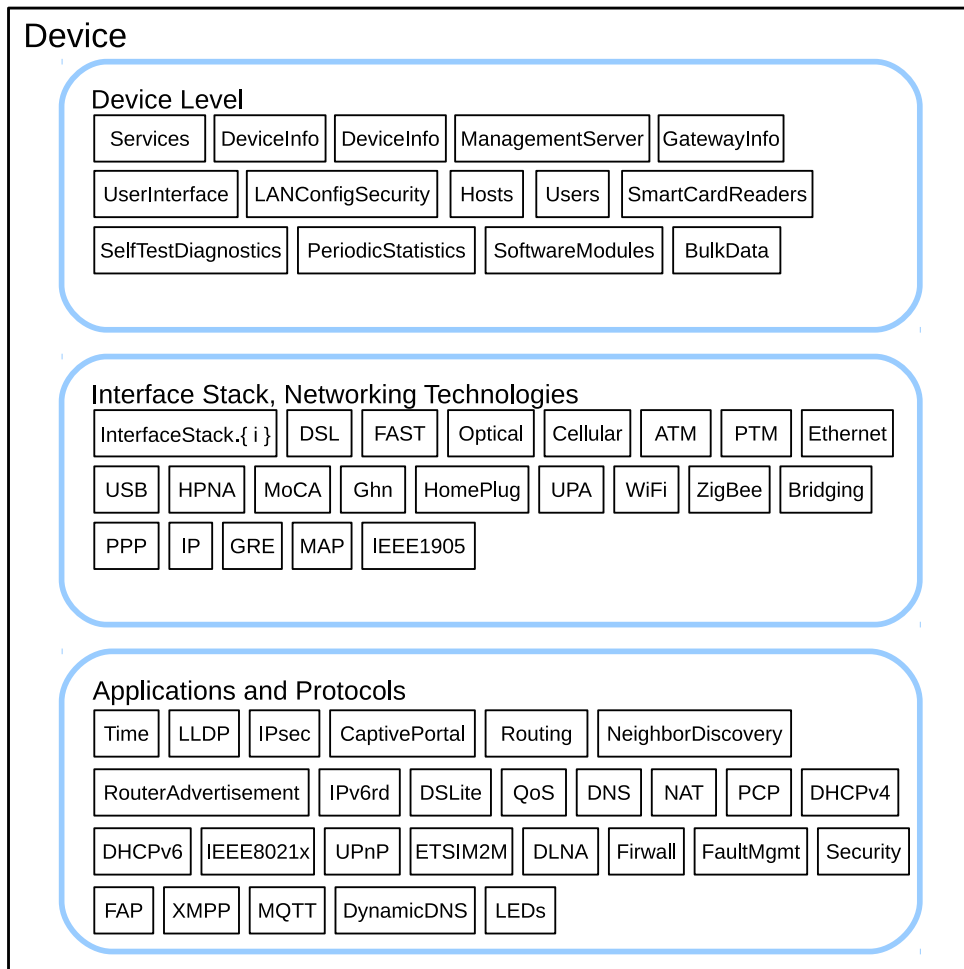


図 2.10: デバイスデータモデルの構造

このデバイスデータモデルは、ネットワークインターフェースとプロトコルレイヤをインターフェースオブジェクトと呼ばれる独立したデータオブジェクトとしてモデル化する。インターフェースオブジェクトは、図 2.10 の構造をカンマ区切りにして表す。また、インターフェースオブジェクト間の関係を動的に定義するため、パス参照を用いてオブジェクトを重ねることが可能である。このデータモデルでは、インターフェースオブジェクトは OSI 参照モデルのネットワーク層 (レイヤ 1~3) 以下で動作するように定義されている。ただし、機器製造元のベンダ固有なインターフェースオブジェクトを定義することも可能である。

各インターフェースオブジェクトには、データモデル内のインターフェースオブジェクトを定義するためのテンプレートとして機能するパラメータとオブジェクトのコアセットが含まれる。また、インターフェースオブジェクトにはインターフェースの種類に固有な、



他のパラメータとサブオブジェクトも含まれる．コアセットは以下の通りである．

- Enable: インターフェースの管理状態 (有効または無効)
- Status: インターフェースの動作状態 (Up, Down, Unknown, Dormant, NotPresent<sup>3</sup>, LowerLayerDown, Error)
- Alias: インターフェースを識別するために使用される代替名．CPE(顧客宅内機器)によって初期値が決まるが，後に ACS(自動設定サーバ)によって選択可能
- Name: インターフェースを識別されるために使用されるテキスト名．CPEによって選択される
- LastChange: インターフェースが現在の操作状態に入ってからからの累積時間 (秒単位)
- LowerLayers: インターフェースの下位にスタックされたインターフェースオブジェクトへのパス参照のリスト

### 2.3.1 LowerLayers パラメータ

各インターフェースオブジェクトは，0以上の他のインターフェースオブジェクトの上に積み重ねることができる．積み重ねる際は，上記の LowerLayers パラメータを使用して指定する．各インターフェースオブジェクトに，その下位層のインターフェースオブジェクトを参照させることにより，すべてのインターフェース関係の論理階層を構築することができる．

LowerLayers パラメータは，インターフェースオブジェクトへのパス参照のためのカンマ区切りのリストである．リストの各項目は，参照元インターフェースの下位にスタックされたインターフェースオブジェクトを表している．したがって，論理階層を構築したインターフェースオブジェクトの最下層は，物理インターフェースとなる．この時，物理インターフェースオブジェクト内での LowerLayers パラメータは，ベンダ固有なインターフェースオブジェクトが定義されていない限り，空リストとなる．また，上位層インターフェースオブジェクトは，モデル化され物理層無しで動作する可能性があるが，これは CPE の局所的な問題である．

---

<sup>3</sup>インターフェイスに欠落している (通常はハードウェア) コンポーネントがある場合．

### 2.3.2 ベンダ固有のインターフェースオブジェクト

インターフェースオブジェクトには、ベンダ固有のものを定義して使用することが可能である。このようなオブジェクトが指定されている場合、以下の様に定義されなければならない。

```
X_<VENDOR>_VendorSpecificName
```

この<VENDOR>は、ベンダの識別子を表しており、OUI やドメイン名を使用する。例として以下を挙げる。

```
Device.X_EXAMPLE-COM_MyConfig.Status
```

未知のベンダ固有インターフェースオブジェクトが存在を検出した場合、ACSはこのオブジェクトの上位レイヤインターフェースが下位レイヤインターフェースに直接リンクされているかのように処理しなければならない。

### 2.3.3 インターフェーススタックテーブル

インターフェーススタックは、LowerLayers パラメータを介して確認可能であるが、全体のスタック関係を視覚化し、スタック内のオブジェクトにすばやくアクセスするための代替メカニズムであるインターフェーススタックテーブルが用意されている。

インターフェーススタックテーブルは、図 2.10 中の Device.InterfaceStack.i. である。これは、各インターフェースインスタンスの LowerLayers パラメータを使用してインターフェースオブジェクト間で構成されている現在の関係に基づき、CPE により自動生成される読み取り専用テーブルである。テーブルの各行は、上位と下位レイヤのインターフェースオブジェクト間のリンクを示している。

以下にインターフェーススタックテーブルの例を示す。

表 2.1: インターフェーススタックテーブルの例

Row/Instance	Higher Layer Interface	Lower Layer Interface
1	IP.Interface.1	PPP.Interface.1
2	PPP.Interface.1	Ethernet.Link.1
3	Ethernet.Link.1	ATM.Link.1
4	ATM.Link.1	DSL.Channel.1
5	DSL.Channel.1	DSL.Line.1
6	IP.Interface.2	Ethernet.Link.2
7	Ethernet.Link.2	ATM.Link.2
8	ATM.Link.2	DSL.Channel.1
9	IP.Interface.3	Ethernet.Link.3
10	Ethernet.Link.3	Bridging.Bridge.1.Port.1
11	Bridging.Bridge.1.Port.1	Bridging.Bridge.1.Port.2
12	Bridging.Bridge.1.Port.2	Ethernet.Interface.1
13	Bridging.Bridge.1.Port.1	Bridging.Bridge.1.Port.3
14	Bridging.Bridge.1.Port.3	Ethernet.Interface.2
15	Bridging.Bridge.1.Port.1	Bridging.Bridge.1.Port.4
16	Bridging.Bridge.1.Port.4	WiFi.SSID.1
17	WiFi.SSID.1	WiFi.Radio.1

#### 2.3.4 TR-181 デバイスデータモデルの統合データベースとしての利用

本節内で解説した TR-181 デバイスデータモデルは、Customer Premises Equipment WAN 管理プロトコル (CWMP) の ACS や CPE によって利用される。以上の項で解説した様に、複数の階層に分かれ、多くのプロトコルに対応したデバイスデータモデルであるが、現状では対応できていないプロトコルや不足がある情報も存在する。本研究で TR-181 デバイスデータモデルを利用する際は、この問題点を修正するための、追加項目の記述も行う。

## 第3章 管理運用情報統合システムの設計

本章では，提案するシステムの設計に関して述べる．

複数の管理運用技術より収集するための手法を検討する．家庭内ではイーサネットはもちろん，WiFi や ZigBee，Bluetooth，HTIP，ECHONET Lite 等の管理運用のプロトコルが用いられている．いかにしてこれらの技術を一元的に管理し，情報を収集するかを検討した上で情報統合システムを設計する．なお，先行研究で述べられていたとおり，HTIP の様に管理運用技術によっては直接通信できないものも存在するため，仮想化技術が必要な場合が存在する．したがって，仮想化技術等も含め，各管理運用技術から情報を集める手法を確立する．

情報統合の際は，扱う情報を可逆的に変換できるよう抽象化と具体化を考慮する．ここでの抽象化した記述は Broadband forum の TR-069 の Customer Premises Equipment WAN 管理プロトコル (CWMP) のデバイスデータモデル TR-181 を使用し，家庭内の各機器に対応できる形をとる．

ここでの TR-069 CWMP との差異は，CWMP の様な新しいプロトコルを適用しない点にある．1.2 節でも述べたとおり，ホームネットワーク内の機器は汎用コンピュータのように高性能なものばかりではなく，さらに高レイヤのプロトコルに対応していない場合もある．したがって，新たにプロトコルを実装・運用せずに，既に用いられているプロトコルの管理運用機能を利用して管理運用情報を収集することで，ホームネットワーク内機器の管理に貢献する．また，この統合情報は XML 形式の DB で記述する．本研究で検討する情報統合システムにおいて，実際の動作時には，各プロトコルごとに分類し構築したミドルな DB，それらをデバイス単位で統合した DB を構築する．ミドルな DB を統合する際は，デバイス単位で DB を再構築することで統合的な DB を作成する．情報統合システムを実装する環境としては，HGW 上で情報収集サーバを実現する．そのサーバ上で情報収集や設定適用のための機能を作成し，そこからの操作で複数の管理運用技術を取りまとめた形にする．また，管理対象デバイス上では，情報収集サーバからのコマンドを受信し必要情報を返すエージェント機能を実装する．ここで，管理対象デバイスで IP 通信を行うことができるものは情報収集に HTIP を利用する．

### 3.1 提案システムの構成

図 3.1 に提案システムの構成を示す。

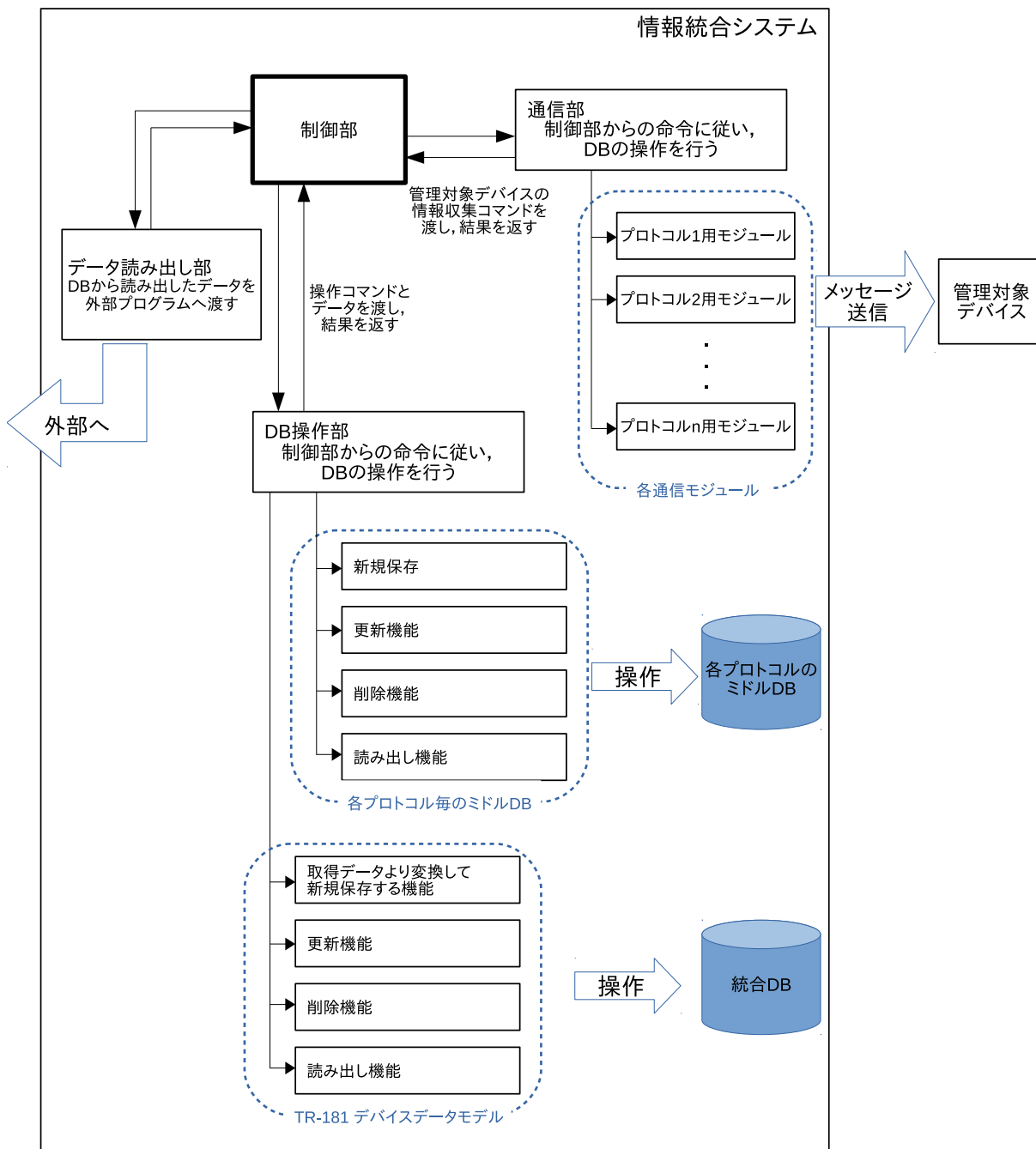


図 3.1: 提案システムの構成

システムの機能構成は大きく分け、制御部、通信部、DB操作部、データ読み出し部の

4つである。制御部では、他の機能に対して各操作を実行するためのコマンドを生成・送信する。コマンドを受け取った機能部は各々適切な操作を行う。

通信部は各プロトコル用モジュールに対して、管理対象デバイスから情報収集するための命令を出す。

DB操作部では各プロトコル毎のDB，TR-181 データモデルに従った統合DBの操作のための命令を出す。操作命令は大きく分け、新規保存，更新，削除，読み出しである。また，DB操作部では，各プロトコルから統合DBに保存するための抽象化も行う。

データ読み出し部は，外部のプログラムが本システムのDBを利用したい時に利用する機能である。本システムはホームネットワーク内のデバイスの管理運用のための情報収集を行うため，デバイスの障害検知やトポロジ検出を行うプログラムとの相互運用が必要である。データ読み出し部はその目的のための機能である。

図 3.1 におけるデータ格納時の動作をシーケンス図を用い，図 3.2 に示す。

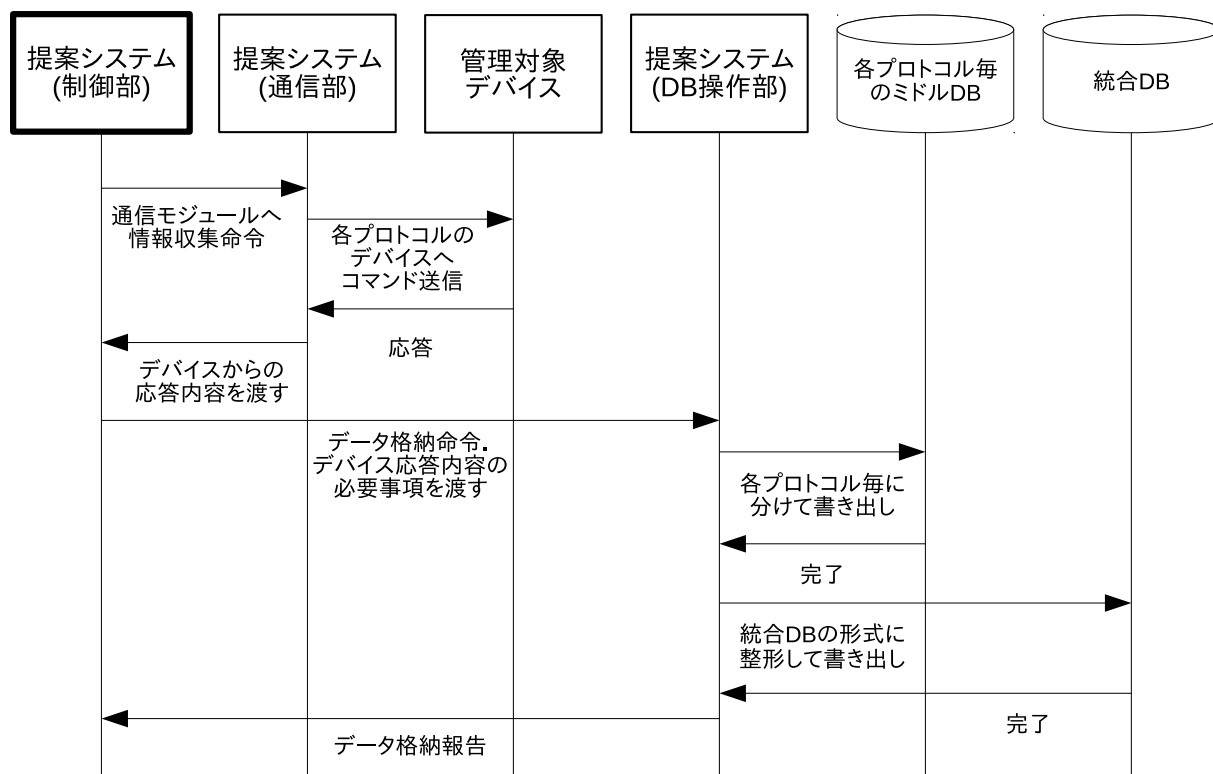


図 3.2: 提案システムのシーケンス図

制御部が管理対象デバイスから情報収集のための命令を通信部へ出し，通信部の各モジュールが対象のデバイスへ要求を送信する。通信部がデバイスからの応答を受け取り，対象のデータを制御部へ引き渡す。データを受け取った制御部は，DB操作部に対してデー

タ格納命令を出す。命令を受けたDB操作部はミドルDBと統合DBに対して新規保存を行う。書き込みが終了した後、制御部へ終了報告を行う。

提案するシステムにより、図3.3のデバイス群4の様に異なる通信技術のネットワークの先に位置するものでも、プロトコルごとにデータを収集可能になる。デバイス群4はデバイス群1と同じ技術1を用いているが、技術2を用いるデバイス群2の下に位置し、ホームネットワーク内で技術2を介して通信する技術1のデバイス群である。本システムでは、このように直接HGWに接続されていないデバイス群の情報収集を複数の技術を考慮した上で行うことができる。

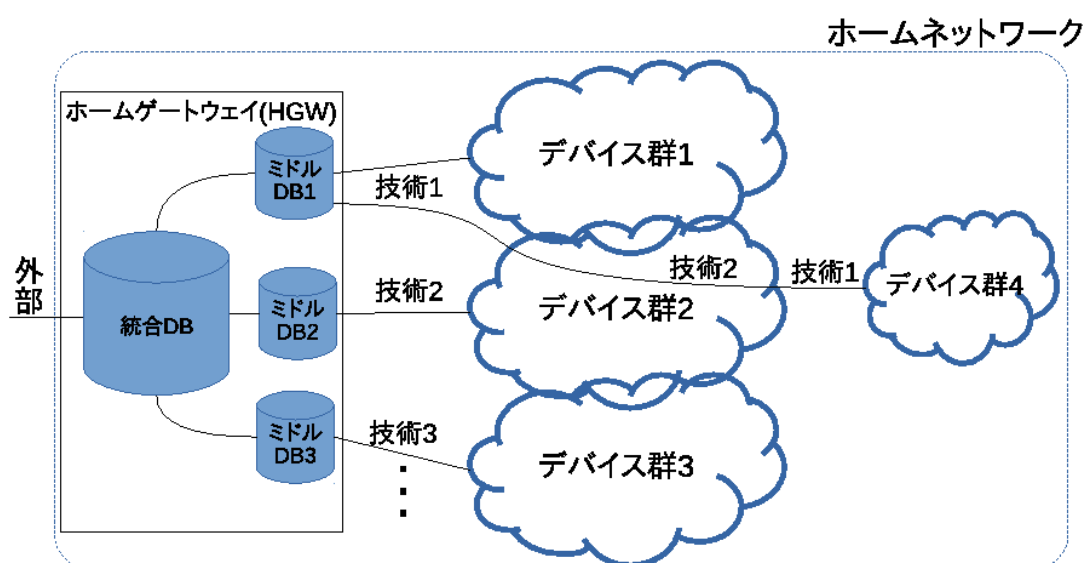


図 3.3: 提案システムの情報収集の概要

### 3.1.1 各プロトコルへの通信モジュール

実際に管理対象デバイスから情報を収集するには、各プロトコルに対応したメッセージを作成・送信する必要がある。IP通信可能なデバイスに対しては、HTIPを利用し管理対象デバイスから情報を収集する。HTIPに対応していないデバイスに対しては、対象デバイスが利用するプロトコルの通信モジュールを実装し利用する。

HGW直下に対象デバイスが存在しない場合は、対象デバイスにエージェント機能を実装する必要がある。また、イーサネット・IP通信を行うネットワークからZigBeeの様に非イーサネット・非IP通信を行うネットワークの間には、その2種のインターフェースを保持するデバイス上に、またはプロトコル変換のためのゲートウェイデバイスを用意し、そのデバイス上にエージェント機能を実装する。

例として、ZigBee に対する情報収集の場合を図 3.4 に示す。

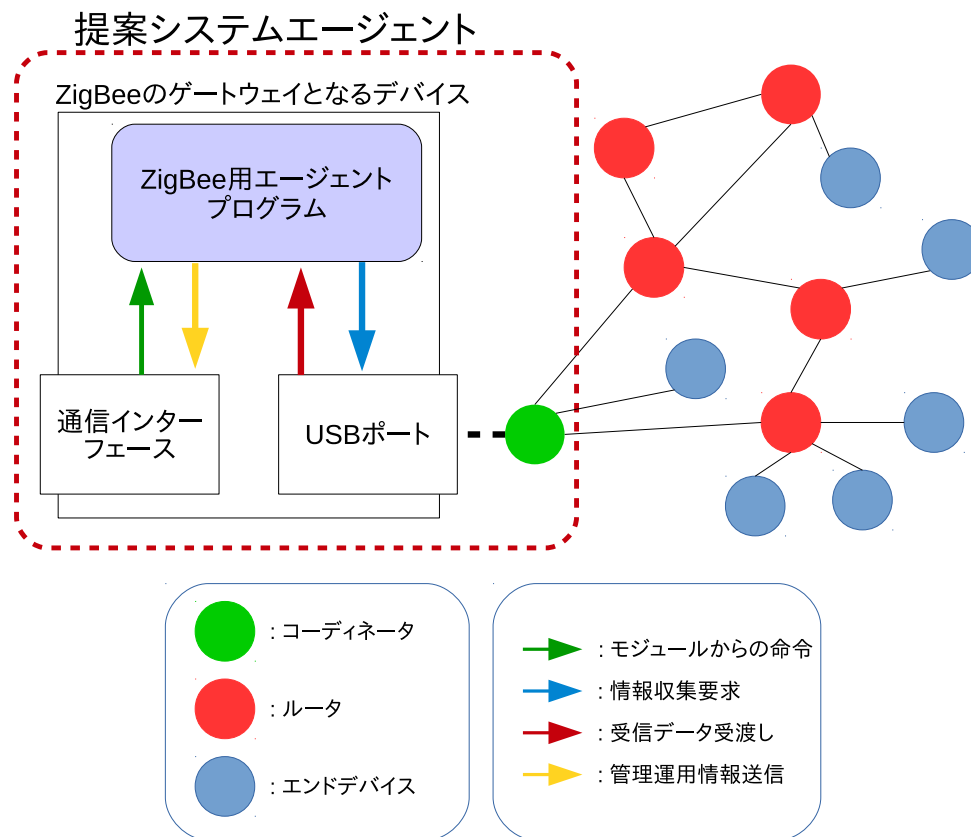


図 3.4: ZigBee 用のエージェント

ここでのエージェント機能として動作する範囲は図中の赤破線で囲まれている部分である。このエージェントプログラムは以下の手順により、ZigBee ネットワーク内の管理対象デバイスから情報収集を行う。

1. ZigBee ゲートウェイとなるデバイス上で動作している ZigBee 用のエージェントプログラムが、提案システムからの命令を通信インターフェースより受け取る。
2. エージェントプログラムが USB 接続された ZigBee コーディネータに対し、ZigBee ネットワーク内の全デバイスの管理運用情報を収集する命令を出力する。
3. ZigBee コーディネータが第 2.1.10 項で示した情報取得手順で ZigBee ネットワーク内の管理対象デバイスから情報収集を行うコマンドを送信する。
4. 管理対象デバイスの管理運用情報を収集したエージェントプログラムは必要情報を提案システムへ返す。



以上の様に、提案システム内の通信機能に加え、非イーサネット・非 IP 通信を行うネットワークに属する管理対象デバイス用のエージェント機能の実装を行う。

## 3.2 異なる通信技術同士の接続

第 3.1.1 項でも触れたように、異なる通信技術を用いるネットワークを接続する際はゲートウェイのような中継装置が必要になる。ホームネットワークの大部分はイーサネットを基盤とした IP エリアネットワークとなっており、Bluetooth、ZigBee、LoRa 等の非イーサネットかつ非 IP 通信を行うプロトコルなどは以下の図 3.5 の様に中継装置を用いて相互接続を行う。

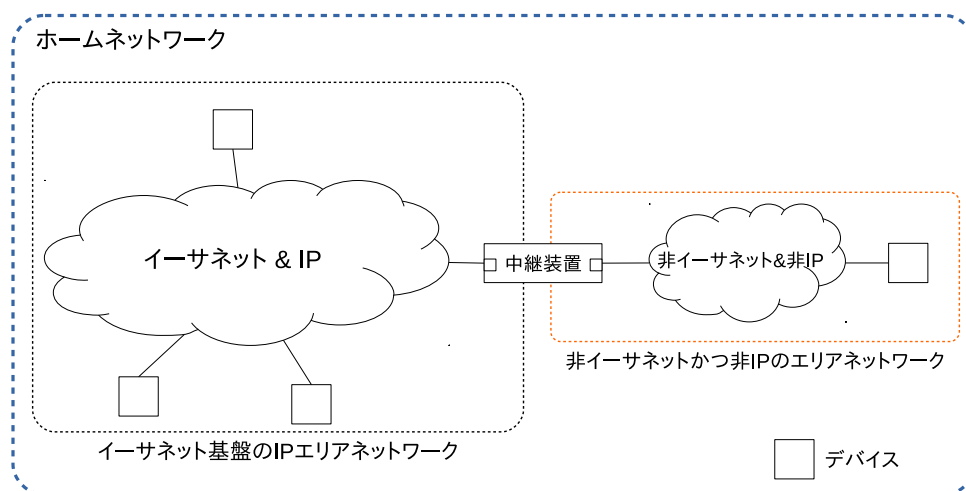


図 3.5: イーサネット& IP と非イーサネット& IP エリアネットワークの接続

本提案システムでは、このような非イーサネットかつ非 IP ネットワークがある場合にもそのネットワーク内のデバイスから管理運用情報を取得することができる必要がある。そこで、このような接続のユースケースを考える。接続のユースケースは大きく分けて、ゲートウェイとトンネリングの 2 種類がある。またゲートウェイでは、ステートレスなものとしてステートフルなもの 2 種類がある。

### 3.2.1 ステートレスなゲートウェイによる接続

ゲートウェイによる相互接続では、ステートレスな接続とステートフルな接続の 2 種類が考えられる。まず、単純に 2 つの異種ネットワークを接続するユースケースを見る。ま

た，図中に示す色付きの正方形はマネージャを表し，色付きの円はエージェントを示している．図 3.6 は，ステートレスなゲートウェイによる接続である．

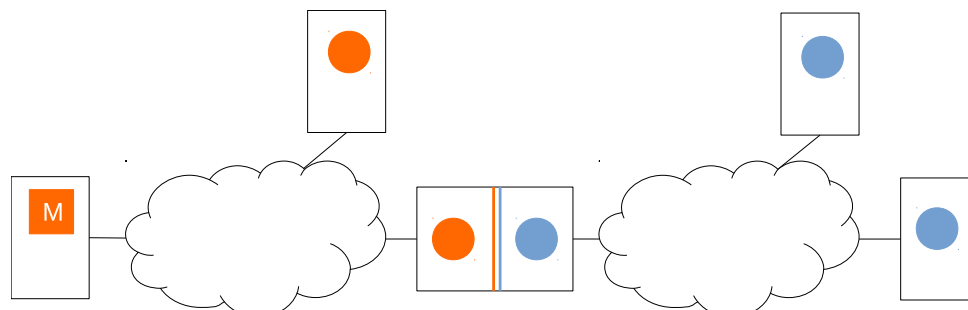


図 3.6: ステートレスなゲートウェイによる接続 1

図中の赤の通信技術を有するエリアネットワーク (イーサネット基盤の IP エリアネットワーク) の左側に，ホームネットワーク内のデバイスの管理運用情報を収集するマネージャが存在する．この図のユースケースでは，赤と青の通信技術は異なる技術を用いているが，実質全く同じ仕組みを持ち，直接通信することが可能である．このユースケースの場合は，青のエリアネットワークのデバイスも赤と同じものとして扱うことが可能である．したがって，赤のエリアネットワークのマネージャが青のデバイスから情報収集が可能である．

次に示す図 3.7 は，ステートレスなゲートウェイ接続である．

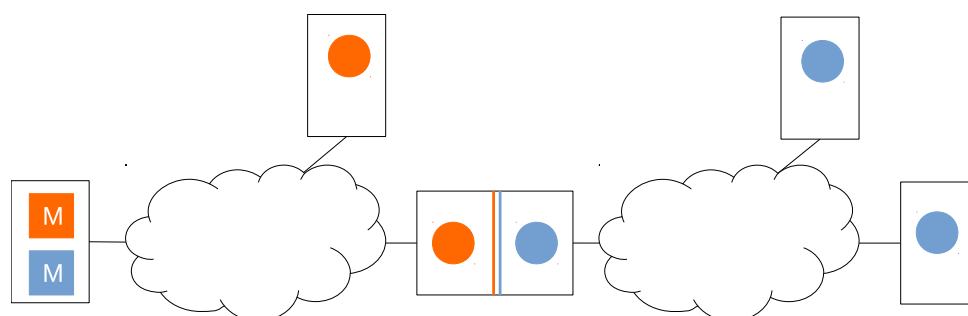


図 3.7: ステートレスなゲートウェイによる接続 2

図 3.6 との違いは，赤のエリアネットワーク上でも，青の情報をデータ構造をそのままに転送するところにある．この図 3.7 では，図中左のデバイスに赤と青の技術の 2 種類分のマネージャを用意し，それぞれのエリアネットワークのデバイス情報を収集可能にする．

以上の図 3.6, 3.7 のユースケースを組み合わせる場合, 次のユースケースを提示することができる.

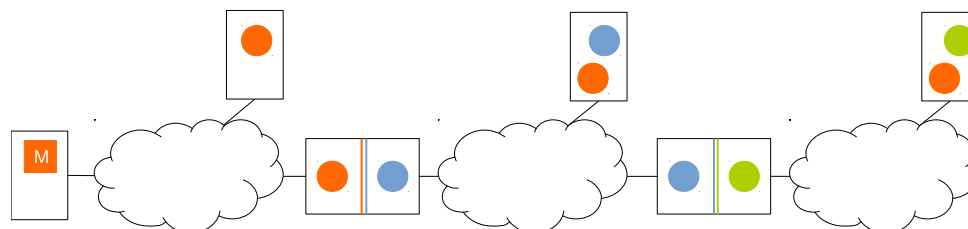


図 3.8: ステートレスなゲートウェイによる接続の組み合わせ 1

図 3.8 では, 図 3.6 のゲートウェイを組み合わせている. 青と緑の通信技術は, 実質赤の技術と同じ仕組みを有しており, 3つのエリアネットワークの接続・管理運用情報収集を可能にしている. しかし, ZigBee の様な非イーサネット・非 IP 通信の技術で, イーサネットかつ IP 通信の技術と全く同じ仕組みを持つことは難しい. したがって, 非イーサネット・非 IP 通信を行うデバイスのエージェントに専用の管理運用機能を実装することになり, コスト的に問題がある. しかし, 専用の管理運用機能を実装することにより, そのエリアネットワークが利用しているプロトコルに影響されにくくなり, 本提案システムまたは HTIP で利用するデータ構造に近い形にすることが可能になる. ただし, 図の様に 緑 → 青 → 赤 とデータを 2 段階転送する場合, 緑 → 赤 とデータを転送した場合と, 情報が異なる可能性もある. 以下の図 3.9 に示す様な, 赤 → 青 → 赤 のユースケースでは, 同じ赤のエリアネットワーク内の管理運用情報取得と同義であるため, 両端の赤のエリアネットワークのデバイス情報のデータ形式で差異が出てはならない.

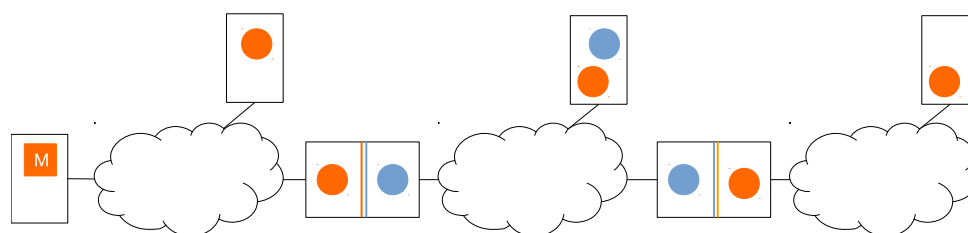


図 3.9: ステートレスなゲートウェイによる接続の組み合わせ 2

### 3.2.2 ステートフルなゲートウェイによる接続

ステートフルなゲートウェイによる接続では、異なる通信技術を用いるエリアネットワークの中継装置において、収集した管理運用情報を一旦終端し、別のプロトコルで送信し直すことで相互接続を可能にする。以下の図 3.10 にステートフルなゲートウェイによる相互接続のユースケースを示す。

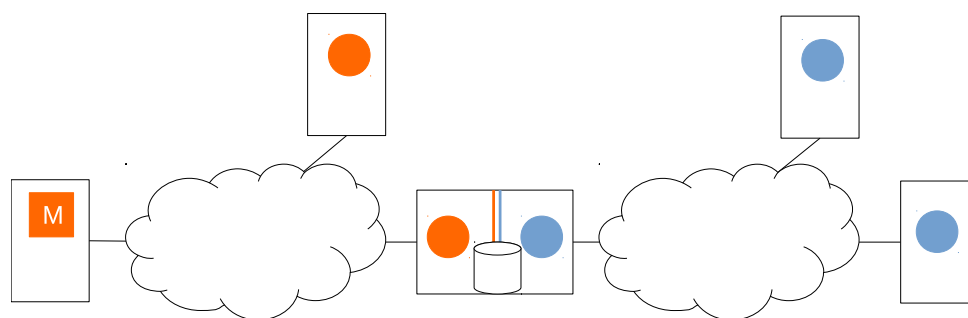


図 3.10: ステートフルなゲートウェイによる接続

図 3.10 では、中継装置において青の非イーサネット・非 IP 通信のエリアネットワークのデバイスから収集した管理運用情報を、一度そのエリアネットワーク専用のアプリケーションにより終端する。終端して取得した管理運用情報を、本提案システムまたは HTIP の対応するデータ構造に変換し、赤のエリアネットワークに存在するマネージャへ転送する。一旦終端することにより、データ構造を保ったまま管理運用情報を転送することが可能になり、第 3.2.1 項で提示したユースケースより、管理運用において有効に働くと考えられる。ただし、以下の図 3.11 の様に複数のエリアネットワークを接続する場合、各々の管理運用情報取得方法が異なるため、第 3.1.1 項で示した様な専用のアプリケーションを通信技術の分用意する必要がある。

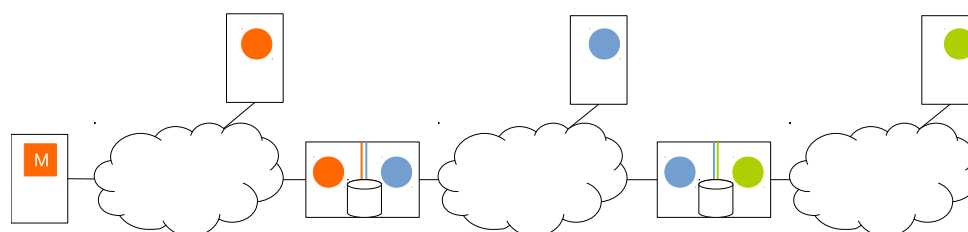


図 3.11: ステートフルなゲートウェイによる接続の組み合わせ 1

ステートフルなゲートウェイによる相互接続の場合は、図 3.9 で示した問題が起こりにくいと考えられる。

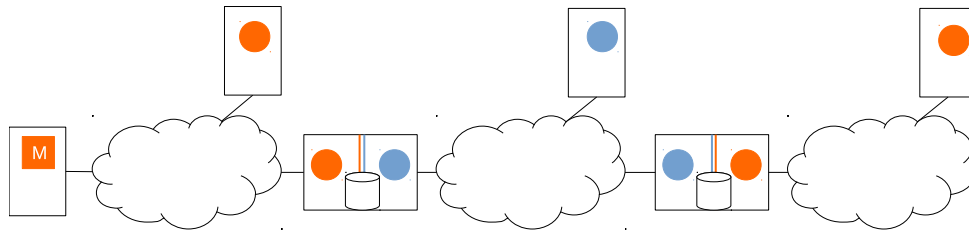


図 3.12: ステートフルなゲートウェイによる接続の組み合わせ 2

図 3.12 では、赤 → 青と青 → 赤の終端用アプリケーションが必要となるが、本提案システムまたは HTTP 用のデータ構造で管理運用情報を転送することが可能となる。

本提案システムでは、この形態を取る。

### 3.2.3 トンネリングによる接続

ゲートウェイを用いる方法の他に、トンネリングによる相互接続のユースケースが挙げられる。以下の図 3.13, 3.14 は、トンネリングによる単純な相互接続のユースケースである。

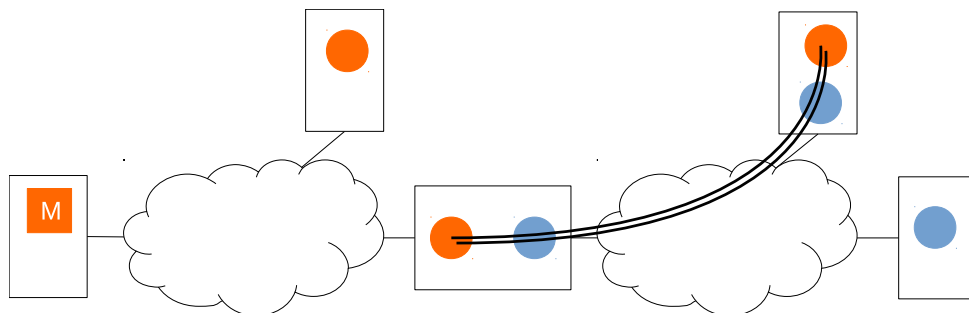


図 3.13: トンネリングによる接続 1

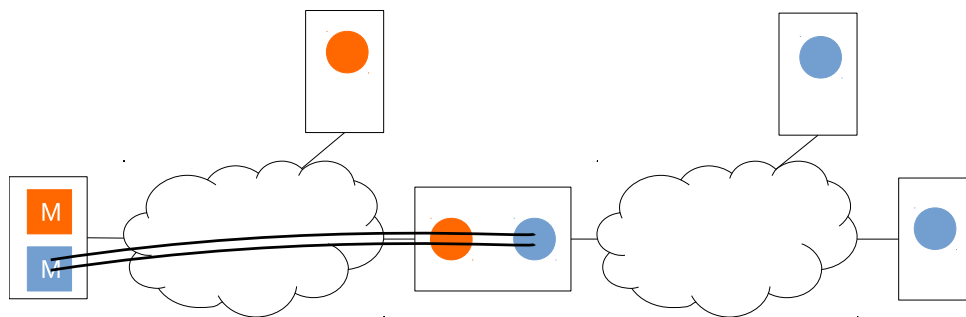


図 3.14: トンネリングによる接続 2

図 3.13 は、中継装置と非イーサネット・非 IP 通信のエリアネットワーク側のエンドデバイス間にトンネリングをするものである。この時エンドデバイスでは、本提案システムまたは HTIP の情報を送信する機能を実行する必要がある。また、中継装置とエンドデバイスにはトンネリングのプロトコルを実装する必要がある。

図 3.14 は、マネージャが実装されているデバイスと中継装置の間でトンネリングを行う。この場合マネージャのデバイスには、エンドデバイス側の青のエリアネットワーク用のマネージャを実装する必要がある。さらにエンドデバイス用のマネージャが青のエリアネットワークのプロトコルで動作する機能も必要である。また、図 3.13 と同様に、トンネリングのプロトコルをマネージャ側と中継装置に実装する必要がある。

### 3.2.4 ゲートウェイとトンネリングの組み合わせ

第 3.2.1 項～第 3.2.3 項で提示したユースケースを組み合わせたユースケースを、以下の図 3.15 に示す。

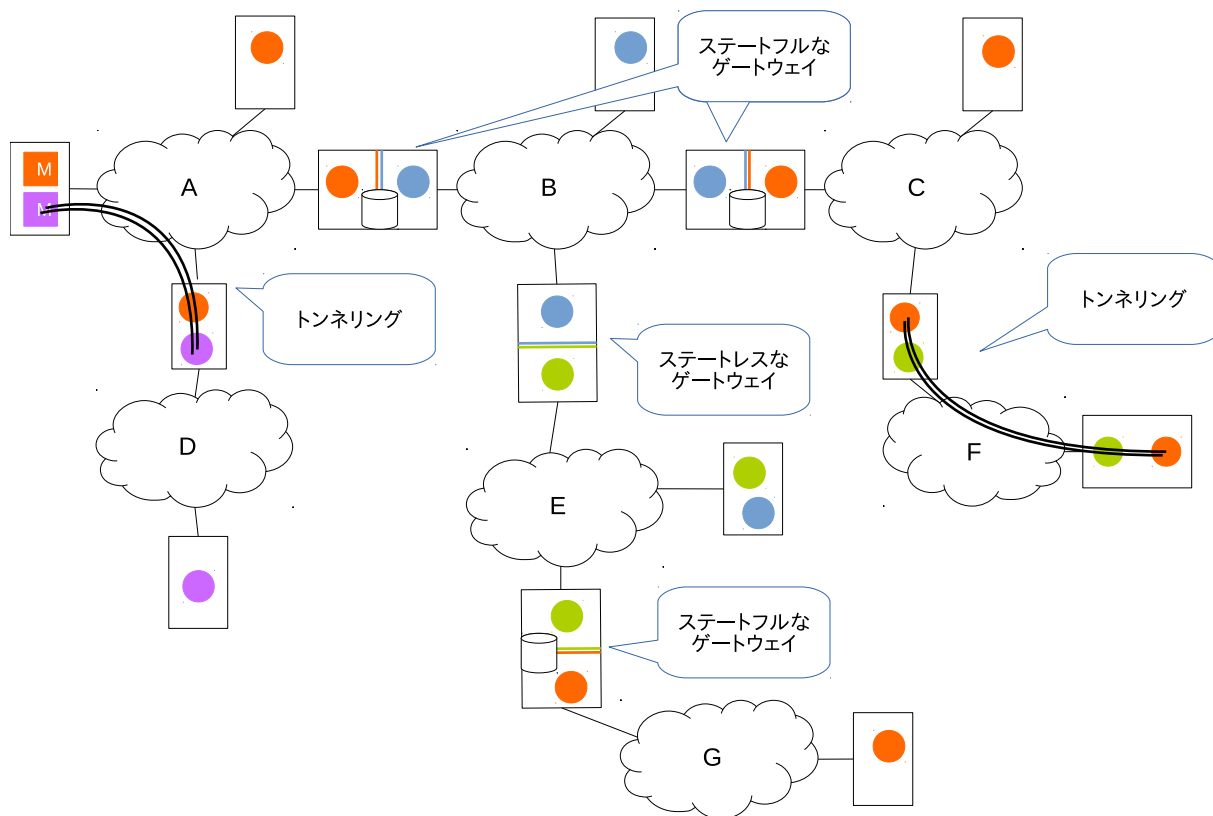


図 3.15: 複数の接続が存在するユースケース

本提案システムが位置する場所は、図中の A のイーサネット基盤の IP エリアネットワークのマネージャのデバイスである。エリアネットワーク A にエリアネットワーク D がトンネリングで接続され、エリアネットワーク B もステートフルなゲートウェイを介して接続されている。また、エリアネットワーク B には、エリアネットワーク A と同じ通信技術を用いているエリアネットワーク C が接続され、その先にエリアネットワーク F がトンネリングを用いて接続されている。エリアネットワーク B には、ステートレスなゲートウェイを介してエリアネットワーク E が接続されている。さらにエリアネットワーク E に、ステートフルなゲートウェイを介して、エリアネットワーク A と同じ通信技術を用いているエリアネットワーク G が接続されている。

以上のユースケースでは、第 3.2.1 項～第 3.2.3 項で提示した実装方法を利用して各ネットワークの相互接続を図り、管理運用情報を転送する。

### 3.3 DB設計

本提案システムでは、データ収集機能によって収集した管理対象デバイスの管理運用情報をデータベースに蓄積する。管理運用情報を蓄積するデータベースは他のシステムでも利用しやすい形、なおかつ統合データベースで利用する TR-181 デバイスデータモデルの形式に則り、XML データベースにより実現する。

管理運用情報の蓄積は、図 3.1 の DB 操作部によって行われる。図中の通信部が管理対象デバイスから情報を収集した後、制御部から DB 操作のコマンドと収集データが存在する場合そのデータをを受け取る。受け取ったコマンドに従い、収集データを新規保存、更新、削除、読み出しを行う。これらのコマンドは、各プロトコル毎のミドル DB と管理運用情報を取りまとめた統合 DB の 2 種類に作用しデータを蓄積する。

新規保存や更新のコマンドを受け取った際にデータベース内に管理対象デバイスのデータが存在しない場合は収集したデータを新規保存をし、存在する場合は受け取ったデータの内容に更新を行う。

管理対象デバイスがホームネットワーク内からなんらかの理由により離脱した場合は、制御部から削除コマンドが送られ 2 種類のデータベースからそのデバイスの情報の削除が行われる。

提案システムのデータベースを利用する他のシステムが情報の読み取りを要求する場合、制御部から読み出しのコマンドを受け取る。読み出しコマンドを受け取った場合、DB 内の要求された管理対象デバイスの情報を読みだし、送信する。

#### 3.3.1 DB の記述に必要な情報

収集したデータは、第 3.3.2 項と第 3.3.3 項に記述する、各プロトコル毎のミドル DB と TR-181 を利用した情報統合 DB へ格納する。

ホームネットワーク内で利用されるプロトコルは数多く存在し、プロトコル・機器によっては異なる要求要件がある。プロトコル・機器には様々な物理・データリンク技術が用いられ、それぞれが固有の管理運用情報を取り扱う。したがって、属性的には同じ情報を取り扱う場合であってもその具体的な情報の値は、用いられる管理運用技術によって収集可能な情報や形式の差異が存在することになる。異なる管理運用技術を有するプロトコルを用いる機器から管理運用情報を収集し、一元的に管理するためには、属性的に同じ情報を抽象的に定める必要がある。

ここでは一元管理に必要な情報を以下のように定めた。

- アドレス情報
  - － 物理アドレス



- 論理アドレス
- ネットワーク情報
  - プロトコル
  - ネットワーク識別子
- 製造情報
  - 機器区分 (“TV” などの種別を示す値)
  - 製造者
  - 機種名
  - 製造コード

定めた必須情報は、アドレス情報、ネットワーク情報、製造情報の大きく3つに分かれる。

アドレス情報は、物理アドレスと論理アドレスの2つを必須情報とした。通信技術により両アドレスの定義は異なるが、MACアドレスのようなインターフェース毎に固有な物理アドレスと、ネットワーク層が持つIPアドレスのような論理アドレスがホームネットワーク内を一元管理する際に必要であると考えたためである。また、これらの情報を利用することにより、ホームネットワーク内の機器の接続構成を把握しやすくなる。

ネットワーク情報では、機器が用いているプロトコルと機器が属するネットワークの識別子を必須情報とした。障害検知等のサービスが問題のある機器を検知し、実際の機器をホームネットワークから切り分ける際には、その機器が利用するプロトコルと所属するネットワーク識別子が把握できることで迅速な対応が可能であると考えたためである。

製造情報では、機器の製造区分、製造者、機種名、製品コードを必須情報とした。HTIPでも利用される必須情報を持たせることにより、HTIPとの対応を図っている。また、これらの情報もネットワーク情報と同様に、障害が発生した機器の切り分けに有効であると考えられたためである。

以上の必須情報に加え、プロトコル毎に固有の管理運用に関する情報をデータベースとして保持する。

### 3.3.2 ミドルDBの設計

管理運用情報を統合したデータベースに情報を格納する前に、管理対象デバイスが利用するプロトコル毎に分けたミドルDBにデータを格納する。また、管理運用情報を蓄積するミドルDBは、処理の軽量化や他のシステムから直接参照しやすい形にするため、XMLによって実現する。

以下の図 3.16 に第 3.3.1 項で示した必須条件に関する XML のサンプルを記載する。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<device-data>
  <address-info>
    <phisical-address></phisical-address>
    <logical-address></logical-address>
  </address-info>
  <network-info>
    <protocol></protocol>
    <network-id></network-id>
  </network-info>
  <manufacture-info>
    <category></category>
    <manufacture></manufacture>
    <model-name></model-name>
    <manufacturing-code></manufacturing-code>
  </manufacture-info>
</device-data>
```

図 3.16: ミドル DB の XML サンプル

図 3.16 の XML ファイルでは、既にアドレス情報のタグ名は抽象化した形になっている。例えばイーサネット・IP 通信を行う機器においては、物理アドレスは MAC アドレス、論理アドレスは IP アドレスを指している。また、管理プロトコル用の IP アドレスが存在しない L2 スイッチの様に、ネットワーク層以上のアドレスを持たないデバイスの場合、論理アドレスの要素は空要素とする。物理・論理アドレスの実際の名前は、対応表を用意し、把握することとする。以下の図 3.1 に対応表の一例を記載する。

表 3.1: 物理・論理アドレスの対応表の一例

Protocol	Phisical Address	Logical Address
WiFi	MAC Address	IP Address
MAC	MAC Address	-
ZigBee	IEEE Address	Network Address

また、ミドル DB ではプロトコルが利用する通信技術のスタック構造については明記し

ない。スタック構造については統合 DB において明記されており，プロトコル・スタック構造を把握したい場合は，統合 DB より参照する。

### 3.3.3 統合 DB の設計

管理運用情報を取りまとめた統合 DB は，BBF TR-181 で標準化された Customer Premises Equipment WAN 管理プロトコル (CWMP) 用の XML 形式のデバイスデータモデルを利用する。第 2.3 節で解説したとおり，このデバイスデータモデルは複数のプロトコルに対応し，ホームネットワーク内のデバイスを管理運用技術の差異によらずモデル化することが可能である。ただし管理運用上，必要な情報が定義されていないものも存在するため，それらの定義を行う。図 3.17, 3.18 には，不足している情報の追加分の一例を記す。

```
<object name="Device.ZigBee.">
  <parameter name="PANID"/>
  <parameter name="InterfaceNumberOfEntries"/>
  <parameter name="ZDONumberOfEntries"/>
</object>
```

図 3.17: 不足情報追加の例 1

```
<object name="Device.ZigBee.ZDO.{i}.Network.Neighbor.{i}.">
  <uniqueKey>
    <parameter ref="Neighbor"/>
  </uniqueKey>
  <parameter name="Neighbor"/>
  <parameter name="IEEEAddress"/>
  <parameter name="LQI"/>
  <parameter name="Relationship"/>
  <parameter name="PermitJoin"/>
  <parameter name="Depth"/>
</object>
```

図 3.18: 不足情報追加の例 2

図 3.17, 3.18 に記した赤字の箇所が追加分で、これらは ZigBee についての内容である。

図 3.17 の部分は ZigBee デバイスのネットワーク識別子を追加した。この情報が欠落している場合、ホームネットワーク内に複数の ZigBee ネットワークが存在する際に対象の ZigBee デバイスがどのネットワークに属するのかを把握することができない。追加することにより、対象の ZigBee デバイスがどのネットワークに所属するのかを把握することが可能になる。

図 3.18 は、ZigBee のネイバーテーブルについての記述である。この箇所では、ZigBee デバイスの物理アドレスにあたる IEEE アドレス情報が不足していたため追加を行った。

以上の様に、管理運用に必要な情報で、デバイスデータモデルに定義されていない箇所を追加することで、統合 DB として利用する。

## 3.4 提案システムの評価

評価の手法として、ユースケースに当てはめて、家庭内機器の基本情報を取得でき、DB を構築できることを確認する手段を取る。TTC TR-1062[7] において、ホームネットワークにおけるカスタマーサポートユースケースが報告されており、これを評価に用いる。このユースケースは機器の設置や移動、サービスの起動、トラブルシューティングの 3 つにカテゴリ分けされている。最終的に、作成した機能を用いて、情報の収集、情報の統合、DB の構築ができることを確認して評価を行う。

## 第4章 管理運用情報統合システムの実装

本章では、提案するシステムの実装に関して述べる。

### 4.1 情報統合システムの実装

提案したシステムはクロスプラットフォームなシステムの実現のため、Java 言語で開発する。現段階では、以下のような Linux 環境で開発を行っている。

- OS: Ubuntu 16.04 64bit
- IDE: Eclipse 3.8

また、第3で提案した管理運用情報統合システムは現在実装中である。

### 4.2 実験用環境及び機器接続構成例

現段階では、以下のような Linux 環境で開発を行っている。

- OS: Ubuntu 16.04 64bit
- IDE: Eclipse 3.8

提案する管理運用情報統合システムを実験する際は、図 1.1 の接続構成例で実験を行う。また、異なる通信技術を持つネットワークとの接続方法や情報収集の方法は、第 3.2.2 項で提示したユースケースの実装法を用いる。ステートフルなゲートウェイである異なる通信技術の中継装置上で、一旦プロトコルを終端し、データを他のプロトコルで送信し直す手法をとる。

## 第5章 管理運用情報統合システムの評価

本章では，実装した提案したシステムの評価について述べる．

現在，提案した管理運用情報統合システムを実装中である．実装完了後，第3.4節で述べた，情報通信技術委員会の TR-1062 のユースケースに当てはめて評価を行う．

TR-1062 では，ホームネットワークにおけるカスタマーサポートのユースケースが報告されており，このユースケースにおいて提案した管理運用情報統合システムを実際に動作させた結果，機器の管理運用情報を取得でき，データベースを構築できることを確認する．

### 5.1 カスタマーサポートのユースケース

TTC TR-1062 では，大きく以下の3つのカテゴリに分類している．

- 機器の設置，移動
  - － 新しいデバイスをホームネットワークへ接続．または，デバイスを移動し接続を変更する．
  - － 新しいサービスへの対応．
- サービス起動
  - － モバイルデバイスからホームネットワーク内のデバイスへアクセス．
  - － ホームネットワーク内でのアクセス．
  - － 機器の設定．
- トラブルシューティング．
  - － 機器の状態確認 (機器が存在しているか確認する)．
  - － ネットワークの到達性 (ネットワークレイヤ)
  - － ネットワークの到達性 (アプリケーションレイヤ)
  - － ネットワークの品質 (ネットワークレイヤ)

- ネットワークの品質 (アプリケーションレイヤ)
- サービス干渉
- 端末の故障

以上の3カテゴリに分かれたそれぞれのユースケースにおいて、シーケンス図の解説がなされている。本研究での提案システムが、これらのユースケースのシーケンスと同じように動作することを確認する。

## 第6章 おわりに

本章では，本論文のまとめを述べる．

近年，家庭内のネットワーク（ホームネットワーク）が複雑化の一途を辿っている．歴史的に見ても，DLNA 等で，UPnP プロトコルを用いた電子機器間通信が多くなったことや，多くの機器を制御するため，Bluetooth や ZigBee などのワイヤレス通信が多くなったこと，エネルギーマネージメント系のシステムが実用化したことにより家庭内の他のネットワークに直接 IP 接続できないネットワークが出現したことがホームネットワークの複雑化の要因であると考えられる．このようにして，あるプロトコルの上を仮想的に別のプロトコルが流れることは，管理運用の高級化に繋がるが，ホームネットワーク複雑化の一因でもある．この様に複雑化したホームネットワークでは，機器ごとに異なる要求要件があり，様々なデータリンク技術が用いられている．したがって，1つの管理運用技術ではホームネットワーク全体のサポートは容易ではなく，複数の管理運用技術・管理運用情報を考慮する必要がある．本研究ではホームネットワークにおいて，複数の管理運用技術により収集された管理運用情報を統合して扱うことのできる情報統合技術の開発を目的として，システムの提案を行った．システムを開発することにより，ホームネットワークにおける管理運用を容易にすることで付加価値を与え，信頼性を上げることを目指している．管理運用情報統合システムの提案にあたり，ホームネットワーク内で利用されている管理運用技術である ZigBee や HTTP の調査を行った．これらのプロトコルには優れた管理運用構造があり，その管理運用の方法や扱う情報を本提案システムにも取り入れた．また，管理運用情報統合する際に，BBF TR-181 で定義されているデバイスデータモデルを利用することで，ホームネットワーク内の機器を一元的にモデル化することが可能であることを確認した．本提案システムは，ホームゲートウェイ上に実現し，ホームネットワーク内に存在する管理対象デバイスエージェント機能を実装することで，管理運用情報を収集・蓄積する．この提案システムの内部の構成やエージェント機能について提案を行った．また，イーサネットかつ IP 通信のエリアネットワークと非イーサネットかつ非 IP 通信のエリアネットワークとが相互接続されたホームネットワークにおいて，どのような接続方法で情報が収集可能かということをも具体的なユースケースを提示することで明確にした．これらの情報収集の手法を収集した管理運用情報は，XML データベースを用いて蓄積することで，他のサービスシステムから利用しやすい形とした．データベー



スは、各プロトコル毎に蓄積するミドルDBと複数のプロトコルをすべて一元的に蓄積できる統合DBを構築している。提案したシステムは、情報通信技術委員会のTR-1062に記載されているカスタマーサポートのユースケースを用いて、実際に機器の管理運用情報を取得でき、データベースを構築できるかを確認することで評価を行う。現在、提案したシステムの実装中であり、実装が完了次第、評価を行うことで、本提案システムの有用性を示す。

# 謝辞

本研究を行うにあたり，終始ご指導ご鞭撻を賜しました丹 康雄教授に深く感謝致します。また審査員をお引き受け頂いた本学 篠田 陽一教授，本学 リム 勇仁准教授には，本論文を執筆するにあたり多大なご助言を頂きました。深く感謝致します。

副テーマにおいてご指導ご鞭撻を賜りました本学 金子 峰雄教授，本学 大西 正輝客員准教授に感謝致します。

本論文をまとめるにあたりご協力頂いた丹研究室，リム研究室の諸兄に厚く御礼申し上げます。

最後に，私の研究に対し理解を示して頂き，支えて頂いた家族に感謝を致します。

## 参考文献

- [1] 情報通信技術委員会 (TTC), “TTC JJ-300.00 ホーム NW 接続構成特定プロトコル”, 2017-5-25.  
[http://www.ttc.or.jp/jp/document\\_list/pdf/j/STD/JJ-300.00v3.pdf](http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/STD/JJ-300.00v3.pdf)
- [2] 宮本 貴拓, “家庭内におけるネットワーク機器設定を想定した遠隔設定機構に関する研究”, 北陸先端科学技術大学院大学, 2015 .
- [3] 石黒 裕貴, “家庭内ネットワークにおけるネットワーク仮想化技術に関する研究”, 北陸先端科学技術大学院大学, 2016.
- [4] ZigBee Alliance, “Green Power feature of ZigBee PRO ZigBee Document 05-3474-21”, 2015-8-5.  
<http://www.zigbee.org/zigbee-pro-2015-spec-download/>
- [5] broadband forum Technical Reports, “ TR-069 Amendment 5 (CPE WAN Management Protocol) ”, 2013-11.  
[https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069\\_Amendment-5.pdf](https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-5.pdf)
- [6] broadband forum Technical Reports, “ TR-181 Issue 2 Amendment 11 (Device Data Model for TR-069) ”, 2016-8.  
[https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-181\\_Issue-2\\_Amendment-11.pdf](https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-181_Issue-2_Amendment-11.pdf)
- [7] 情報通信技術委員会 (TTC), “TTC TR-1062 ホームネットワークにおけるカスタマーサポートユースケース”, 2016-11-21.  
[http://www.ttc.or.jp/jp/document\\_list/pdf/j/TR/TR-1062v1.pdf](http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/TR/TR-1062v1.pdf)