JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	家庭内ネットワークにおける管理運用情報の統合システムの設計
Author(s)	北村，竜之介；リム，勇仁；丹，康雄
Citation	情報処理学会研究報告．UBI，ユビキタスコンピューティングシステム，2018-UBI-57(15)：1-6
Issue Date	2018-02-19
Type	Journal Article
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15493
Rights	社団法人　情報処理学会，北村 竜之介，リム 勇仁，丹 康雄，情報処理学会研究報告．UBI，ユビキタスコンピューティングシステム，2018-UBI-57(15)，2018，1-6．　ここに掲載した著作物の利用に関する注意：本著作物の著作権は（社）情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Vol.2018-MBL-86 No.15
Vol.2018-UBI-57 No.15
2018/2/26

家庭内ネットワークにおける管理運用情報の統合システムの設計

北村 竜之介[1,a)]　リム 勇仁[1,b)]　丹 康雄[1,c)]

概要：近年，通信技術の多種化等により，ホームネットワーク (HN) は複雑化の一途を辿っている．複雑 HN 内では機器毎に異なる要求要件があり，1 つの管理運用技術では HN 全体のサポートは難しく, 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，HN 内で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システムの開発を目的とする．現状の進捗や問題点等を交えながら述べる．

An Integrated Information System Design for Managing Devices in the Home

Ryunosuke Kitamura[1,a)]　Yuto Lim[1,b)]　Yasuo Tan[1,c)]

1. はじめに

1.1 背景

近年，ホームネットワーク (HN) 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することが多くなったこと，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 HN の複雑化の要因であると考えられる．図 1 に複雑化 HN の例を示す．

図 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 *1 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．

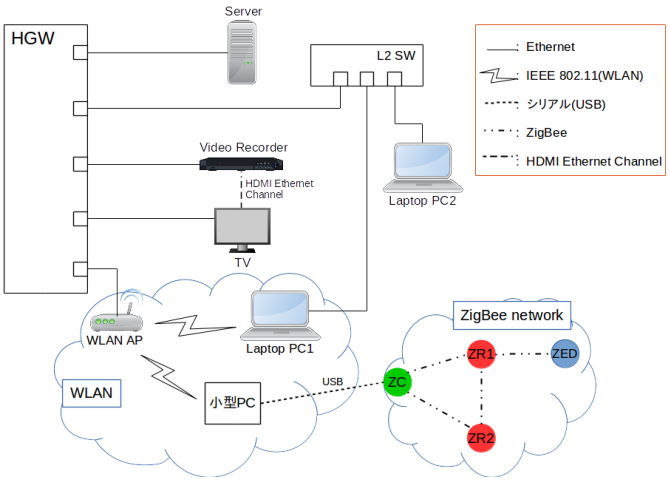

図 1　複雑化ネットワークの例
Fig. 1　Examples of complicated networks

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

1　北陸先端科学技術大学院大学
JAIST, Asahidai, Ishikawa 1–1, Japan
a)　r-kitamura@jaist.ac.jp
b)　ylim@jaist.ac.jp
c)　ytan@jaist.ac.jp
*1　詳細は 2 章に記述.

© 2018 Information Processing Society of Japan

ワークが存在する HN 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 HN 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 HN 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システムの開発を目的とする．

HN 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．本研究ではこれらの複数の情報の収集手段と収集した情報を統合する技術を開発することにより，HN 全体の管理運用を容易にする．

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，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，HN における管理運用を容易にするための基盤技術を開発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システムを検討 · 設計する．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 (DB) 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 章,3 章，4 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．

2. 関連技術: ZigBee

ZigBee は ZigBee Alliance によって標準化されている無線通信規格 [4] 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．2007 年以降は ZigBee PRO として改めて策定され，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ものも標準化されている．本研究で取り扱うものは ZigBee PRO であり，以降 ZigBee と記述する．

ZigBee ネットワークはメッシュやツリーを形成し，デバイスは各々が自律的に動作することで柔軟に再形成可能である．デバイスは以下の 3 種類が存在する．

- ZigBee コーディネータ (ZC): ネットワークに唯一存在．ネットワークを確立しアドレッシングやルーティングを行い，子ノードを持つことができる
- ZigBee ルータ (ZR): ルーティングを行い，子ノードを持つことができる
- ZigBee エンドデバイス (ZED): ネットワークの末端に位置し，親ノードとのみ直接通信が可能

2.1 ネットワーク ID とアドレス

ZigBee においても他のプロトコルと同様にネットワーク識別子と物理・論理アドレスが存在する．ただし，ZigBee ネットワークは他のネットワークから独立しており，ZC が管理している．

2.1.1 ネットワーク ID

同じ空間内で動作するデバイス (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．

- 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. ネットワーク開始時に ZC がランダムに決定する．
- 拡張 PAN ID (EPID): 64bit の値．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もと可能である．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．

2.1.2 アドレス

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者の 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 定められた 64bit アドレスであり，デバイス固有のアドレス．
  - 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 [*2]．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 ネットワークではこのアドレスが利用される．
- グループアドレス: 複数のデバイスにまたがるアプリケーションに対して割り当てる 16bit のアドレス．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．

[*2] ネットワーク自体のアドレスを指すわけではない．

2.2 ディスクリプタ

ZigBee にはディスクリプタと呼ばれる記述子が存在し，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．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．以下にディスクリプタの種類を述べる．

- 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
  - 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 ZC になることができるか
    - 電源は主電源かバッテリか
    - 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
  - 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
  - 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))

2.3 ネットワーク管理

前述の通り，ZigBee はメッシュネットワークを構成することができ，ZC がネットワークの立ち上げやアドレスの決定等を行う．また，ネットワークに参加しているノードは自律的に動作し，他ノードの情報や動作しているサービスについての探索も行うことができる．さらに，ZC と ZR 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，ネットワーク内のデバイスの管理を容易にしている．

2.3.1 ディスカバリ

ディスカバリ機能が用意されており，他ノードの情報や動作しているサービスを探索することができる．ディスカバリには，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
- 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

2.3.2 ネイバーテーブル

ZC と ZR はルーティングノードとも呼ばれ，ルーティングを行い，隣接するノードの情報をネイバーテーブルに保持している．このテーブルは，隣接するノードからメッセージを受信する度に更新する．

ネイバーテーブルのエントリとして以下が挙げられる．

- 隣接ノードの IEEE アドレス
- 隣接ノードのネットワークアドレス
- デバイスの種類 (ZC,ZR,ZED)
- 自身との関係 (隣接ノードが親，子，兄弟)
- リンク品質

また，付加的なテーブルとして，以下も定義されている．

- デバイスが所属するネットワークの EPID
- 隣接デバイスが位置するネットワークの深さ
- ネットワーク参加要求を受け付けているかどうか

ZigBee は以上の様な詳細な隣接ノード情報を保持しているため，この構造を提案システムにおいて参考にする．

3. 関連技術: HTIP

HTIP は情報通信技術委員会により標準化された HN 接続構成特定プログラム [1] である．

HN は複雑化しているが，多くのユーザはネットワークに関する知識を持っておらず，HN 内のトラブルに対処できない．HTIP では HN 内に接続された任意の機器から，同ネットワーク内に接続されている他の機器情報を特定することができる．さらにネットワーク内全体の機器に対して接続検査を行う機能も提供している．ユーザに対しても HN の構成を提示することができ，知識の無いユーザでも障害が発生した箇所を切り分け，対処することが可能になる．

マネージャとエージェントに分かれ，HTIP 搭載機器から接続構成情報を収集することができる．

4. 関連技術: 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[2] 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．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[5] 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．以下に構造について抜粋したものを述べる．

- デバイスレベル
  - サービス
  - デバイス情報
  - 管理サーバ
  - ゲートウェイ情報
- インターフェーススタック，通信技術
  - インターフェーススタック { 番号 }
  - イーサネット
  - WiFi
  - ZigBee
  - IP
- アプリケーション，プロトコル
  - Time
  - LLDP
  - ルーティング
  - QoS
  - セキュリティ

このデータモデルは，CWMP が家庭内機器を遠隔より設定・管理するために用いられるものである．しかし，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．本研究では，この問題点の修正のための，追加記述も行う．

5. 提案システム

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．

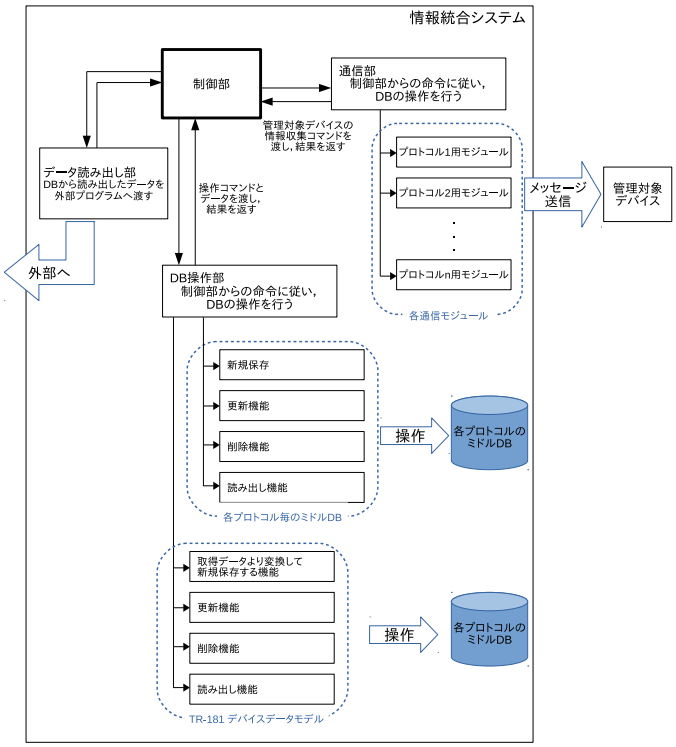

図 2 提案システムの構成
Fig. 2 Structure of the proposed system

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) のデータモデルを使用し，家庭内の各機器に対応できる形をとる．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．

図 2 に提案システムの構成を示す．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

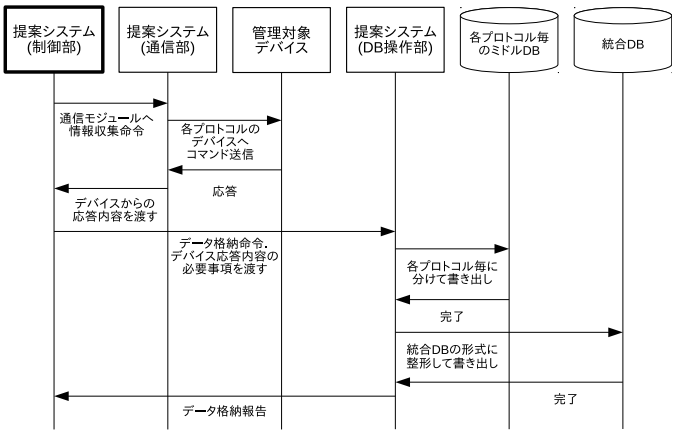

図 3 提案システムのシーケンス図
Fig. 3 Sequence diagram of proposed system

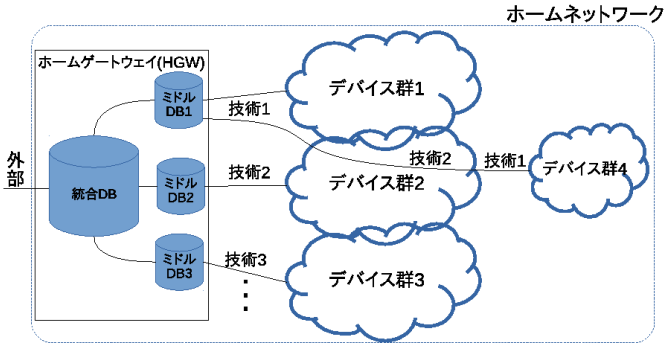

図 4 提案システムの情報収集の概要
Fig. 4 Overview of device information collection of the proposed system

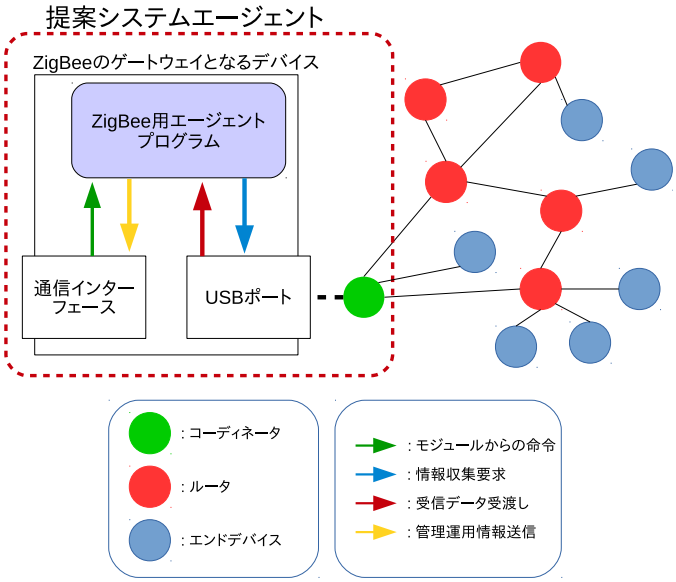

図 5 ZigBee 用のエージェント
Fig. 5 Agent for ZigBee network

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 HN 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 2 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 に示す．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 4 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，HN 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．

5.1 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プロトコル変換のためのゲートウェイを用意し，そのゲートウェイ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 5 に示す．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．ZigBee ゲートウェイとなるデバイス上で動作している ZigBee 用のプログラムが提案システムからの命令を受け取り，USB で接続される ZC に対して ZigBee ネットワーク内デバイスの情報を

収集する．収集したデータをエージェントプログラムが，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，エージェント機能の実装を行う．

5.2 DB の記述に必要な情報

収集したデータは，各プロトコル毎のミドル DB と TR-181 を利用した統合 DB へ格納する．両者とも XML のデータベースを構成する．しかし，プロトコルによって収集可能な情報や形式の差異が存在するため，データの抽象化や具体化に必要な情報を定めておく必要がある．ここではその必要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
  - 製造者
  - 製造コード

5.3 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[3] において，HN 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．

6. 現状

システムの構造と管理情報取得方法を決定した．現在，本提案システムの実装を行っている．実装環境は以下の通りである．

- OS: Ubuntu 16.04 64bit
- 言語: Java
- IDE: eclipse 3.8

また，統合 DB 用の TR-181 デバイスデータモデルの不足情報の追加も行っている．図 6 に追加した情報の一部を示す．図中の赤字の箇所が追加部分である．隣接ノード情報の表現で，そのノードの物理アドレスである IEEE アドレスの表記が存在しなかったため，追加した．また，リンクの識別を行うため，リンク ID を追加した．

現状では以上の様に，システムの実装とデータモデルの改良を行っている．

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

図 6 追加した情報 (ZigBee について)
Fig. 6 Information added (part of ZigBee)

7. おわりに

本稿では管理運用のための情報統合システムの提案を行った．本システムを利用することにより，HN 内のデバイスの遠隔からの設定や障害検知等のサービスに必要な基盤を得ることができる．このことにより，HN の管理運用を容易にすることができる．しかしながら現状では，対応するべきプロトコルや修正するべきデータモデルの表現が今後の課題として多く残る．また，実装後に実際の環境での運用実験を行い，5.3 節で述べた評価を行う必要がある．

参考文献

[1] 情報通信技術委員会: TTC JJ-300.00 ホーム NW 接続構成特定プロトコル，入手先 ⟨http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/STD/JJ-300.00v2.pdf⟩ (2017.2.2).
[2] Broadband Forum: TR-069 CPE WAN Management Protocol, 入手先 ⟨https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-5.pdf⟩ (2017.3.26).
[3] 情報通信技術委員会: 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，入手先 ⟨http://www.ttc.or.jp/jp/document_list/pdf/j/TR/TR-1062v1.pdf⟩ (2017.1.31).
[4] ZigBee Alliance: Green Power feature of ZigBee PRO(online), 入手先 ⟨http://www.zigbee.org/zigbee-pro-2015-spec-download/⟩ (2017.6.19).
[5] Broadband Forum: TR-181 Device Data Model for TR-069 入手先 ⟨https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-181_Issue-2_Amendment-11.pdf⟩ (2017.3.26).

© 2018 Information Processing Society of Japan