卒業論文　　2002年度(平成14年度)

ユーザの機器利用状況に基づく家庭内電力管理機構

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

徳田 英幸

村井 純

楠本 博之

中村 修

南 政樹

慶應義塾大学環境情報学部

志和木 愛子

aiko@sfc.wide.ad.jp

卒業論文要旨　　2002年度(平成14年度)

ユーザの機器利用状況に基づく家庭内電力管理機構

近年エネルギー消費の増加が世界中で問題となっている．特に家庭における電力消費量が増加し続けており, 電力消費を効率化させる必要がある. 現在, 家電機器の省電力技術は進んでいるが, これによる電力節減量には限界がある. 今後はユーザが行動することによる省電力対策が必要である. 一方, 家庭で急速にコンピュータやホームネットワークなどの情報インフラが整いつつあり, 各種センサや家電機器の管理, 制御が容易に行なえるようになっている.

本研究では家庭内情報インフラのもとで, ユーザの機器利用状況に基づいた統合電力管理機構 **USPM システム** (Using deviceUsage Status for Power saving Management system) を構築した. USPM システムではユーザの代わりにユーザの機器利用状況を考慮して不用な家電機器を検知し, 機器を制御して不用な消費電力の節減を行なう. これにより, ユーザの負担を増やすことなく電力節減が可能である.

USPM システムは家庭での使用を想定し, 特に不用な機器の検知, 電力節減処理, ユーザビリティを考慮して実現性を高めている. 具体的には, ユーザの位置情報と機器の稼働状態情報, ユーザ問い合わせ情報を用いることでユーザの機器利用状況把握を行なう. また, ユーザビリティを下げない工夫として利用していた機器の状態保存, 復元を行ない, ユーザ管理により複数人の共有に対応する.

本機構は USPM サーバ, 家電機器と位置情報センサによって構成される. サーバでは家電機器の各状態について機器利用状況に必要な条件を管理する. センサや家電機器から利用状況の変化を通知される毎に条件検索を行ない, その状況に適した状態へ変化するよう家電機器を制御する. 利用状況がすぐに前の状況へ戻った場合は家電機器の状態を変更前へ復元する. 機器の共有やユーザ負担軽減, ユーザ通知を考慮し設計をしている.

本論文では, 既存の省電力技術について述べ, ユーザの省電力対策を代行し, 統合機器管理機構を用いた電力節減の必要性を検討する. 次にユーザの機器利用状況に基づいた統合電力管理機構を提案する. 本研究で構築した USPM システムについてその概要と設計, 実装のついて述べる. 最後に評価を通して USPM システムの妥当性を明らかにする.

慶應義塾大学　環境情報学部
志和木愛子

Abstract of Bachelor's Thesis

Using Device Usage Status for Power Management System

Recently, increase in power consumption has become a serious problem, particularly within the general household where it has increased immensely over the years. Consequently, there is a need to consume power efficiently. One factor is increase in the number of home appliances. Due to advancements in computers and home networks, these appliances and sensors have become controllable over the network. Reduction of power consumed by these appliances are necessary.

This research realizes USPM system (using device Usage Status for Power saving Management system), a cohesive power management architecture which uses user's appliance usage status. By considering the usage status of appliances, USPM detects unnecessary power consumption. Next, the appliance is controlled to reduce power consumption, without burdening the user.

USPM being intended to be used within the household, appliance usage status, sharing between several users, user's load, and user awareness is considered. An appliance's usage status is obtained by the user's location and the state of the appliance. To maintain usability, sharing between several users is realized by managing users and appliances state for restoration of appliance state. Also, it is important to inform the user of unnecessary power, so the user does not turn on appliances which they don't plan to use immediately.

This framework is structured from the USPM server, network controllable appliances and location sensors. The server holds information on conditions for appliance usage state for each power state of the appliance. Each time the usage state of a sensor or appliance changes, the server searches for a condition that matches, and controls the appliance to match that state. In case the usage status promptly returns to the former state, the appliance state is restored.

This paper presents existing power saving technology, and states the necessity of a cohesive power management system for power saving. A model for power saving using the user's appliance usage status is proposed. The design and implementation of the system are also presented, followed by evaluations and future challenges.

Aiko Shiwaki
Faculty of Environmental Information
KEIO University

目 次

第 1 章　はじめに **1**
1.1　本研究の背景 1
1.1.1　家庭における電力消費 1
1.1.2　家庭の情報化 2
1.2　本研究の目的 3
1.3　本論文の構成 4

第 2 章　家庭における省エネルギー **5**
2.1　省エネルギー対策動向 6
2.1.1　家電機器の技術動向 6
2.1.2　ユーザによる省エネルギー対策 6
2.2　これからの省エネルギー 7
2.2.1　ユーザアウェアネス 7
2.2.2　機器による自動制御 8
2.2.3　ユーザの省エネ対策を代行する統合的なエネルギー管理 8
2.3　関連研究 9
2.3.1　ECHONET 9
2.3.2　OpenPLANET 9
2.3.3　HEMS 10
2.4　本章のまとめ 11

第 3 章　ユーザの省電力対策を代行する統合電力管理 **12**
3.1　機能要件 13
3.1.1　不用な機器の検知 13
3.1.2　電力節減処理 14
3.1.3　ユーザビリティ 15
3.2　ユーザの機器利用状況に基づく統合電力管理機構 15
3.2.1　概要 15
3.2.2　ユーザの機器利用状況把握 16
3.2.3　自動状態復元 18
3.2.4　複数人との共有 19
3.3　本章のまとめ 19

第 4 章　USPM システムの設計　20
4.1 USPM システム . . . 21
4.1.1 想定環境 . . . 21
4.1.2 不用な機器の検知と電力節減処理 . . . 21
4.1.3 機器状態復元 . . . 22
4.2 システム構成 . . . 23
4.2.1 ハードウェア構成 . . . 23
4.2.2 ソフトウェア構成 . . . 23
4.3 動作概要 . . . 24
4.4 ユーザ・デバイス管理部 . . . 25
4.4.1 デバイス情報定義 . . . 25
4.4.2 ユーザ情報 . . . 25
4.4.3 家電機器状態情報 . . . 26
4.5 状態検索部の設計 . . . 26
4.5.1 電力節減ポリシ . . . 26
4.6 状態復元部 . . . 29
4.6.1 スナップショット . . . 29
4.6.2 共有機器の状態復元 . . . 29
4.6.3 状態復元処理 . . . 30
4.7 ユーザ・デバイス通知部 . . . 30
4.7.1 家電機器通知 . . . 31
4.7.2 ユーザ通知 . . . 31
4.8 家電機器内ソフトウェアの設計 . . . 31
4.8.1 通信部 . . . 31
4.8.2 制御部 . . . 32
4.9 本章のまとめ . . . 32

第 5 章　USPM システムの実装　33
5.1 実装環境 . . . 34
5.2 ユーザ・機器管理部 . . . 34
5.2.1 DeviceMonitor クラス . . . 34
5.2.2 テーブル定義 . . . 35
5.2.3 データ管理クラス . . . 36
5.3 状態検索部 . . . 37
5.3.1 Condition テーブル . . . 38
5.3.2 ConditionChecker クラス . . . 38
5.4 状態復元部 . . . 39
5.4.1 SnapshotRecord テーブル . . . 40
5.4.2 SnapshotRecordManager クラス . . . 40
5.4.3 RestoreMsg クラス . . . 40

5.4.4 有効スナップショットの検索方法 41
5.5 機器・ユーザ通知部 41
5.5.1 定義クラス 41
5.5.2 Notify クラス 41
5.6 サーバ処理の流れ 42
5.6.1 ユーザのエリア退室 42
5.6.2 ユーザのエリア入室 44
5.6.3 家電機器の状態変化 44
5.7 本章のまとめ 44

第 6 章 評価と考察 46
6.1 評価方針 47
6.2 評価環境 47
6.3 処理所要時間 47
6.4 省電力効果 48
6.5 本章のまとめ 52

第 7 章 まとめ 53
7.1 今後の課題 53
7.1.1 機器登録の簡易化フレームワーク 53
7.1.2 本機構が消費する電力量の削減 53
7.1.3 既存技術との連携 54
7.2 まとめ 54

図 目 次

1.1 部門別最終エネルギー消費の推移 2
1.2 家電機器の普及率 3
1.3 インターネット普及状況 3

2.1 ECHONET の通信レイヤ構成 9
2.2 OpenPLANET 構成図 10

3.1 ユーザの機器利用状況に基づく節減モデル概念図 16
3.2 機器の利用状況 17

4.1 想定環境 21
4.2 不用な機器の検知と電力節減処理 22
4.3 機器状態復元処理 23
4.4 ソフトウェア構成図 24
4.5 ユーザ退室時の動作 25
4.6 ユーザ入室時の動作 26
4.7 機器状態変化時の動作 27
4.8 状態検索処理の流れ 27
4.9 ユーザ位置:機器設置部屋内 28
4.10 ユーザ位置:機器設置部屋外 28
4.11 状態変化 パターン 1 28
4.12 状態変化 パターン 2 29
4.13 状態復元 30
4.14 状態復元処理 30

5.1 LeaveOperation の流れ 43
5.2 EnterOperation の流れ 44
5.3 StateChangeOperation の流れ 45

6.1 ユーザの退室に関する処理 48
6.2 ユーザの入室に関する処理 48
6.3 ユーザの移動 49
6.4 一般的なユーザ 49
6.5 電力を浪費するユーザ 50

6.6 USPM システム使用 50
6.7 消費電力量比較 51

表 目 次

3.1 家電機器の電力状態 15

4.1 家電機器への要求の種類 31

5.1 デバイスデータの例 34
5.2 DeviceDefinition テーブル内容例 35
5.3 UserDefinition テーブル内容例 35
5.4 UserLocation テーブル内容例 36
5.5 状態名 36
5.6 AppState テーブル内容例 36
5.7 UserLocationManager クラスのメソッド 37
5.8 SppStateManager クラスのメソッド 37
5.9 Condition テーブルの内容例 38
5.10 ConditionChecker クラスのメソッド 39
5.11 SnapshotRecord テーブルの内容例 40
5.12 SnapshotRecordManager クラスのメソッド 40
5.13 Message クラス内容一覧 42

6.1 測定環境 47
6.2 想定値 51
6.3 消費電力量 51

第1章

はじめに

1.1 本研究の背景

近年, 世界中でエネルギー消費が増加しており, 今後も増加し続けると予測されている. 日本では, エネルギー生成のほとんどを化石燃料に依存しているため, エネルギー消費の増大は有限なエネルギー資源の枯渇を招くとして問題視されている. 同時に国内でエネルギーを作りだす際に排出される二酸化炭素は地球温暖化へ影響する温室効果ガスの約 8 割を占めると言われている. 温室効果ガス削減目標を持つ日本にとってエネルギー消費の増加は深刻な問題である. これらの問題に対処するため, 化石燃料への依存度を減らすと同時に, エネルギー消費を抑える必要がある [1].

1.1.1 家庭における電力消費

図 1.1 より部門別最終エネルギー消費の推移を見ると, 産業部門のエネルギー消費がほぼ変わっていないのに対し, 旅客部門の消費に次いで家庭部門の消費が大幅に増加していることがわかる. 国内全体のエネルギー消費を抑えるには, 家庭におけるエネルギー消費を合理化することが重要であると考えられる.

図 1.2 が示す家電機器の普及率の推移から, 様々な家電機器が家庭に普及してきたことがわかる. これは各家庭の家電製品の保有数が増加したことを意味する. 家電機器の普及傾向は, 家庭におけるエネルギー消費量増加傾向と一致するため, 家電機器の保有数の増加はエネルギー消費増加の一因であると考えられる. 家庭内のエネルギー消費量を減らすにはこれら家電機器の消費する電力量を効率的にすることが重要である.

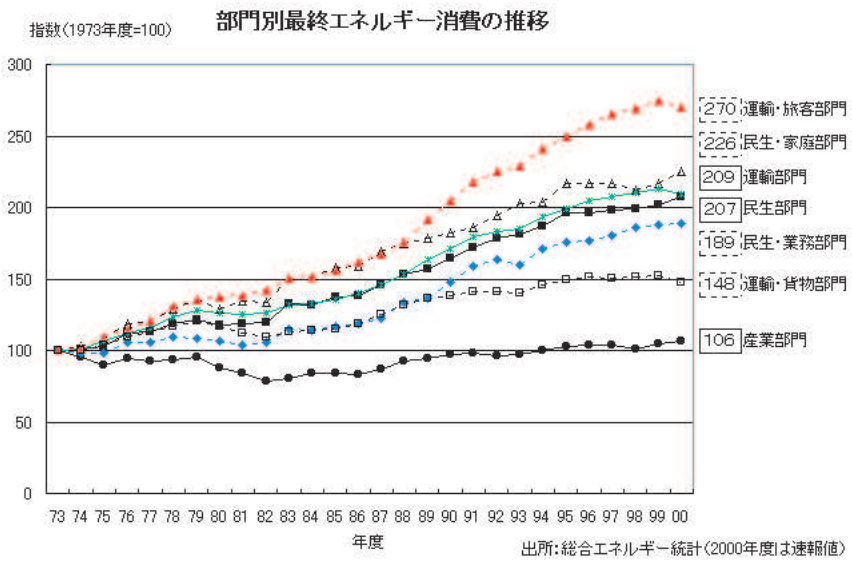


図 1.1: 部門別最終エネルギー消費の推移

1.1.2 家庭の情報化

一方, 家庭において計算処理能力やネットワーク接続能力を持つ機器が普及している. この機能を通じて機器を遠隔から制御および集中管理できる. またネットワークを通じて機器同士や外部と通信を行うことにより, 付加機能をつけられる. 例えば,IEEE1394[2] を通して PC に接続し,PC を経由して遠隔から制御できるビデオデッキや, インターネットに接続可能な PC に USB 接続することによって, インターネットから楽曲をダウンロードし再生できるオーディオコンポなどが実際に製品化され, 家庭に普及しつつある.

また, 家庭においてホームネットワークが充実しつつある. ホームネットワークには様々な規格が存在する. 家庭から外部へ向けたネットワークとしてはアナログ電話回線による接続の他に ISDN,ADSL,CATV や FTTH がある. 家庭内のネットワークとしては 100BASE-TX,IEEE802.11,IEEE1394,Bluetooth[3] や IrDA[4] がある. ネットワークの高速化, 大容量化が進むともに, これらの設置コストが低くなり, 急速にホームネットワークが普及しつつある. 図 1.3 は国内におけるインターネットの普及状況である. 今後もホームネットワークは普及していくと考えられる.

また, 家電機器の情報化に伴って, 温度センサや人の位置を感知できる位置情報センサなど各種センサが一般化してきている. これらによって家庭の様々な状態を情報として取得できる.

このように, 家庭での情報化が進んでいる. 今後, 家庭ではホームネットワークを通じて各種センサから家庭内の状態を示す様々な情報を取得したり, 各種家電機器を管理, 制御することが当たり前になると考えられる.

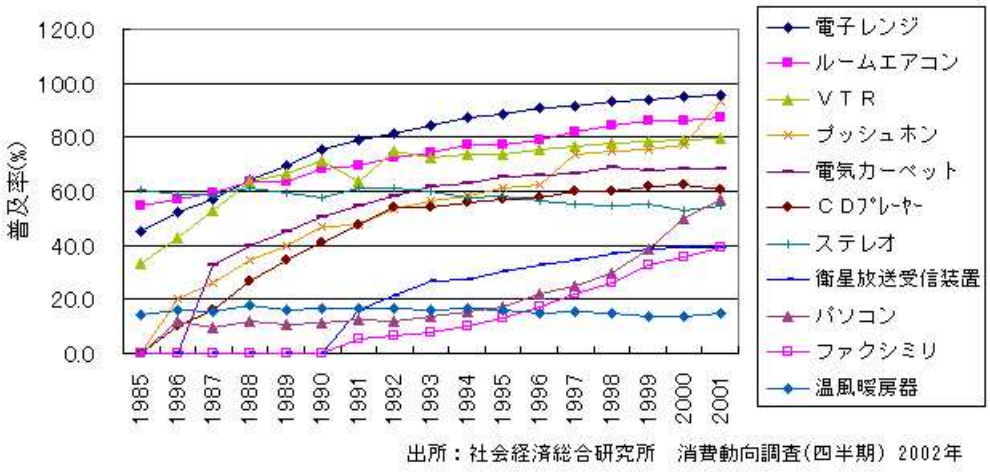


図 1.2: 家電機器の普及率

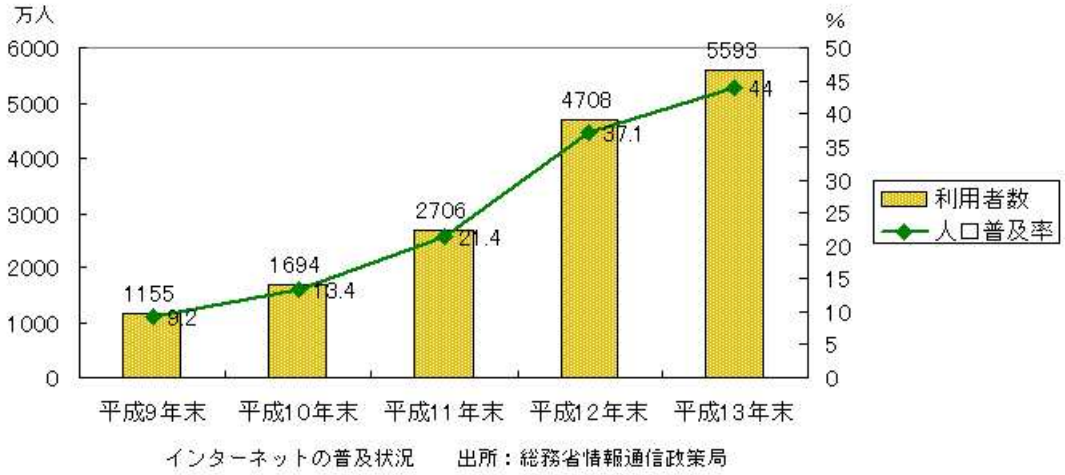


図 1.3: インターネット普及状況

1.2　本研究の目的

本研究では家電機器のネットワーク化の動向に着目し, 家電機器を管理, 制御することによって家庭において電力消費を効率化する統合電力管理機構 USPM システムを構築する. USPM システムでは機器利用状況から不用に稼働している機器を検知し, 機器を制御することによって電力消費の効率化をはかる.

本機構を家庭で実用するために以下の 3 点を考慮する.

- 不用な機器の検知
  不用な機器を検知するためにユーザの機器利用状況を考慮する.

- 電力の節減
  不用な機器の消費する電力を節減する方法を考慮する.

- ユーザビリティ
  本機構はユーザの作業を妨げず, ユーザの負担を増やさないための仕組みが必要である.

これらを実現することにより, 家庭内においてユーザが本来行なう省電力対策を代行し効率的に電力節減を行なうことができる.

1.3 本論文の構成

本論文では, まず第 2 章で家庭における省エネルギー対策の動向を述べ, さらに関連研究を比較し, その上で, ユーザの省電力対策を代行する統合電力管理の必要性を明らかにする. 第 3 章では, ユーザの省電力対策を代行する統合電力管理を実現するために必要な機能を整理する. 第 4 章では,USPM システムの概要や動作手順, システム構成から各機能の設計について述べる. 第 5 章では, 設計に基づいた USPM システムの実装について説明する. 第 6 章では, 実装した USPM システムの評価について述べる. 第 7 章では, 本研究のまとめと今後の課題について述べる.

第2章

家庭における省エネルギー

本章ではまず,家庭における近年の省エネルギー対策の動向について述べる. 次にこれから求められる省エネルギー対策について検討し,ユーザによる省エネルギー対策を代行する統合電力管理の必要性を述べる

2.1　省エネルギー対策動向

家庭の省エネルギーのために, 家電機器等の技術開発を進めることで機器が消費する電力を節減する方法や, ユーザが生活の中で利用するエネルギーをこまめに節約する方法などが挙げられる. 本節では, 家庭における省エネルギー対策の動向について説明する.

2.1.1　家電機器の技術動向

家電機器の技術は年々進歩しており, 機器独自のエネルギー消費効率は近年向上し続けている. 省エネルギーセンター発刊の家庭の省エネ大事典 [5] によると家電機器の電力消費効率は次のような状況である. ルームエアコンディショナの平均消費電力量は 1995 年に 1499KWh であったのに対して 1999 年には 1053kWh になり,5 年間で 30%省電力化が進んだ. テレビの年間消費電力量は 1990 年に 227kWh であったのに対して 1998 年には 178kWh になり,8 年間で 27% の省電力化が実現した.

消費電力のうち, 待機時消費電力は家庭で消費される電力量の約 10%を占めると言われ特に問題視されている. 待機時消費電力を消費する全ての機器の中で最もその消費量が多いビデオデッキについても 1991 年に 7.5W であったのに対して, 1998 には 3.6W となり,7 年間で 50%の削減を実現している.

さらに, 様々な制度によって機器の省エネルギー化が進められている. 政府は「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）の中でトップランナー方式の考え方に基づき特定機器に対して省エネルギー基準を制定している. トップランナー方式は,「省エネルギー基準を現在商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上にする」という考え方である.[1] 他にも家電機器の省エネルギー達成度を示す省エネラベリング制度 [6] や,OA 機器の省エネルギー基準を示す国際エネルギースタープログラム [7] などがある. これらは消費者に対して省エネルギー達成度などの情報を提供するものである. ラベルが普及することにより消費者がより省エネルギー商品を選択することになるため企業の省エネルギー技術開発も活発になっていく. このように家電機器の省エネルギー化は今後も進んでいくと予想される.

2.1.2　ユーザによる省エネルギー対策

家電機器等の使用方法を改善するなどしてユーザがこまめに消費エネルギーを節約することが省エネルギー効果を大幅にあげると言われている.

例えば, エアコンディショナの設定温度を緩めに設定することや, 使用していない機器の電源をこまめに切ることを心がけるだけで大量に電力を節約できる. 暖房の設定温度を 21 度から 20 度にすることで年間 71.27lWh 消費電力を節約できる. テレビは稼働時間を 1 日 1 時間減らすことで年間 40.84kWh 節約できる. また待機時消費電力を常に消費しているビデオデッキは使用していない時に主電源を切ることによって年間 96.6kWh 節約できる.[5]

省エネルギーセンターが行った「夏冬季省エネルギー対策」アンケート [8] によると平

成 13 年度夏から平成 14 年度夏までの 1 年間で省エネルギー対策を行った 4700 万世帯を合わせて 11%エネルギーを削減したという結果がでている. これはユーザによる省エネルギー対策の必要性があることを意味している.

2.2 これからの省エネルギー

これからさらに省エネルギーを進めていくためには前節で述べたように, 家電機器を提供するメーカーだけでなく, それを利用するユーザ自体が行動することで省エネルギーに取り組む必要がある. 「夏冬季省エネルギー対策」アンケート [8] によると, ユーザの省エネルギーに対する意識が年々高まっており, 省エネルギー対策を行うユーザが増えている. しかし, 日々の生活の中で省エネルギー対策を行なうために, ユーザは常に省エネルギーを意識し, 行動しなければならない. これはユーザにとって大変負担である. また, ユーザに依存するため, ユーザが不意に処理を忘れた場合や処理をする余裕がない場合に省エネルギー対策は実行されない. 不用な消費電力が存在するにも関わらず, その節減をユーザに依存するままでは省エネルギーの効率化は難しく, 問題である.

この問題に対応するため, 今後の省エネルギー対策としては, 本来ユーザが意識し, 行動した結果削減できるエネルギーを合理的且つ確実に削減するよう取り組む必要がある. 今後必要な省エネルギー対策として以下に 3 つのアプローチを挙げてそれぞれ検討する.

2.2.1 ユーザアウェアネス

ユーザアウェアネスは, ユーザに自分の消費しているエネルギー量を伝えることで節電する意欲を高める方法である.

家電機器のユーザには, 不用に消費しているエネルギー量を知らないため省エネルギーの必要性を感じていない者や, 必要性を感じているにも関わらずエネルギー節減方法を知らない者, 省エネルギーのタイミングに気づかない者などがいる.

これらのユーザに対して各機器が消費しているエネルギーを具体的に知らせることでユーザに省エネルギーのための行動を起こさせる.

省エネルギーセンターが考案した省エネナビ [9] は家庭で消費している電力の総量を測定し金額に換算して表示する機器システムである. 電力の使い過ぎによるアラーム機能などもついている. 省エネナビを 800 世帯で試用してみたところ設置前に比べて約 20%電力消費を削減できたという結果がでている [5].

ユーザアウェアネスは省エネナビのように簡単な測定器や表示器などがあればできるため, 導入, 管理コストが非常に低い. しかし, 依然ユーザの行動に依存するため確実な方法とは言えず, 前述の問題も残る.

2.2.2　機器による自動制御

家電機器の機能をさらに充実させることによってユーザの負担を増やすことなく, 省エネルギーを進める方法である. 2.1.1 で述べたように現在, 家電機器は機器の消費する電力自体を削減するような技術が進歩している. この延長でいくつかの機器は機器の持つ様々なセンサから機器の周辺の状態を検知し, その状態に応じてできるだけ必要な機能だけを稼働させることができる. 例えば, エアコンディショナが温度センサを持ち周辺の温度に応じて稼働状態を調節するといったことや, 人感センサを用いて人がいない時にライトを消すといったことは容易である. また, これらは今までの家電機器と同じように扱えるため導入, 管理コストが低く実現しやすい.

しかし, 複数の機器が各自で同種のセンサを持ち, 共通の情報を取得することは効率的でなく, センサの消費する電力量が無駄である. また機器の中にセンサを埋め込む場合, 機器の周辺という限られたエリアの状態しか取得できず限界がある.

2.2.3　ユーザの省エネ対策を代行する統合的なエネルギー管理

ホームネットワークを用いた統合的エネルギー管理機構を構築することで省エネルギーを実現する方法である. これによって本来ならユーザが行なうべき省エネルギーのための行動を管理機構ができるだけ代行し, エネルギーを節減することができる.

1.1.2 で述べたように家庭の情報化が急速に進み, ホームネットワークによる各家電機器の管理や制御等が容易にできるようになりつつある. このような情報インフラを利用して, 家庭の状況や機器の状況を監視し, 機器の稼働を効率的に制御することによって省エネルギーを実現できる.

統合管理は, 様々な情報を各機器で共有することができる点や機器から離れた情報も使用できるため, 機器単独で省電力化をすすめるよりより効率的である.

しかし, 導入に当たって全てのシステムを統括する必要があるため導入コストがかかる. そのためシステムを実現するために導入コストを抑える努力が必要である.

機器単独の省電力化によるアプローチは現在実現するには十分であるが, 限界があり今後さらにエネルギー効率を高めていくためには不十分である. 一方, 統合的なエネルギー管理は実現するのにコストがかかるが, 背景等を踏まえると今後実現することは容易であり, 最も効率の良い方法であると言える. ユーザアウェアネスは単独では不十分であるが他のアプローチと組み合わせることによって効率を高めることができる.

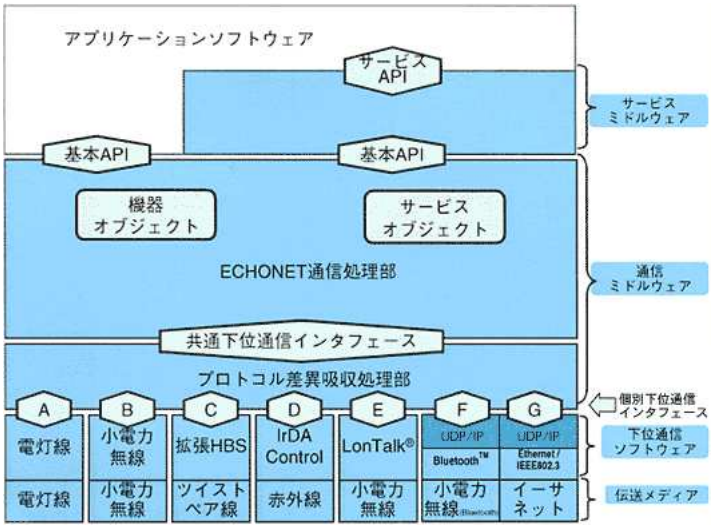
本研究ではユーザの省エネ対策を代行する統合的なエネルギー管理のアプローチを基本として研究をすすめていく. その際, ユーザアウェアネスの性質も活かしていく.

2.3 関連研究

ユーザの省エネ対策を代行する統合的なエネルギー管理を行なう上で, まずは家庭内の統合的な機器管理技術が必要となる. 本節では統合的家庭内機器管理を行なっている研究を紹介し, 本研究の位置づけを述べる.

2.3.1 ECHONET

ECHONET[10] は家電機器の相互接続を可能にする統合的な規格である. 通信プロトコルに加えてシステムレベルでの相互接続を保証するモデルを提供する. 一般家庭への普及を意識しているため柔軟性が高い. 多種ベンダーの機器の接続を電灯線や無線, 赤外線など配線工事の不用な多種伝送メディアを用いて行なえ, また ECHONET を通してシステムを構築することやその上で動作するアプリケーションを容易に開発することができる. ECHONET は図 2.1 が示す中で, 下位通信ソフトウェアと通信ミドルウェアの仕様を規定する. サービスミドルウェアについてはアプリケーションソフトを拡張しつつ今後検討していく方針となっている. アプリケーションソフトウェアの一例として家庭用エネルギー管理システムなどを考慮している.



出所；エコーネットコンソーシアムＨＰ

図 2.1: ECHONET の通信レイヤ構成

2.3.2 OpenPLANET

OpenPLANET[11] は家電機器の制御を行う制御系ネットワークと外部インターネット等の情報系ネットワークをシームレスに連携し, 機器の制御や管理を容易に実現するための基盤技術である. システムは図 2.2 に示すように電気メータとコンピュータの機能を合わせた電力量計サーバと各機器上で動作するバーチャルマシン (VM), ユーザアプリケーショ

ンやサービスを提供するためのエージェントで構成される. 外部ネットワークとの連携を強く意識しており, 移動端末による機器の制御の他に, セキュリティ会社によるセキュリティサービスや介護事業者による介護サービス, 電力会社による電力モニタリングなどをサービスプロバイダーとして考えている. それらが提供するエージェントプログラムを電力量計サーバ, ホームネットワークを通じて家庭内の機器で動作させることによって様々サービスをユーザに提供するためのネットワークインフラを提供する.OpenPLANET インフラ上で様々なサービスを容易に構築することができる.

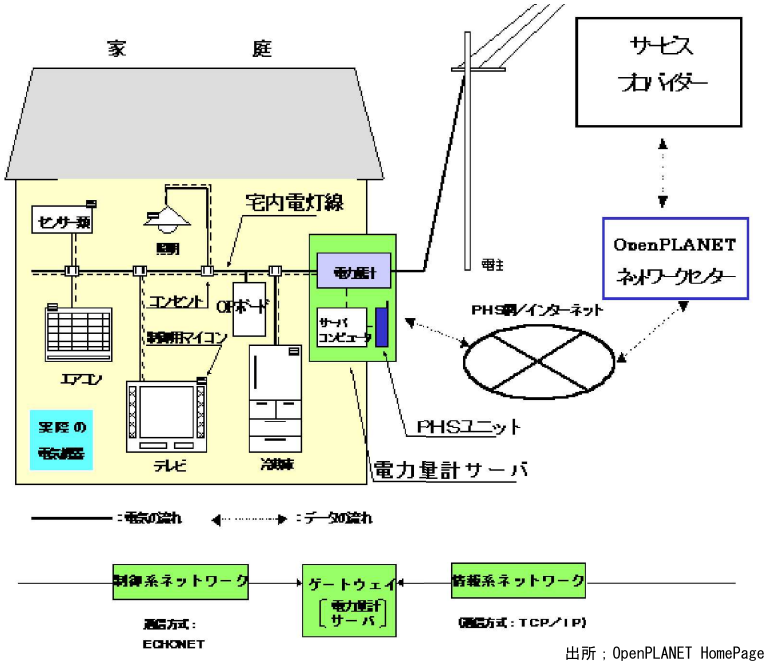


図 2.2: OpenPLANET 構成図

2.3.3 HEMS

省エネルギー対策の一貫として家庭用ホームエネルギーマネジメントシステム (**HEMS**) の普及, 推進が行われている.HEMS は家庭内の情報インフラを利用し, 家電機器の最適運転など家庭におけるエネルギー需要マネジメントを行うシステムである. 様々な企業や研究プロジェクトが HEMS の実現を行っている. 例えば, 新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO) を財団法人省エネルギーセンターの共同研究「稼動時電気損失削減最適制御技術開発」では, エアコンや照明の在不在制御や携帯電話による省エネ制御などを実現している. HEMS は研究途中であり, 上記のプロジェクトも開発途中である.

前述したようにホームネットワークを通じた機器の制御や管理をするためのインフラストラクチャが確立, 実用化されつつある. 今後は, それらインフラを利用しその上で動作する HEMS のようなエネルギー節減をするための統合的エネルギー管理機構が必要である.

家庭で消費されるエネルギーには様々な種類があるが, 本研究ではユーザが利用する家電機器の消費する電力を節減することに注目し, その節約を行なうこととする. その際, 家庭内の統合管理を利用することでユーザの省電力対策を代行し, ユーザの負担を増やすことなく効率的に電力節減を行う機構を構築する.

2.4 本章のまとめ

各機器の省電力技術が進歩する中, ユーザの使用方法改善による不用な電力消費の節減が必要となっている. 一方, 家庭の情報化が進み, 機器の制御や管理に対するコストが低くなりつつあり, そのための統合管理インフラも実現しつつある. 今後はこれらのインフラを利用した, ユーザの省エネ対策を代行するエネルギー管理が必要である.

第3章

ユーザの省電力対策を代行する統合電力管理

本章では,ユーザの省電力対策を代行する統合電力管理を行なう上で必要な機能を整理する. それらに基づいて,ユーザの機器利用状況に基づく電力管理機構を提案し,必要な機能を検討する.

3.1 機能要件

前章で述べたように, これからはユーザの省エネルギー対策を代行する統合エネルギー管理が必要となる. 本研究では家庭で消費されるエネルギーのうち家電機器の消費する電力を節減することに特化する. 家電機器の管理, 制御を行なう統合的な電力管理機構を構築することで本来ユーザが行なうべき電力節減を実現する.

電力の節減を行なうためにユーザは稼働させていた機器が不用になった時に機器を操作し, なるべく電力を消費しない状態に変更する. ユーザの省電力対策を代行するためには, **不用な機器の検知**と**電力節減処理**を行なう機能が必要である. またユーザが意識せず電力管理できるように**ユーザビリティ**を考慮する必要がある. これら 3 点を統合電力管理機構の機能要件とする

3.1.1 不用な機器の検知

家電機器の消費電力に特化して電力節減を行なうためにはユーザにとって不用な機器を検知しその機器が消費する電力を節減すると良い. ユーザにとって不用な機器を把握するために, **ユーザの機器利用形態**について考察し, それから不用な機器を見つける方法を検討する.

ユーザの機器利用形態

ユーザが家電機器を利用することで得られる効能を家電機器のサービスと言う. 例えばエアコンデショナは部屋を暖めるというサービスを提供し, ビデオデッキはビデオテープにテレビ番組を録画するというサービスを持つ. ユーザが機器を利用することはユーザが機器の提供するサービスを利用することを意味する.

家電機器の利用形態をサービスの受けとり方という点から**直接利用**と**間接利用**のように 2 つに分類する.

- 直接利用
  家電機器が稼働している最中にその場で直接サービスを受けとる利用形態である. 例えばテレビの持つ映像表示サービスはユーザが直接その場で映像を見ることで受けとることができる.

- 間接利用
  家電機器が稼働している間はサービスをユーザではなく物や空間に提供し, ユーザがそれらを利用することでサービスを受けとることができる利用形態である. 例えばビデオ録画サービスは機器の稼働中はビデオテープに録画するという形で働きかけ, 後にユーザがビデオテープに録画された映像を見ることで間接的にサービスを受けとることができる.

ユーザの機器利用状況

前述した機器の利用形態のうち直接利用の場合, 機器が稼働していてもユーザが機器の提供するサービスを受けとらない限りその機器は活用されない. テレビが稼働しているにも関わらずユーザがテレビの可視範囲外にいる場合, ユーザはテレビをみることができないためテレビは不用であると言える. このように直接利用形態ではその時々のユーザの状況から**機器の利用状況**を判断することができる. また, ユーザの機器利用状況を知ることでその機器の有用性を把握することができる. このようにして不用な機器を検知することができる.

3.1.2 電力節減処理

稼働している家電機器の中で不用なものについては, できるだけ必要な機能のみを残して停止させることが望ましい. ユーザの機器利用状況から判断できる機器の有用性を段階分けし, それに基づいて電力節減することを考える.

家電機器の電力状態

直接利用できる家電機器について, 家電機器の状態を表 3.1 のように段階分けできる. 本論文ではこれらを**電力状態**と呼ぶ. 電力状態とは機器の持つ機能の稼働状況やユーザの機器利用状況から分類した状態である. それぞれ表に記載されている関係にある. これらの状態は表記されている順に電力の消費量が増えていく.

停止状態とは全ての機能が停止しており, ユーザが機器を全く利用していない状態である.

スタンバイ状態とはユーザが機器を利用していないため機器が持つ主要なサービスサービスを提供する機能が稼働していないが, 利用を始める可能性があるためそれらを提供するための準備機能が稼働している状態である.

省電力状態とはユーザが直接機器を利用していない状態である. このため直接ユーザに提供するサービスを構成する機能は稼働していない. 間接利用している可能性はあるため, 間接サービスを構成する機能は稼働している可能性がある. スタンバイ状態より多くの機能が稼働している.

稼働状態とはユーザが機器を直接利用している状態である. また間接利用している可能性もある.

電力節減処理

前述の電力状態に基づいて機器を制御することで電力の節減を行なう. ユーザが直接利用しているため稼働状態であった機器について, その後ユーザが直接利用しなくなった場合, ユーザにとって必要な機能は省電力状態で十分稼働する. この場合に機器を省電力状態にすることで電力を節減する. また機器は稼働していない限りスタンバイ状態であるこ

表 3.1: 家電機器の電力状態

電力状態	ユーザの機器利用状況	機器の稼働状況
停止状態	利用していない	完全停止
スタンバイ状態	利用し始める可能性あり	スタンバイ機能のみ稼働
省電力状態	直接利用していない	直接利用機能停止
稼動状態	直接利用している	直接利用機能稼働

とが多いがユーザが利用し始める可能性がない場合は無駄である. この時に機器を完全に停止することで節電する.

3.1.3 ユーザビリティ

稼働させていた機器が不用となった時, 統合電力管理機構は機器の電力状態を変更させるよう働く. 一方状態変更後, 再びユーザがもとの状態で機器を利用を継続することがありうる. この場合ユーザは手動で機器をもとの状態に戻さなくてはならない. これはユーザに逆に負担をかけることになり問題である.

また本研究が対象とする家庭環境は, 機器を一人が利用するだけでなく複数人で共有する可能性が高い. この時できるだけ必要な電力のみを供給するためには誰が利用している機器かを把握しそれぞれに適した処理をする必要がある.

3.2 ユーザの機器利用状況に基づく統合電力管理機構

ユーザの省電力対策を代行するため, ユーザの機器利用状況に基づく統合電力管理機構を構築する. 本節では前述した機能要件に基づき, 電力管理機構の持つべき機能について検討する. まず本機構の概要を述べ, 次に不用な機器を検知するための**機器利用状況把握**, ユーザビリティを保つための**機器の状態復元**や**ユーザ管理**について述べる.

3.2.1 概要

ユーザの機器利用状況に基づく統合電力管理機構の概念図を図 3.1 に示す. 本機構ではユーザの機器の利用状況を把握し, それに応じて不用に稼働している家電機器を検知する. 検知された家電機器の電力状態を最適なものに変更することで電力節減を実現する.

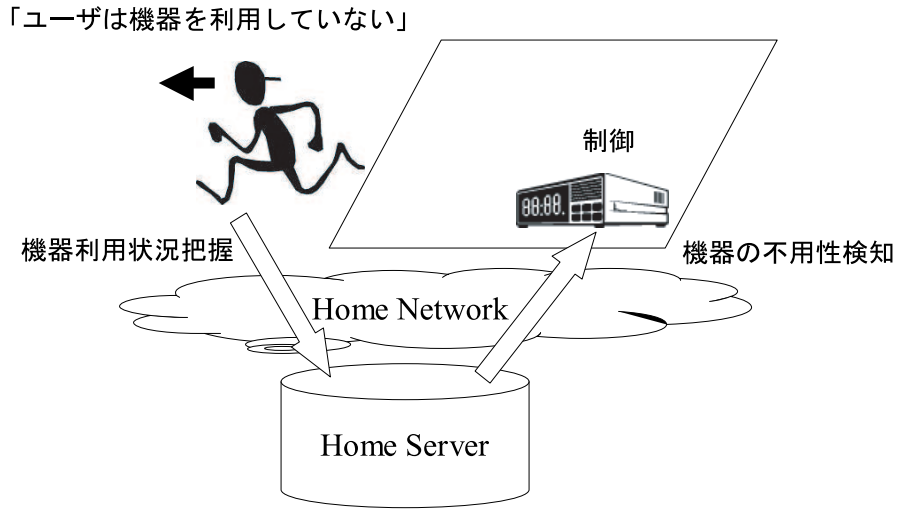


図 3.1: ユーザの機器利用状況に基づく節減モデル概念図

3.2.2 ユーザの機器利用状況把握

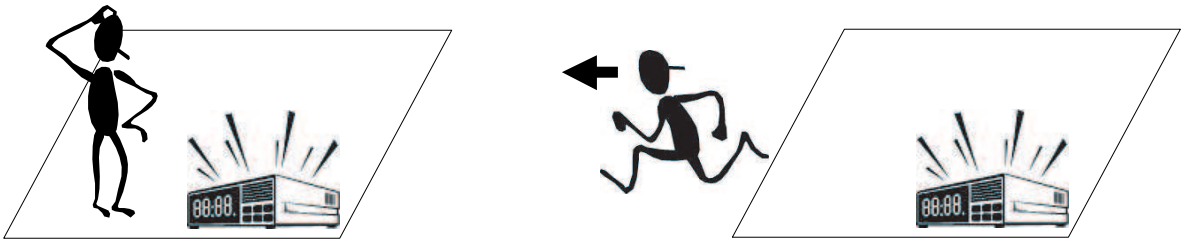
電力管理機構の機能として機器利用状況を把握する方法が必要である. しかし, ユーザが機器をどのように利用しているかといった状況を直接検知することは容易ではない. そこで本機構ではユーザや機器に関する情報を取得し, それらを利用することで間接的にユーザの機器利用状況を割り出す.

ユーザの機器利用状況を割り出すための情報として下の 3 つの方法を挙げる.

ユーザの位置情報

ユーザが直接利用できる機器の場合, 機器はその周辺に対してサービスを提供し, それを近くにいるユーザが受けとるというようにサービス提供範囲が決まっていることが多い. ユーザはサービス提供範囲にいる場合, サービスを取得でき, 機器を利用できる. この場合, ユーザがサービス提供範囲外にいる時は機器を利用できない. 一部の機器はユーザの位置によって機器利用状況を把握することができる.

図 3.2 はユーザの位置情報から機器の利用状況を把握する例である. 図中 a はユーザがラジオの可聴範囲にいることからラジオを利用していると言える. 図中 b はユーザがラジオの可聴範囲外にいることから, ラジオは稼働しているが, ユーザは機器を利用していないことが分かる. このように, ユーザの位置情報は特定の機器について機器を利用していないという状況を判断する上で有効である.



a. 機器を利用している　　b. 機器を利用していない

図 3.2: 機器の利用状況

連携家電機器の状態

機器の状態から機器の利用状況を把握できることがある. 例えば, 機器が停止状態である時, 機器が利用されていないのは明らかである. また, 機器同士が連携することによって一つのサービスを提供するものがある. 例えばビデオテープの中の映像を見るというサービスはビデオの再生機能や出力機能, モニタの入力機能と表示機能などによって構成され, 提供される. このような場合, 両方の機器についての機器の利用状況は同じである. 一方の機器利用状況が分かればもう一方の機器利用状況も同じと判断できる. 一方の機器が停止状態にあることから機器が利用されていないことを判断し, それを基にもう一方の機器も利用していないと判断する. 連携する機器の状態は, 機器の利用状況を判断するのに有効である.

ユーザ問い合わせ

前述の 2 つの情報は適用できる機器が限られるため全ての機器の利用状況を把握することに限界がある. 省電力をより効率良くするため, ユーザに利用状況を直接問い合わせ, 状況判断を補うことを考える. これはユーザの負担を多少増やすことになるが, 直接問うため機器の利用状況把握のためにとても有効な情報を得ることができる. ユーザに煩わしさを感じさせないよう通知時間を調整することや機器を選択することで必要なものだけを通知させるよう工夫する必要がある.

一方, 問い合わせをする際に機器稼働状況を伝えることで, 機器の必要性をユーザへ訴えかけることができる. これによってユーザが省電力のため, 不用な機器を稼働させないよう意識させることができる. このように 2.2.1 で述べたユーザアウェアネス機能としても使える.

ユーザ問い合わせ情報は確実に状況を把握できるが, ユーザの負担がかかるため多用することは望ましくない. また, 家電機器の状態情報を利用する方法は連携する機器が必要であ

り, さらに連携する機器の状態が変わらなければならないため, 連携する機器を合わせて利用されておらず放置されている時は状況を把握することができない. ユーザの位置情報を利用した状況把握は位置を取得するセンサがあれば実現可能であり, また精度も十分高い.

本研究では, ユーザの位置情報を最も重要な把握方法として利用し, 家電機器の状態や時間情報を利用することでさらにその精度を高める. またユーザ問い合わせ情報をこれらを補うように利用する.

3.2.3 自動状態復元

本機構使用時にユーザが機器の利用を一時的にやめた場合, つまりユーザが機器利用の停止後すぐに再び利用を再開する場合の状況を検討する.

手動状態復元

本機構が機器利用の再開について関与しない場合, ユーザ自身が手動で機器の状態を復元する必要がある. これは本来, 本当に必要な機器のみを稼働させることになるため電力消費を下げるのに効果的である.

しかし, 毎回手動で稼働させるためユーザにとって大幅負担が増えることになる. 家庭での利用を想定する場合, ちょっとした用事のために部屋を移動するというのは頻繁に起こりうる. 例えば, テレビを見ている際中に別の部屋で鳴った電話にでる, コマーシャルの間にキッチンに飲物を取りにいくといった状況は容易に想像される. このため毎回手動で復元処理を行なわなければならないのはあまり現実的でない.

自動状態復元

ユーザの負担を減らすためユーザが直後に機器の利用を再開した場合に, 自動的に状態を復元することを考える. この場合, ユーザは機器の状態が一時的に変わったことを意識することなく, 利用を継続できる. しかし, ユーザがどの機器の利用を再開するかということを判断することは難しい. このため不用に状態が復元される可能性がある. その結果逆に消費電力を増えてしまうことも考えられる.

本機構はユーザの省電力対策を代行するためユーザの負荷を軽減することが目的の一つである. このため家庭での使用において利用を再開する機器について手動復元による負担をかけることは困難であり, できるだけ自動化することが望ましい. 本研究では, 状態の自動復元機能を採り入れる. その際, できるだけ必要な機器のみ復元させるよう工夫する. 具

体的には機器の状態を復元するために必要な時間を機器ごとに設定し, 設定時間を過ぎた後は復元しないことにする.

3.2.4 複数人との共有

家庭において複数のユーザが機器を共有する可能性は高い. 本機構使用時に機器が共有されている状況についてユーザ管理の有無という観点において検討する.

ユーザ管理無し

ユーザを管理しない場合, ユーザの区別は行なわず, 全てのユーザに対して同じように機器利用状況を把握し, 節電処理や自動復元処理を行なう. これはセンサにユーザ認識機能を求めることがなく, ユーザ管理をするコストが低いなどの利点がある. しかし, 特定ユーザにのみ提供すれば良い機能を全てのユーザに提供してしまうため管理上の無駄が増える. 例えば, 自動復元処理をする際に不用な状態復元を起こしやすくなる.

ユーザ管理有り

ユーザを管理した場合, ユーザを区別し, ユーザ毎にどの機器利用状況を把握し, 節電処理, 復元処理を行なう. この場合, ユーザに必要な処理を行なうことができ, 不用な処理を行なうことがない. しかし, ユーザ管理のためにセンサにユーザを区別する機能を必要とすることやユーザ毎の機器利用状況を管理をするなどのコストがかかる.

ユーザを管理した場合管理コストがかかるが, より節電効果を高めるために, ユーザに合わせた処理を行なう方が良いと言える. このため本機構ではユーザ管理を行なう.

3.3 本章のまとめ

本章では家庭におけるユーザによる省電力対策を代行する統合電力管理の機能要件を整理し, ユーザの機器利用状況に基づく統合電力管理機構を提案した. 本機構はユーザの機器利用状況を把握し, それに基づいて不用な機器の検知する. 次に, 検知した機器を制御することで電力節減を実現する. また, ユーザビリティを損なわないよう状態を自動変更した機器について自動状態復元することやユーザ管理を行なうものとする.

第4章

USPMシステムの設計

本章では USPM(Using device Usage Status for Power Management) システムの設計について述べる.USPM システムはユーザの位置, 機器の状態やユーザ問い合わせによって機器の利用状況を把握し, 不用な電力を検知, 機器を制御することでその節減を行なう. その際, ユーザ管理を行なうことで複数ユーザへ対応させ, 状態復元機能によってユーザ負担を軽減している.

4.1 USPM システム

本論文ではユーザの機器利用状況に基づく統合電力管理機構を実現するため USPM(device Usage Status oriented Power Management) システムを構築する. USPM システムは, ユーザの機器利用状況から不用に稼働する機器を検知し, それらを制御することで電力の節約を実現する統合機器管理システムである.

ユーザの機器利用状況としてユーザの位置情報と機器の状態情報, またユーザ問い合わせ情報に着目しており, ユーザビリティを保つ方法として機器の自動状態復元やユーザ管理を行なっている.

以下に USPM システムの想定環境について述べ, その後システムの特徴を述べる.

4.1.1 想定環境

図 4.1 に本システムの想定環境を示す. 想定としては複数人が生活する家庭を想定する. 家庭内の各部屋には様々な家電機器とユーザの位置を把握することができる位置情報取得センサ 1 台が存在する. 家電機器は通信機能や自己の状態把握機能や状態変更制御機能を持つ. 全ての機器は, ホームネットワークに接続しており, それを通じてホームサーバと通信を行なうことができる.

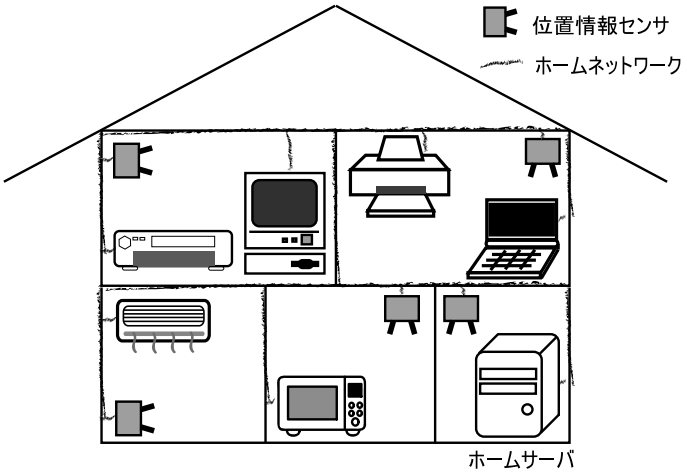


図 4.1: 想定環境

4.1.2 不用な機器の検知と電力節減処理

USPM システムはユーザの位置情報, 連携機器の状態情報, またユーザ問い合わせ情報からユーザの機器利用状況を把握する. USPM システムではユーザの位置情報をユーザの視覚や聴覚の限界となりやすい**部屋**という単位で把握する. ユーザと機器が同室にある場合は機器を利用しており, 別室にある場合は機器を利用していない. 連携機器の状態は表 3.1

で示した状態を利用する. それから不用な機器を検知し, 機器を消費電力の少ない状態に制御することで電力の節減を行なう.

機器利用状況から最適な状態を決定するために各機器について表 3.1 で示した電力状態毎に機器利用状況を事前に定義しておく. 定義には機器利用状況としてユーザの位置情報と連携機器の状態情報を直接指定する. ユーザについては機器を利用するユーザを具体的に指定する. 部屋にいる全てのユーザという表現もできる. またユーザ問い合わせを行なうためユーザへ状態を通知する時間を設定するオプションを持つ. この定義表は**電力状態条件定義**と呼び, 家電機器設置時にユーザが手動で定義する.

ユーザの機器利用状況が変化する度に本機構は定義を参照し, その状況に最適な電力状態を検索する. より最適な状態を検出した場合電力状態を変更するよう機器に要求する. 変更要求を受けとった機器は要求された状態にするよう自身を制御する. 図 4.2 に不用な機器の検知と電力節減処理の概要図を示す.

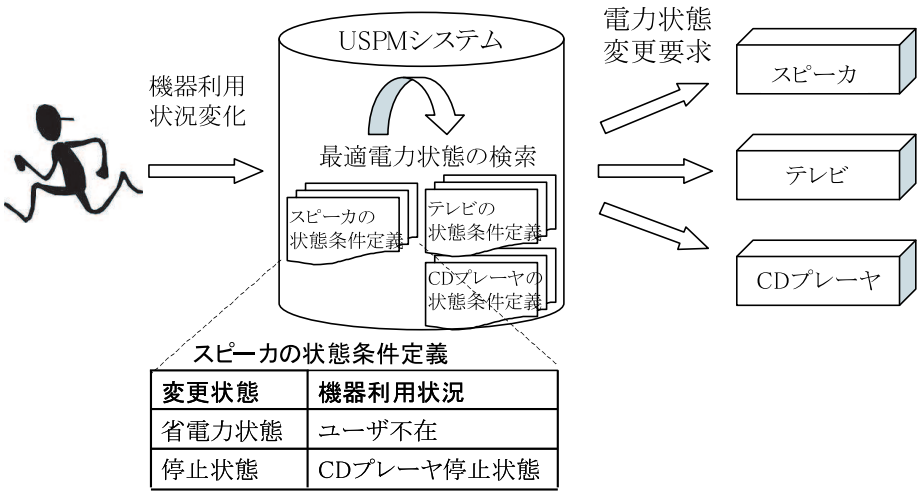


図 4.2: 不用な機器の検知と電力節減処理

4.1.3 機器状態復元

USPM システムでは, ユーザが別室に移動し機器の利用を止めた後, すぐに再入室したユーザに対して退室前へ状態復元を行なう.

本システムでは機器の中で実際に稼働している機能やその時々の機器の持つ情報を電力状態と区別して**詳細状態**と呼ぶ.

状態復元を行なうためにユーザ退室時の詳細状態情報を保持しておく必要がある. 本システムでは, ユーザが利用を中断した時点で各家電機器に現在稼働している機能の詳細状態情報 (**スナップショット**) を保持しておくよう要求する. 要求した本システムは退室したユーザとその時刻, 要求を出した機器の情報を保存し, 要求を受けた機器はスナップショットを要求を受けた時刻と共に保存する. 同じユーザが再び即時使用始めた場合に本シス

テムは以前の状態へ復元するよう要求する. 要求を受けた機器は復元する時刻のスナップショットを基に詳細状態の復元を行なう. 図 4.3 に機器状態復元処理の概念図を示す.

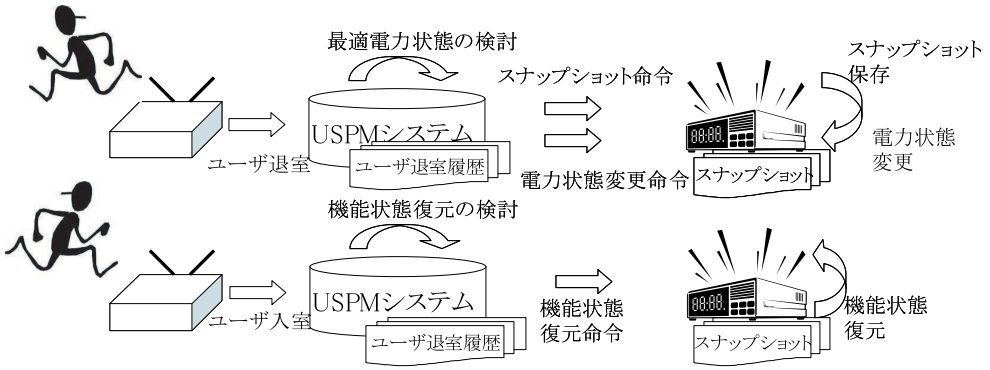


図 4.3: 機器状態復元処理

4.2 システム構成

本システムの構成をハードウェアとソフトウェアに分け, それぞれの構成要素を示す.

4.2.1 ハードウェア構成

USPM システムはホームサーバと位置情報センサ, 家電機器から構成される. ホームサーバ内に USPM サーバがあり, センサや家電機器を管理している. 家電機器内には USPM クライアントがあり,USPM サーバと通信する. USPM サーバは状況変化毎にセンサからユーザの位置情報を取得し, 家電機器から各機器の状態を取得する. 必要があれば USPM クライアントに要求を出して処理をさせる.

4.2.2 ソフトウェア構成

図 4.4 が示すように本機構のソフトウェアは USPM サーバ内のユーザ・デバイス管理部, 条件検索部, 状態復元部, 通信部と USPM クライアント内の通信部及び制御部から成る. 以降, 各部の機能説明を示す.

USPM サーバ

- ユーザ・デバイス管理部
  ユーザ・デバイス管理部は, 位置情報取得センサからユーザの移動情報を各家電機器

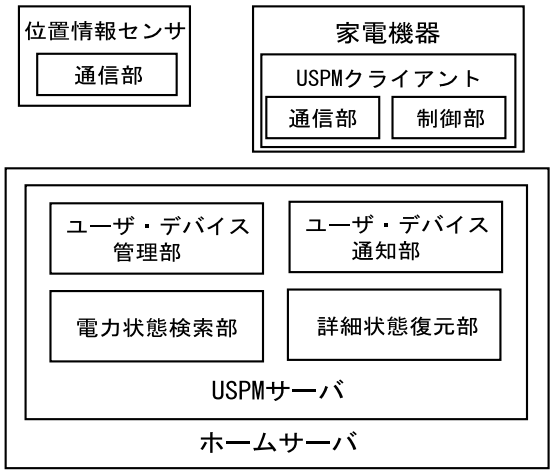


図 4.4: ソフトウェア構成図

からの機器自体の状態変化情報を取得する. 各変化情報を保管し, 各変化に応じて, 必要な処理を行なう.

- 不用状態検索部
  ユーザ位置や機器の状態変化と各機器のユーザ使用状態をマッピングした条件文を参照し, 各機器の状態を割り出す.

- 状態復元部
  スナップショットの有効期限を基に状態の復元を行なう.

- ユーザ・デバイス通知部
  各家電機器へ状態や状態復元の通知を行なう. またユーザに対して機器の稼働状態を通知する.

USPM クライアント

- 通信部
  自身の状態が変化した時にホームサーバへその旨を通知する. またホームサーバからユーザ状態変化通知や復元通知を受けとる.

- 制御部
  ユーザ状態変化通知や, 復元通知を基に制御を行なう.

4.3 動作概要

本機構は常にデバイス状況を監視しているが, ユーザが入退室と機器の状態が変化を動機として動作する. 図 4.5 にユーザ退室時の動作概要を示す. 図 4.6 にユーザ入室時の動作概要を示す. 図 4.7 に機器状態変化時の動作概要を示す.

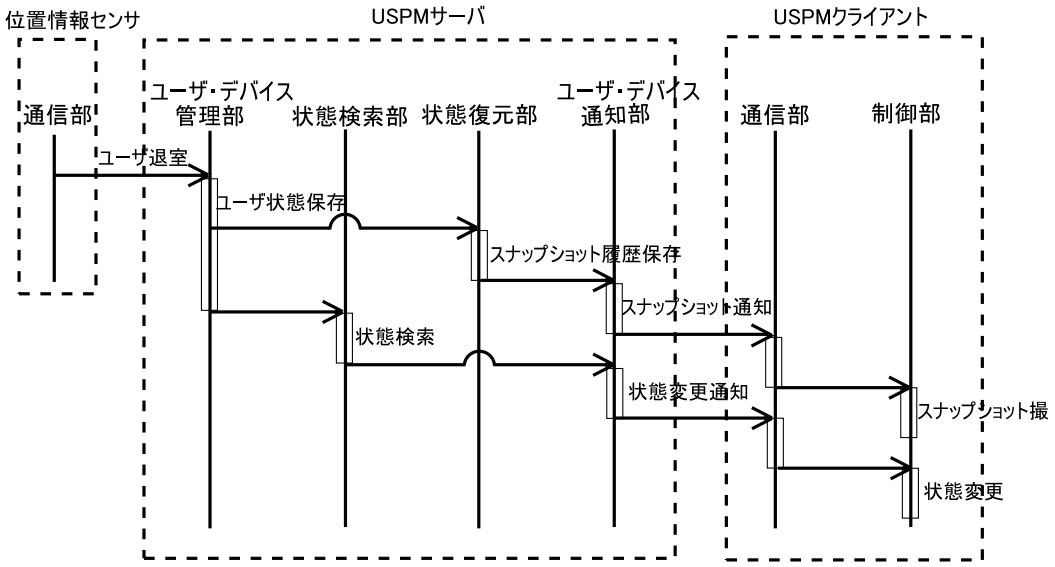


図 4.5: ユーザ退室時の動作

4.4 ユーザ・デバイス管理部

本節ではユーザ・デバイス管理部の設計について述べる. ユーザ・デバイス管理部はユーザの位置情報と家電機器の状態情報を取得し, それらを保存する.

4.4.1 デバイス情報定義

本研究では, 位置情報取得センサと各家電機器をあわせてデバイスと総称する. USPM サーバは各デバイスの名称とデバイスを設置している部屋の名称を記述した対応表を保持している. 対応表を基にデバイス名からその設置部屋を求めたり, 逆に特定の部屋にあるデバイスのリストを取り出すことができる.

4.4.2 ユーザ情報

各部屋に設置されている位置情報取得センサは各ユーザの入退室毎にサーバに向けて以下の情報を送信する.

- ユーザ名
- 入退室情報

サーバはデバイス情報定義から位置情報取得センサの設置部屋を参照し, 各ユーザが入退室した部屋を割り出す.

次に, サーバは各ユーザが現在存在している部屋を記録しておく.

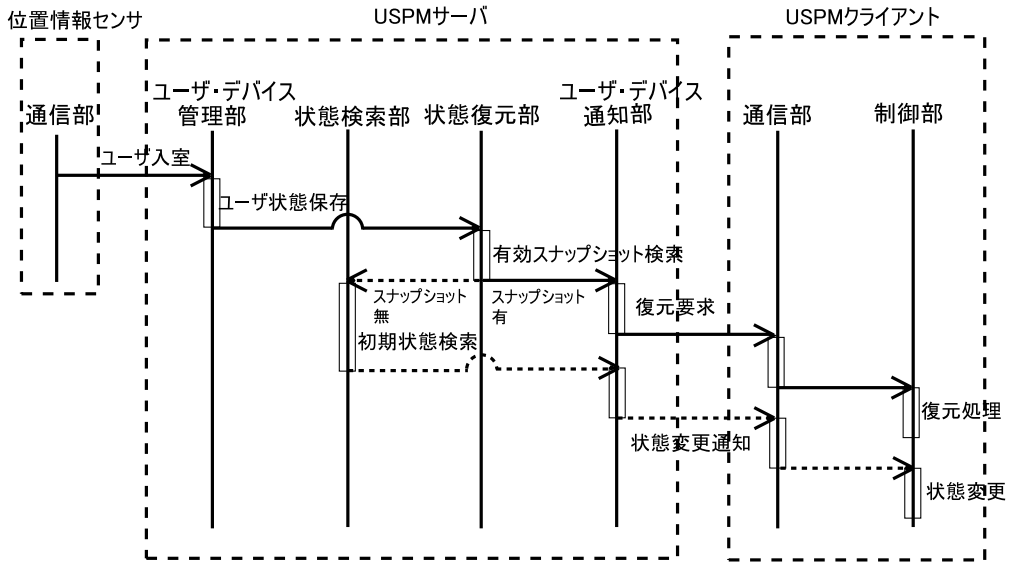


図 4.6: ユーザ入室時の動作

4.4.3 家電機器状態情報

各家電機器は状態が変化する毎にサーバに向けて変更後の状態を送信する. 各家電機器自身が知ることのできる状態変化は図 3.1 のうち「停止状態」「スタンバイ状態」と「稼働状態」である. 状態は変更中に通知を行う.「停止状態」についても機器停止中に通知機能が停止する直前に通知を行う.「省電力状態」は自身がその状態にあることをサーバに通知してもらうことによって知ることができる.

次に, サーバは各家電機器の状態を記録しておく.

4.5 状態検索部の設計

本節では状態検索部の設計について述べる. 状態検索部は本機構の中心的役割を果たす部である. ユーザの位置や機器の状態をキーとして各家電機器について条件に適合する状態を検索する. 現在の機器の状態と比較し, 検知した状態の中で電力消費量がより最小となる状態が見つかった場合にその状態を結果として返す. 図 4.8 に状態検索処理の流れを示す.

4.5.1 電力節減ポリシ

状態条件定義

ユーザの位置情報, 別の家電機器の状態情報毎にそれらが必要とする家電機器の状態を定義する. しかし基本的には機器の設置部屋とユーザの位置 (設置部屋内か外か) 関係から必要な機器状態を定義する. 図 4.9 が示すように機器設置部屋内にユーザがいる場合, 稼働

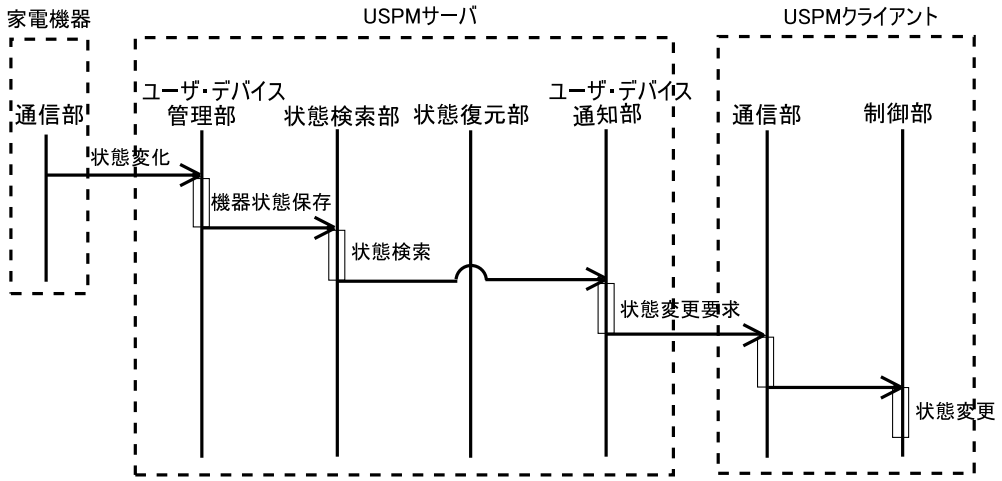


図 4.7: 機器状態変化時の動作

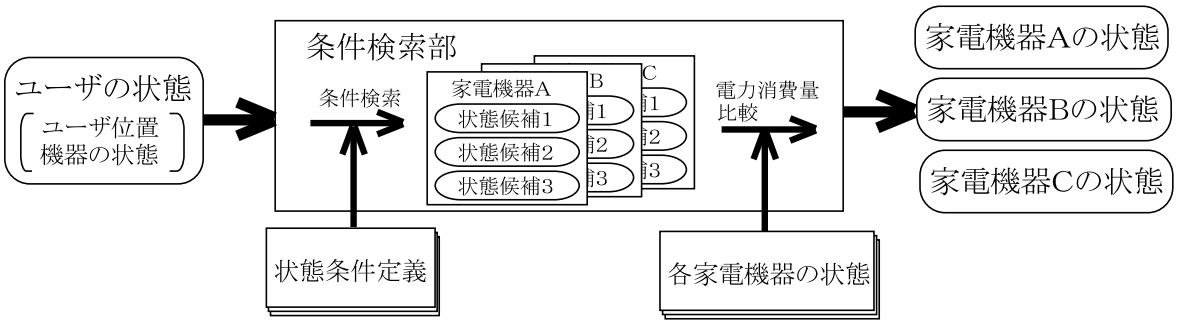


図 4.8: 状態検索処理の流れ

状態もしくはスタンバイ状態が必要な状態となる. 図 4.10 が示すように機器設置部屋外にユーザがいる場合, 省電力状態もしくは停止状態となる.

ユーザの位置情報だけではなく, 機器の状態情報を用いるなどして複数組み合わせることによって, ユーザの機器利用状況をより限定的に設定することができる. 例えば, ユーザが機器設置部屋外にいる時かつ部屋の中にある機器のほとんど全て停止している場合, 残りの機器も停止するという条件定義を行なうことができる.

共有機器

家電機器を特定のユーザしか使用しないものと複数のユーザが共有して使用するものに区別する. 前者の場合, 特定ユーザの状態のみから機器の状態変更を行なう. 後者の場合, 全てのユーザの状態を参照して機器の状態変更を行なう. 特定ユーザの状態が変化した際に, 全てのユーザの状態を参照し状態が変化した場合に条件検索を行なう. 全てのユーザの状態はユーザが退室しているといった情報を指す.

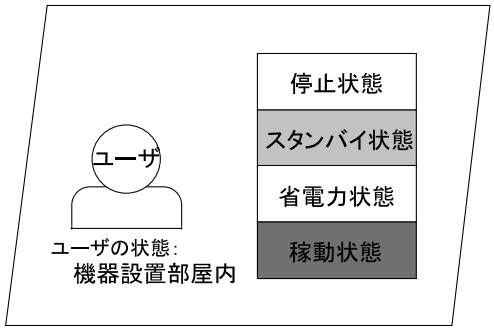


図 4.9: ユーザ位置:機器設置部屋内

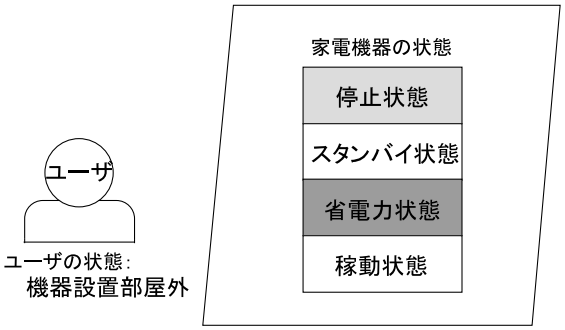


図 4.10: ユーザ位置:機器設置部屋外

状態変化

表 3.1 の状態は停止状態から稼働状態に向けて稼働率が高くなるため, 消費電力も高くなる. 電力を節約するために, 条件を満たす限りできるだけ消費電力量の少ない状態へ変更する. そのため基本的に図 4.11 の矢印のように状態変化を行なう可能性がある.

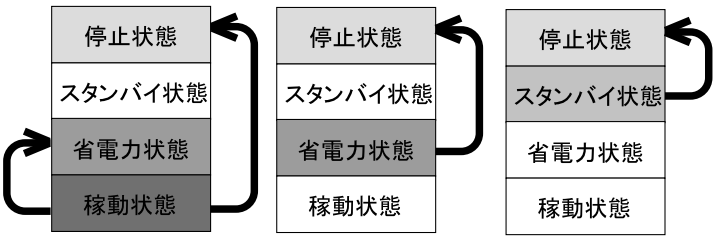


図 4.11: 状態変化 パターン 1

ただし図 4.12 のように状態変化を行なう場合もある. スタンバイ状態は家電機器を直接ユーザが使用していない時でも, 次に使い始める時に利便性を高くするため使われる. 例えばリモコンスイッチ起動機能などが稼働している状態である. そのためユーザが使い始める前にスタンバイ状態であることが望ましい. このため「停止状態」からユーザが使用を始める可能性がある場合に「スタンバイ状態」に状態変更をする.

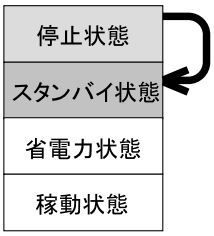


図 4.12: 状態変化 パターン 2

4.6 状態復元部

本節では状態復元部の設計について述べる. 状態復元部はユーザが機器設置場所から一時的に退室し, すぐに戻ってきた場合に機能する.

USPM サーバはユーザが退室した時に各家電機器へスナップショット要求を出し, 各機器に稼働状態のスナップショットをとらせる. その後, ユーザがすぐに再入室した場合, 復元要求を出す. 各家電機器はスナップショットを基に該当エリアに存在する全ての機器の復元を行なう. 状態復元部が復元する状態とは, 各機能の稼働を含めた詳細状態である.

4.6.1 スナップショット

サーバはスナップショットを要求した時に, **ユーザ名**, **スナップショット要求時刻**, ユーザの退室した**エリア名**をスナップショット履歴として保存しておく.

ユーザの状態変化から復帰までの時間をスナップショットには有効期限として定義しておく. 有効期限は各機器毎に設定する.

4.6.2 共有機器の状態復元

あるユーザの再入室に伴い, 状態復元をする. 複数のユーザが同室に存在した場合, そのユーザの退室後から再入室するまでの間に別のユーザが機器の状態を変更する可能性がある. そのため適切に状態を復元するためにどの状態を復元するかを考慮する必要がある.

状態の復元は本機構が自動的に状態変更した場合のみ復元処理を行なうため, 別のユーザが変更した状態を復元することはない.

あるユーザが使用していた機器について, 本機構が状態変更を行なった機器だけを状態復元するために, エリアにいる別ユーザの存在と別ユーザによる状況の継続性を考慮する.

別ユーザによる状況の継続

ユーザによる状況の継続とは, ユーザの退室後にユーザが使用していた部屋の状況を引続き使用したことがあることを指す. 状況を継続するユーザが存在した場合, そのユーザが継続したことを考慮する必要がある. ユーザが退室した後, 最後に退室したユーザは状況を

継続していたとみなせる.

ユーザが入室した場合, 図 4.13 に示す可能性がある. エリアに現在別ユーザがいない場合, ユーザが使用していた機器とユーザが退室した後から最後のユーザが退室するまでに変更された機器の状態を考慮すればよい. 現在エリアにいるユーザで状況を継続している場合は, 退室前の機器状態について本機構は介入していない, もしくは介入後他のユーザの入室により既に復元処理後であるため, 新たに復元処理をすることはない. 状態を継続していないユーザがいる場合は本機構が介入した可能性があり, その後の復元処理を行っていないことになる. そのため, 状態復元を行う. ただし, 現在スタンバイ以外の何らかの機能が稼働している場合, 稼働している機能は制御せず, 復元すべき機能を現在の状態に対して追加として稼働させる. 現在の状態と復元すべき状態が背反する場合, 現在の状態を優先する.

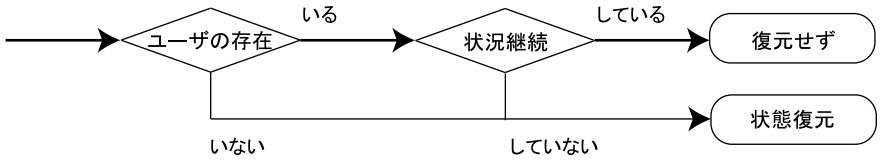


図 4.13: 状態復元

4.6.3 状態復元処理

ユーザが入室する毎にスナップショット履歴を参照し, 有効期限内のスナップショットの存在を確認する. スナップショットが存在する場合, 現在部屋の中に存在するユーザがスナップショットを撮った状況を引き継いでいるか否かを確認する. 引き継いでいない場合, 状況を引き継いでいた最後のユーザが退室した時刻を探し, ユーザ退室時刻とともに家電機器へ通知, 復元処理をさせる. 図 4.14 は状態復元処理の流れを示す.

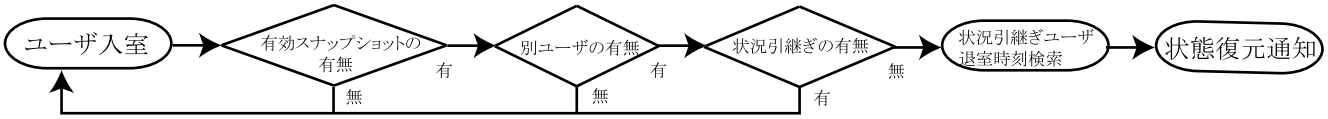


図 4.14: 状態復元処理

4.7 ユーザ・デバイス通知部

本節ではユーザ・デバイス通知部の設計について述べる.

ユーザ・デバイス通知部は状態検索部や状態復元部の結果を各デバイス又はユーザに通知する機能を持つ.

4.7.1 家電機器通知

家電機器に通知する種類は表 4.1 の通りである.

表 4.1: 家電機器への要求の種類

要求の種類	送信情報
スナップショット要求	要求メッセージ
状態変更要求	変更後の状態
状態復元要求	ユーザ退室時刻, 最後のユーザ退室時刻

スナップショット要求はユーザ退室時に必ず状態復元部から出される.

状態変更要求はユーザの状態変更時に状態検索部の結果として変更すべき状態が見つかった場合に出される. 変更要求する状態名を通知する.

状態復元要求は状態復元部から出される. ユーザ入室時に復元すべきスナップショットを探し, 復元する必要がある時に出される. ユーザの退室時刻, またユーザ退室時の状況を引き継いだユーザが退室した時刻を通知する.

4.7.2 ユーザ通知

ユーザの状態が変化した時に状態変更を行う代わりにユーザに通知をすることができる. これにより, システムによる強制的な状態変更を行う前にユーザに状態変更の判断を問い合わせることができる.

通知する内容は変更判断が必要な機器の名称とその状態である. フィードバックが返された場合に変更を行う. 何も返されない場合はそのまま待機する. フィードバックとして復帰時間を返すことがある. これはユーザが再び機器を使用し始めるまでの時間である. サーバは状態を変更した後, 指定された時間が経過した後, 状態復元を行う.

4.8 家電機器内ソフトウェアの設計

家電機器内にはサーバと通信を行う通信部と実際の制御を行う制御部が必要である. 以下にそれぞれの設計を示す.

4.8.1 通信部

サーバと通信を行う. 通信内容は以下の通りである.

- 状態変更通知
  状態変更毎にサーバへ向けて変更後の状態を通知する. ただし家電機器が自ら知ることのできる状態は「停止状態」「スタンバイ状態」「稼働状態」である. 家電機器

は機能の稼働状況と各状態の対応を知っており, 機能の稼働状況から各状態の変化を知る.

- 各種要求受付
  サーバから通知される要求を受け付ける. 要求の内容は表 4.1 の通りである. 各要求を制御部に伝え処理をさせる.

4.8.2 制御部

サーバからの要求を基に, 各種の処理を行う. 処理の種類は以下の通りである.

スナップショット撮影

各機能の稼働状況を撮影時刻とともに保存する.

状態変更

各状態毎に稼働させて良い機能の一覧を参照し, 変更後に不用な機能を停止することによって状態変更を行う.

状態復元

ユーザの退室時刻と退室時の状況を引き継いだユーザの退室時刻についてそれぞれのスナップショットの論理積をとり, 結果としてでた機能を稼働させることによって状態復元を行う. その時現在稼働している機能と背反する機能が結果としてでた場合は, その機能は稼働させない.

4.9 本章のまとめ

本章では,USPM システムの設計について述べた.USPM システムはユーザの状況としてユーザの位置情報, 機器の使用状況を用いる. ユーザの状態毎に各家電機器の必用条件を定義する. ユーザの状態変化毎に各家電機器の条件を参照し, 変更すべき状態を探し, 状態変更を行う. システムが自動的に変更した機器についてはユーザがすぐに元の状態に戻ったときに状態復元を行う.

第5章

USPMシステムの実装

本章ではUSPMシステムの実装について述べる.本論文ではUSPMサーバを実装した.USPMサーバ内の各機能と処理の流れを説明する.

5.1 実装環境

前章で設計した USPM システムの USPM サーバを実装した. 実装にはマルチプラットフォーム性を確保するため Java 言語を用いた. また各部で必要な情報を保管するためにデータベースを利用した. USPM サーバと各デバイスとはサーバクライアント型通信を行ない, その際 TCP のソケットを用いる.

5.2 ユーザ・機器管理部

ユーザ・機器管理部は各デバイスから状態変更毎に送信されるデータを受信し, 保管するという役割を持つ. データの送信元は家電機器と位置情報取得センサの 2 種類がある. 家電機器からは各々の機器について表 3.1 に応じた状態をデータとして受信する. 位置情報取得センサからはユーザ毎にセンサ検知エリアからの入退出情報をデータとして受信する.

各デバイスを監視し, 送られてくるデータを受信する DeviceMonitor クラス, 情報を保存するためのデータベーステーブル, 情報の保管を行なう Manager クラスから成り立つ. またその際デバイスの設置場所等を登録しておいた DeviceDefinition テーブルを使用する. 以降に詳細を説明する.

5.2.1 DeviceMonitor クラス

DeviceMonitor クラスはデバイスを監視し, 状態の変更毎に機器から通知される情報を受信する. デバイスから送られてくるデータは**デバイス名**と**状態名**である. 各々を 1 つのパケットとして受信する. デバイスが家電機器の場合, 状態名パケットには変更後の状態を入れ, デバイスが位置情報センサの場合は状態名パケットに移動したユーザ名と入退室情報を入れる.

表 5.1 に家電機器の場合と位置情報取得センサの場合のデータ内容を記す.

表 5.1: デバイスデータの例

デバイス名	状態
video	save
light	stop
sensor1	aiko,enter
sensor2	tomoko,leave

各デバイスからデータを受信した後は, 家電機器から通知される各家電機器の情報と位置情報取得センサから通知される各ユーザの入退室情報を Manager クラスの change メソッドを使用して保存する.

5.2.2　テーブル定義

ユーザ・機器管理部で使用するデータベーステーブルはデバイスの設置場所等を定義した DeviceDefinition テーブル, ユーザの現在の位置を保存した UserLocation テーブル, 各家電機器の状態を保存した DeviceState テーブルの 3 種類である.

DeviceDefinition テーブル

DeviceDefinition テーブルには各デバイスの基本的な情報を保存しておくテーブルである. **デバイスの名称**,USPM サーバと通信を行なう際に使用する **IP アドレス**と**ポート番号**, **デバイスの設置場所の名称**である. また状態復元処理を行なう際に用いる**復元期限**を記述する. 復元期限情報については後述する. 表 5.2 に定義内容例を記す.

表 5.2: DeviceDefinition テーブル内容例

Device	Address	port	Area	ReturnTime
video	133.27.171.225	10001	sslab	1800
light	133.27.170.152	10005	sslab	1800
sensor1	133.27.170.154	10010	sslab	-1

UserDefinition テーブル

UserDefinition テーブルはユーザに通知を行なう通知先情報を保管する. **ユーザの名称** ,USPM サーバと通信を行なう際に使用する**アドレス**である. 今回, ユーザ通知はユーザへメールを送信するよう実装した.

表 5.3: UserDefinition テーブル内容例

User	Address
aiko	aiko@uspm.ht.sfc.keio.ac.jp
tomoko	tomoko@uspm.ht.sfc.keio.ac.jp

UserLocation テーブル

UserLocation テーブルはユーザとユーザが現在存在するエリアの名称を保存しておく. 保存する内容は**ユーザ名**と**エリア名**である. ユーザのエリア移動に伴って書き換える. ユーザのエリア退出によってデータベースエントリを消去し, 入によりエントリーを追加する. 表 5.4 は UserLocation テーブルの内容例である.

表 5.4: UserLocation テーブル内容例

User	Area
aiko	sslab
tomoko	kitchen

AppState テーブル

AppState テーブルは各家電機器とその状態を保存する. 保存する内容は**家電機器名**と**状態名**である. 家電機器から受信した変更後のデータを元に状態を保存する. 状態名は表 5.5 の通りである.

表 5.6 に AppState テーブルの内容例を記す.

表 5.5: 状態名

状態	状態名
停止状態	stop
スタンバイ状態	initial
省電力状態	save
稼働状態	active

表 5.6: AppState テーブル内容例

Device	State
video	stop
pdp	active

5.2.3 データ管理クラス

保管するユーザと機器に関する情報は **UserLocationManager クラス**と **AppStateManager クラス**を用いてデータの削除, 追加, 変更, 取得等の処理を行なう. 以下のそれぞれの機能を示す.

UserLocationManager クラス

UserLocation テーブルを管理する. 表 5.7 に UserLocationManager のメソッド一覧を示す.

delete メソッドは引数として渡されたユーザがエリアを退出した時に使用され, UserLocation テーブルの該当エントリーを消去する.

表 5.7: UserLocationManager クラスのメソッド

public void delete(String user,String area);
public void record(String user,String area);
public boolean checkUser(String area);
public String[] getUsers(String area);

record メソッドは引数として渡されたユーザがエリアに現れた時に使用され, UserLocation テーブルの該当エントリーを追加する.

checkUser メソッドは引数として渡されたエリアにユーザがいるかいないか boolean 値を返す. 状態管理部で使用される.

getUsers メソッドは引数として渡されたエリアに存在するユーザを String 配列として返す. 状態管理部で使用される.

AppStateManager クラス

AppState テーブルを管理する. 表 5.8 に AppStateManager のメソッド一覧を示す.

表 5.8: SppStateManager クラスのメソッド

public void change(String device,String state);
public String getState(String device);
public boolean checkAllDevice(String state,String area);

change メソッドは引数で渡されたデバイスの状態が変更された時に使用され, 引数の状態に変更する.

getState メソッドは引数で渡されたデバイスの状態を String 値として返す. 状態検索部で使用される.

checkAllDevice メソッドは登録されているデバイス引数で渡されているエリアにある全ての機器の状態が引数の状態であるかどうかを boolean 値として返す.

5.3 状態検索部

状態検索部の役割はユーザの位置変化, 機器の状態変化に応じて, 各機器の状態条件定義を見直し, 条件に適合する中で電力消費量が最小となる状態を結果として返す. 条件定義は Condition テーブルに保存し,ConditionChecker クラスを用いて条件検索を行なう.

5.3.1 Condition テーブル

Condition テーブルは状態条件定義を記録しておくテーブルである. 表 5.9 に状態条件テーブルの内容例を示す. 各デバイスの状態毎に必要な条件を記述していく. 必要なデバイス名としてユーザ名もしくは家電機器の名称 (**conditionname**) とその状態 **conditionstate** について条件の適合性 **conditionadjust** を真偽値で定義する. さらに条件を組み合わせる場合は **moreconditon** 値に真値を設定する.**noticetime** は直接機器を制御するのではなくユーザに通知を行なうために設定する. ユーザ通知を行なう時間を秒単位で指定する. ユーザ通知ではなく機器制御を行なう場合はマイナスの値を指定する.

USPM システムは電力節減を目的とするため,4.5.1 電力消費量の低い状態への移行をサポートする. 状態条件定義は必要な機器について「停止状態」と「省電力状態」の定義を行ない「稼働状態」については定義をしない. ただし, 必要な機器のみ「スタンバイ状態」の定義を行なう.

表 5.9: Condition テーブルの内容例

device	state	conditionname	conditionstate	conditionadjust	morecondition	noticetime
pc	save	aiko	exist	false	false	-1
light	save	anybody	exist	false	false	-1
video	save	anybody	exist	false	false	-1
aircon	save	anybody	exist	false	false	600
video	stop	anybody	exist	false	true	-1
video	stop	anydevice	stop	true	true	-1
display	initial	anybody	exist	true	false	-1
video	initial	anybody	exist	true	false	-1

5.3.2 ConditionChecker クラス

家電機器の状態, ユーザの位置を検索キーとして適合するデバイスと変更すべき状態を返す. 表 5.10 に ConditionChecker クラスのメソッド一覧を示す.

getStopDevicesNoMore メソッドの返り値は「停止状態」にすべき機器の名称一覧の String 配列である. その際, 引数として渡されたユーザとエリアについて「ユーザがエリアを退室した」という条件と「他に組み合わせる条件がない」という条件で検索をかける.

getStopDevicesMore メソッドの返り値は「停止状態」にすべき機器の名称一覧の String 配列である. その際, 引数として渡されたユーザとエリアについて「ユーザがエリアを退室した」という条件と「他に組み合わせる条件がある」という条件で検索をかける.

getSaveDevicesNoMore メソッドの返り値は「スタンバイ状態」にすべき機器の名称一覧の String 配列である. その際, 引数として渡されたユーザとエリアについて「ユーザがエ

表 5.10: ConditionChecker クラスのメソッド

public String[] getStopDevicesNoMore(String user,String area);
public String[] getStopDevicesMore(String user,String area);
public String[] getSaveDevicesNoMore(String user,String area);
public String[] getSaveDevicesMore(String user,String area);
public String[] getInitialDevices(String user,String area);
public int getNoticeTime(String device,String state,String user);
public boolean checkMoreDevicefromState(String device,String state,String user);

リアを退室した」という条件と「他に組み合わせる条件がない」という条件で検索をかける.

getSaveDevicesMore メソッドの返り値は「スタンバイ状態」にすべき機器の名称一覧の String 配列である. その際, 引数として渡されたユーザとエリアについて「ユーザがエリアを退室した」という条件と「他に組み合わせる条件がある」という条件で検索をかける.

getInitialDevices メソッドの返り値は「初期状態」にすべき機器の名称一覧の String 配列である. その際, 引数として渡されたユーザとエリアについて「ユーザがエリアを入室した」という条件から検索をかける.

getNoticeTime メソッドの返り値はユーザに通知を行う時間である. 引数として機器名, 変更すべき状態名, ユーザ名を用いる. それらに適合するエントリーについてユーザ通知時間を返す.

checkMoreDevicefromState メソッドは別の機器の状態を条件とする状態についての妥当性を検討する. ユーザの位置から条件を検索したもののうち, 条件の複数組み合わせによって別の機器の状態も考慮しなければならないものについて, 機器の現在の状態を DeviceState 情報を用いて確認する. 引数で渡した機器名, 変更すべき状態名について, 別の機器の状態が条件指定されている場合, その機器名と条件となる状態名を Condition テーブルから検索する. 検索結果を用いて実際に DeviceState テーブルから現在の機器の状態を確認し, 条件に合致するのであれば真の値を返す. 合致しない場合は偽の値を返す.

5.4 状態復元部

状態復元部はユーザがエリアを退室した時に各機器に対してスナップショット命令を発行し, その時刻を **SnapshotRzecord テーブル**に保存する. ユーザが入室した時は SnapshotRecord テーブルと DeviceDefinition テーブルを参照し, 状態回復の必要性を確認する. 必要があれば各機器に対して復元通知するために必要な情報を集める. 集めた情報は **RestoreMsg クラス**型にまとめる. Snapshot 命令発行時刻の登録や時刻引きだしには **SnapshotRecordManager クラス**を用いる.

5.4.1 SnapshotRecord テーブル

表 5.11 に SnapshotRecord テーブルの内容例を示す. SnapshotRecord にはユーザの移動した**エリア名**, **時刻**, **ユーザ名**を記録する.

表 5.11: SnapshotRecord テーブルの内容例

Area	TimeStamp	User
sslab	2003-1-1 10:00:00	aiko
sslab	2003-1-1 9:30:00	tomoko

5.4.2 SnapshotRecordManager クラス

SnapshotRecordManager クラスは SnapshotRecord テーブルについてデータの登録や取得を行なう管理クラスである. 表 5.12 に SnapshotRecordManager クラスのメソッド一覧を示す.

表 5.12: SnapshotRecordManager クラスのメソッド

public void record(String area,String user);
public java.util.Date getTimeStamp(String user,String area);
public java.util.Date getTimeStamp(String area);
public boolean checkTime(String[] users,String area,java.util.Date before,java.util.Date last);

record メソッドは現在の時刻を取得し, 引数のユーザとエリアとともに SnapshotRecord レコード の登録を行なう.

getTimeStamp メソッドはそれぞれの引数を元に検索をかけその TimeStamp 値を返す.

checkTime メソッドは引数の 2 つの時刻の間にあるエントリーを探し, それが引数のユーザと合致するか否かを判断する. ユーザと合致する場合は真, しない場合は偽の値を返す.

5.4.3 RestoreMsg クラス

RestoreMsg は機器に復元命令を行なう時に通知内容の型である. RestoreMsg は 3 つの変数を持つ.Date 型の**ユーザ退室時刻**, **最後のユーザ退室時刻**と**状況を継続したユーザの在不在**を boolean 値として保持する.

5.4.4 有効スナップショットの検索方法

有効スナップショットの検索はユーザが該当エリアに入室した際に行なわれる.

まずユーザが該当エリアに最後に退室した時刻を SnapshotRecordManager クラスの getTimeStamp メソッドを用いて取得する.

次に, 該当エリアを最後に退室したユーザの時刻を同じく getTimeStamp メソッドを用いて取得する.

現在, 該当エリアに存在する別のユーザの存在を UserLocation テーブルから探す. 別のユーザがいる場合には真の値を, いない場合には偽の値を登録する.

5.5 機器・ユーザ通知部

機器・ユーザ通知部は状態検索部や状態復元部の結果を各機器もしくはユーザ自身に通知する役割を持つ. 通知処理は **DeviceNotifier クラス**と **UserNofifier クラス**を用いて行なう. その際 **Message クラス**型を通知内容として送信する. 通知処理を行なう際に通知先アドレス等が必要となる. 通知先アドレスは DeviceDefinition テーブルや **UserDefenition テーブル**を **UserID** 用いて **DeviceId クラス**型や **UserId クラス**型として取得し, 各部間で受渡しを行なう.

5.5.1 定義クラス

各部間, サーバクライアント間で通信する際に利用する定義クラスを述べる.

DeviceId クラス

クラスの内容は**デバイス名称**,**IP アドレス**, **ポート番号**である. 各機器について通信に必要な内容を保管するクラスであり, 他のモジュール間で受渡しをされる.

Message クラス

Message クラスは各機器へ通知する要求内容である. 通信は Message クラス型のままで行なわれる. クラスの内容は String 型でメッセージを必ず持ち, 必要に応じて RestoreMsg クラスも保存できる. メッセージの内容は表 5.13 の通りである. 状態変更通知の場合は変更希望の状態をメッセージ内容とする.

5.5.2 Notify クラス

以下の 2 つのクラスは機器もしくはユーザに通知する機能を持つ.

表 5.13: Message クラス内容一覧

通知の種類	String message	RestoreMsg msg
スナップショット命令	snapshot	無し
状態変更	save	無し
状態復元	restore	有り

DeviceNotifier クラス

機器に通知するクラスである.**NotifyDevice メソッド**を持つ. NotifyDevice メソッドの引数は Message クラス型と DeviceId クラス型である. DeviceId クラス型に保存されている通信先へ Message クラス型を送る. 通信は TCP ソケットを用いたサーバクライアント通信を行なう.

UserNotifier クラス

ユーザに通知するクラスである.**NotifyUser メソッド**を持つ. NotifyUser メソッドの引数は機器の名称, 状態, 通知するユーザのアドレスである. ユーザに機器の名称と状態を記述した電子メールを送る.

5.6 サーバ処理の流れ

ユーザの移動または家電機器の状態変化の通知を受けることから,USPM サーバの処理が始まる. ユーザの移動と家電機器の状態変化は大きく分けて 3 パターンの処理の流れがある. パターン毎に処理の流れを説明する.

5.6.1 ユーザのエリア退室

ユーザがエリアを退室することでサーバ内の退室処理が始まる. 退室処理は, まずスナップショット要求を家電機器に送信し, 次に, 各種テーブル更新をする. その後, ユーザがエリアから退室したという条件で, 状態検索処理を行なう. 条件に適合する状態が見つかった時に, 状態変更要求を該当する家電機器に送信する. またエリア内の他のユーザの存在を確認し, ユーザがいない場合, ユーザがエリア誰もいないという条件で状態検索処理を行ない, 必要があれば状態変更要求を出す.

図 5.1 にユーザ退室時の処理の流れを示す.

```
public void leaveOperation(){
    //1.area の機器を検索,snapshot 命令
    requireSnapshot(area);

    //2.snapshot テーブルに 時間を登録
    SnapshotManager ssm = new SnapshotManager();
    ssm.record(area,user);

    //3.ユーザ所在テーブル更新
    UserLocationManager ulm = new UserLocationManager();
    ulm.delete(user,area);

    //4.状態検索
    search_changeStates(user,area);

    //5.他のユーザ確認
    if(ulm.checkOthersAre(area)){  //他のユーザがいない
        //条件検索
        search_changeStates("anybody",area);
    }
}
```

図 5.1: LeaveOperation の流れ

5.6.2 ユーザのエリア入室

ユーザがエリアに入室することでサーバ内の入室処理が始まる．入室処理は, 初めに UserLocation テーブルの登録をする. 次に状態復元が必要な家電機器を検索し, 復元命令を送信する. 状態復元を行なわなかった機器については, 初期状態への変更の必要があるかを確認する. 必要があれば状態変更要求を出す. 図 5.2 にユーザ入室時の処理の流れを示す.

```
public void enterOperation(){

    //1. ユーザ所在テーブル更新
    UserLocationManager ulm = new UserLocationManager();
    ulm.record(user,area);

    //2. 復元できるデバイスを検索, 復元命令送信
    EnterOpHandler eoh = new EnterOpHandler(user,area);
    String[] devices=eoh.restore();

    //3. デバイスがなかった時　必要があれば初期化
    eoh.initial(devices);
}
```

図 5.2: EnterOperation の流れ

5.6.3 家電機器の状態変化

家電機器の状態が変わり, 変更情報をサーバ受信した時点で機器状態変化時の処理が始まる. 機器状態変化時の処理はまず DeviceState テーブルの更新を行なう. 次に該当機器の状態変化というキーから状態検索をかける. 変更すべき状態が見つかったら状態変更要求を送る. 図 5.3 に機器状態変化時の処理の流れを示す.

5.7 本章のまとめ

本章では USPM システムの実装を行なった.USPM サーバはユーザ・機器管理部, 状態検索部, 状態復元部, ユーザ・機器通知部に分かれた機能がある. また USPM システムはユーザの退室, ユーザの入室, 機器の状態変化を検知,USPM サーバに通知を受けることによって処理を行なう.

```
public void statechangeOperation(){

    //1.機器状態テーブル更新 →他クラス
    DeviceStateManager dsm = new DeviceStateManager();
    dsm.change(device,state);

    //2.条件検索
    ConditionChecker cc= new ConditionChecker(device,state,false);
    cc.checkSaveStop();
}
```

図 5.3: StateChangeOperation の流れ

第6章

評価と考察

本章では USPM システムの評価について述べ, 考察する.

6.1 評価方針

USPM サーバを稼働させたときに各処理にかかる所要時間と本機構を使用した場合の省電力効果の 2 点について評価を行なう.

6.2 評価環境

評価を表 6.1 に示す環境で行った.

表 6.1: 測定環境

項目	実装環境
CPU	450MHz
メモリ	256MB
オペレーティングシステム	Linux2.4.18
言語	JDK1.4.1_01
リレーショナルデータベース	PostgreSQL7.2.3

6.3 処理所要時間

USPM サーバの処理所要時間を評価した. 今回は USPM サーバ内の処理のうち, ユーザの退室に関する処理とユーザの入室に関する処理を計測した. 計測は各処理を 20 回繰り返し, その平均をとった.

図 6.1 はユーザの退室処理にかかる時間を示したものである. ユーザの退室処理はスナップショット要求, テーブル更新, 状態検索の 3 つがある. 状態検索については該当するユーザが退室したという条件の他に退室したユーザが最後のユーザだった場合について, 全てのユーザが退室したという条件で検索を行ない直す.

図 6.2 はユーザの入室処理にかかる時間を示したものである. ユーザの入室処理はテーブル更新, 状態復元処理を行ない復元がなされなかった機器についてスタンバイ状態検索を行なう.

グラフからデータ管理に処理がかかっている様子が分かる. 今回, データ管理に汎用性の高い PostgreSQL を使用したが, これによって処理時間がかかっていると考えられる. このため本システムに適したデータ管理を行ない処理効率を高めるよう改善する余地があると言える.

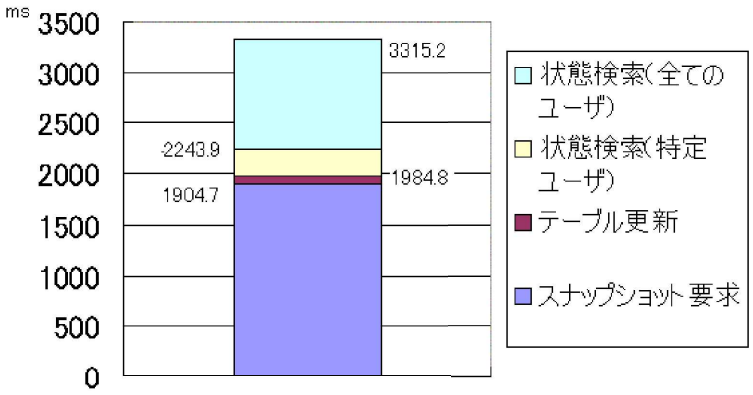


図 6.1: ユーザの退室に関する処理

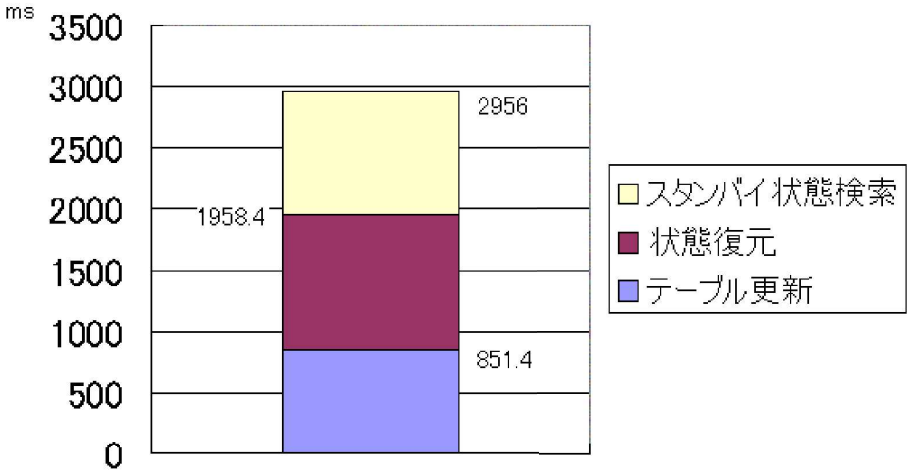


図 6.2: ユーザの入室に関する処理

6.4 省電力効果

本機構が稼動することによる省電力効果を示す. 評価シナリオを基に一般的なユーザが機器を使用した場合, 電力を浪費するユーザが機器を使用した場合, 一般的なユーザが USPM システムを使用した場合と 3 つの状況での電力消費量を比較する.

評価シナリオ

測定時間内で一人のユーザがある部屋を図 6.3 のように移動するというシナリオを考える. 縦軸方向に線が描かれている時はユーザが部屋間を移動している時であり, 横軸方向に線が描かれている時はユーザが部屋間を移動していない時である. 縦軸上 2 種類の位置のうち上部はユーザが部屋の中にいる時を指し, 下部はユーザが部屋にいない時を指す. ま

た,t0-t1 間と t2-t3 間は機器を利用しており,t1-t2 間,t3-t4 間 t4-t5 間は利用していない.

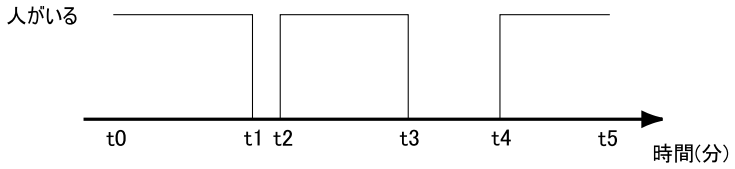


図 6.3: ユーザの移動

t1-t2 間は USPM システムにおける機器の復元対象時間である. 時刻 t1 で機器を稼動させたまま退室し, 時刻 t2 で再び入室した場合,USPM システムによって一時状態変更された機器の状態を復元する. 一方,t3-t4 間は USPM システムにおける復元対象時間を外れる. 時刻 t3 で機器を稼動させたまま退室し, 時刻 t4 に再入室しても時刻 t3 の時点の機器の状態復元は行わない.

ケース比較

前述のシナリオにおいて, 3 つのケースを想定し, 各ケースにおける消費電力の変動を示す. ユーザはしばらく機器を利用していない場合に機器を停止する方法として, 機器をスタンバイ状態にし, ユーザが手動で完全に機器を停止させる, 停止状態にすることはないと想定する. このため消費電力の変動図において消費電力の軸はスタンバイ状態時に消費する電力を初期値とし, それより多い場合は正の値, 少ない場合は負の値をとるとする.

一般的なユーザ

図 6.4 に一般的なユーザが使用した場合の消費電力の変動を示す. 一般的なユーザは一時的に機器を使用しないときは機器を稼動させたままにする.

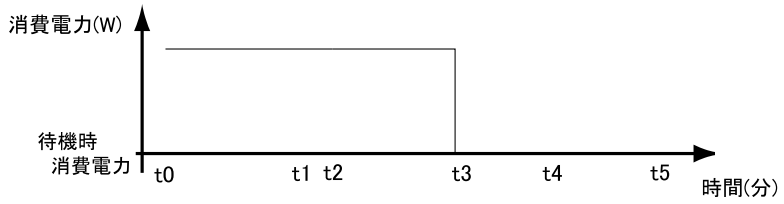


図 6.4: 一般的なユーザ

一般的なユーザの場合,t1-t2 間に一時退室したにも関わらず機器を稼動させたままにする. 長い間退室する t3-t4 間は一度機器をスタンバイ状態にする.t4 以降も利用しないため機器を稼動させることはない. このため t3 までは機器を稼動させたままであり消費電力は正の値を持つ.t3-t4 間は機器を停止状態にユーザが再入室した t4-t5 は待機時電力とする.

電力を浪費するユーザ

図 6.5 に電力を浪費するユーザが使用した場合の消費電力の変動を示す. 電力を浪費するユーザは全く機器の制御を行わない. ユーザが使用していても使用していなくても機器を稼動させたままの状態でおく.

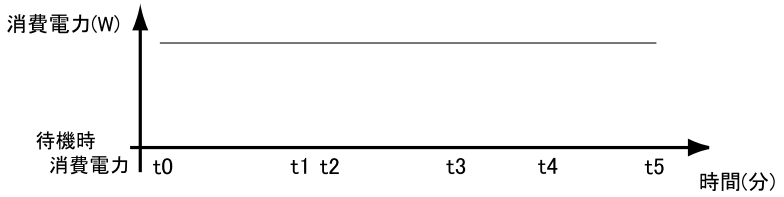


図 6.5: 電力を浪費するユーザ

電力を浪費するユーザの場合, 機器を一度稼動させた後は常に稼動させたままである. このため機器の消費電力は常に正の値をとる.

USPM システム使用

図 6.6 に一般的なユーザが USPM システムを使用した場合の消費電力の変動を示す.

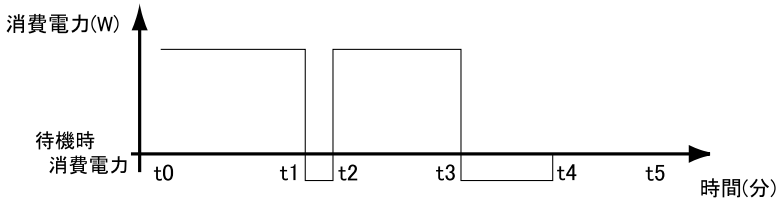


図 6.6: USPM システム使用

USPM システム使用時にユーザが退室した場合, 機器の状態を停止状態に変更する. このため t1-t2 間,t3-t4 間の消費電力は負の値をとる.

消費電力量比較

図 6.7 に各ケースについて消費電力量を示し, 以降に累積消費電力量の計算式を示す.

機器を稼動状態にした時の消費電力を a, スタンバイ状態にした時の消費電力を b とする.一般的なユーザのケースにおける消費電力量を S_b, 電力を浪費するユーザのケースにおける消費電力量を $S_w, USPM$ システム使用時の消費電力量を S_uとする.各値は以下のようになる.

- 一般的なユーザ
  $S_b = a\sum_0^3 t_i + b\sum_3^5 t_i$

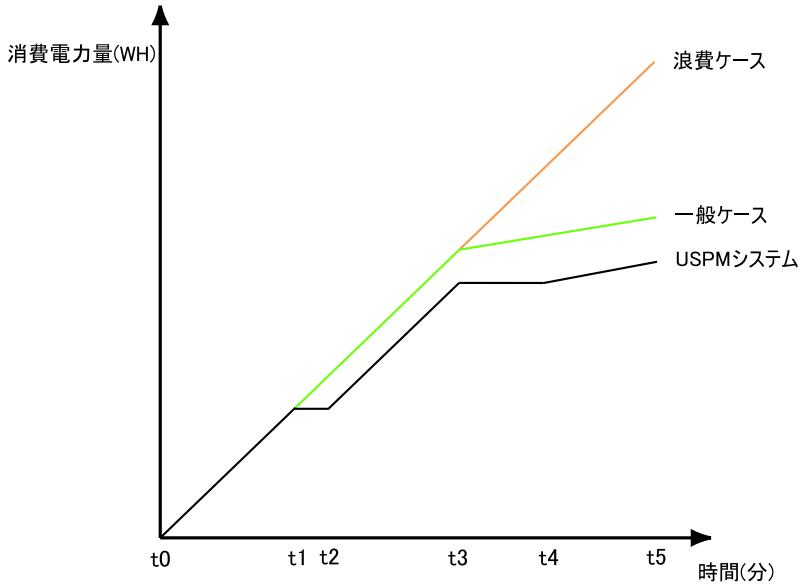


図 6.7: 消費電力量比較

- 電力を浪費するユーザ
  $S_w = a\sum_0^5 t_i$
- UPSM システム使用
  $S_u = a(\sum_0^1 t_i + \sum_2^3 t_i) + b\sum 4^5 t_i$

表 6.2 のように各値を想定すると各ケースの消費電力量は表 6.3 となる.

表 6.2: 想定値

t1	t2	t3	t4	t5		a	b
10	15	55	100	120		170w	0.4w

表 6.3: 消費電力量

一般的なユーザ	電力を浪費するユーザ	USPM システム
156Wh	340Wh	142Wh

この結果から分かるように USPM システムは省電力効果が十分あると言える.

6.5 本章のまとめ

本章では,USPM システムの評価を 2 つの方法で行なった. 1 つ目は USPM サーバを用いた場合の所要時間と省電力効果を計測した．所要時間からデータ管理について改善余地があることが分かった．省電力効果についてはシナリオを想定し, 本機構を稼働させた場合に一般のユーザが省電力を行なうよりも効果をあげることが示された.

第7章

まとめ

7.1 今後の課題

本節では USPM システムの今後の課題について述べる.

7.1.1 機器登録の簡易化フレームワーク

USPM システムは節電のための機器情報や状態条件を定義する際, ユーザが手動でデータベースに登録しなければならない. これらの登録作業をユーザが全て行なうことは負担である. 状態条件は本来, ユーザが使用する機器の使用方法に合わせて登録する方が良いが, 機器情報やどのユーザにも一般的に適応できるような条件は本機構や家電機器事前に組み込むことにより登録を自動化することが望ましい. 家電機器メーカに提供する条件定義に必要な共通フレームワークを構築するなどユーザが容易に調整できる仕組みを作る必要がある.

7.1.2 本機構が消費する電力量の削減

本機構を稼働させるため, ホームサーバや位置情報センサ, 家電機器の消費電力がかかる. センサについてはユーザの移動を感知するため常に稼働させる必要があり大量に消費電力がかかる, またサーバの消費電力量は 1 つの家電機器の消費電力量と同等以上であり, 電力節減効果の妨げとなる. このため, 不用な時にサーバやセンサを電力消費量を下げるよう対策する必要がある.

7.1.3　既存技術との連携

本論文で紹介したように, 家庭内で機器を統合的に管理するための技術が多く研究されている. これらを用いることで家庭内の機器管理が容易になる. 本機構はこれらと連携することで効率良く導入, 管理することができる. 今後, 家庭内で普及させるためにはできるだけ導入, 管理コストを押える必要があるため, これらと連携させることが望ましい.

7.2　まとめ

本論文では, ユーザの機器利用状況に基づく電力管理機構である **USPM システム**を提案し, 設計と実装評価を行なった.

近年, エネルギー増加が問題となっており, 特に家庭内の電力消費量を節減する必要があると言われている. 家庭内電力節減のためには不用とされている家電機器の消費電力を押えることが望ましい. このためにはユーザが意識しこまめに家電機器の操作をする必要がある. しかしユーザに依存するため削減量に限界がある.

本研究ではユーザの**機器利用状況に基づく統合電力管理機構 (USPM システム)** を構築した.USPM システムはユーザの機器利用状況を把握し, それにより不用な消費電力を検知する. その後, 機器を制御することによって電力の節減を行なう. また, ユーザが機器利用を再開した場合に状態復元処理を行ないユーザビリティを保っている. これによってユーザの負担を増やすことなく電力節減を可能にしている.

機器利用状況把握にはユーザの位置情報, 連携機器の状態情報とユーザ問い合わせ情報を用い, またユーザ管理を行なうことによって複数ユーザに対応させ, 本機構の家庭での使用について実現性を高めている.

今後の課題として, 本機構で使用する機器情報や状態条件定義を容易にすることや, 本機構自体の消費する電力を節減すること, また既存の家庭内機器統合管理機構と連携させることがあげられる.

謝辞

本研究の機会を与えてくださり, 研究指導をはじめあらゆる面でご協力賜りました慶應義塾大学環境情報学部教授徳田英幸博士に深く感謝いたします.

慶應義塾大学徳田・村井・楠本・中村・南合同研究会の諸先輩方には, お忙しい中貴重な指導や助言を頂きました. 特に, 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科博士１年岩井将行氏, 由良淳一氏には本論文執筆にあたり大変貴重なご指導と励ましを頂きました. 慶應義塾大学政策メディア研究科修士２年石井かおり氏には多忙の中, 最後まで熱心な指導と助言, 励ましを頂きました. また慶應義塾大学政策メディア研究科修士２年松宮健太氏, １年柳原正氏, 伊藤昌毅氏には日頃より相談にのって頂き, 指導や励ましを頂きました. 心より感謝の意を表します.

KMSF 研究グループの方々,ACE 研究グループの方々には研究生活の中で多くの刺激と励ましを頂きました. 特に, 慶應義塾大学政策メディア研究科修士１年古市悠氏, 中西健一氏, 東京工業大学４年尾畑賢一, ３年志和木知子氏には本論文執筆に辺り, 多大なサポートと励ましを頂きました. また絵を提供して下さった高橋元氏をはじめとして, 研究生活において励まし合った同期のみなさんに感謝致します.

最後に, 日頃から見守って頂いた両親, 友人, 後輩のみなさんに謝意を表します.

平成 15 年 2 月 22 日
慶應義塾大学 環境情報学部 4 年
志和木愛子

参考文献

[1] 経済産業省資源エネルギー庁: みつめよう!我が国のエネルギー (2001).

[2] IEEE: Standard for a high performance serial bus. http://grouper.ieee.org/groups/1394/1/.

[3] Group, B. S. I.: Bluetooth. http://www.bluetooth.com/.

[4] Association, I. D.: IrDA. http://www.irda.org/.

[5] 財団法人省エネルギーセンター: 家庭の省エネ大事典 (2001).

[6] : 省エネラベリング制度. http://www.eccj.or.jp/labeling/.

[7] : 国際エネルギースタープログラム. http://www.eccj.or.jp/ene-star/.

[8] 財団法人省エネルギーセンター: 「夏冬季の省エネルギー対策」アンケート. http://www.eccj.or.jp/swenqute/.

[9] 財団法人省エネルギーセンター: 省エネナビ. http://www.eccj.or.jp/navi/.

[10] : The ECHONET Specification Version2.1.1 (2002).

[11] 四国電力株式会社: 電力業界での動き：家庭内統合サービスオープンプラネット構想について (2001). 人工知能学会誌.