

ユーザの嗜好を利用した機器自動制御支援機構

松宮 健太¹ 岩井 将行¹ 中澤 仁¹ 徳田 英幸^{1,2}

¹慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 ²慶應義塾大学 環境情報学部

近年情報家電や携帯端末、センサなど多様な機器がネットワークに接続可能となり始めている。また、これらの機器を利用し、ユーザの状況や好みに適応したサービスを提供する環境が実現しつつある。複数の機器を利用して物理的な環境に対してサービスを提供する場合、類似機能による競合を回避する必要がある。また、複数のサービスが提供されている環境ではユーザの好みを反映して利用する機器を選出することが重要となる。本稿ではこれらの課題を解決する機構として User Preference supported Architecture for device automation (UPA) を提案する。UPA では適用環境として壁や天井などで区切られた閉じた空間を想定し、空間ごとに類似機能を持つ機器やユーザの好みを統合的に管理することでアプリケーションに対して利用可能な、競合の起きない、ユーザの好みに適応した機器を提供することを実現した。

A Device Automation Support Architecture using User Preference

Kenta Matsumiya¹ Masayuki Iwai¹ Jin Nakazawa¹ Hideyuki Tokuda^{1, 2}

¹Graduate School of Media and Governance, Keio University

²Faculty of Environmental Information, Keio University

Recent development of various devices such as networked appliances, handheld devices and sensors enabled them to be connected to a network. Services adapting to user context and preference can be realized through use of these devices. Providing services that interact with the physical environment brings new challenges such as avoidance of functional interference and selection of suitable devices based on user's preference. In order to solve such problems, we propose User Preference supported Architecture for device automation (UPA) which allows us to create a suitable application based on separated spaces. UPA could select devices that match user's preferences.

1 はじめに

近年情報家電などの埋め込み機器や携帯端末の発達に見られるように、コンピュータ環境は遍在的かつ動的になってきている。これらの機器はセンサや他の機器と協調動作することでユーザの状況や好みに適応したサービスを自動的に提供できる。例えばユーザのプリントアウト要求を受けたとき、ユーザの状況や好みに応じて最も距離が近いプリンタや、最もキューが少ないプリンタを自動的に検出し、出力するといったサービスが可能になる。

センサを相互接続したネットワーク [1][2] やユーザの状況を認識する機構 [3][4] の研究は多く行なわれているが、物理的な環境に出力を行なう機器のネットワークや、そのネットワークを利用した機構はまだ深く研究されていない。本稿ではセンサを物理的な環境の情報を取得する機器と定義し、逆に物理的な環境に出力を行なう機器をアクチュエータと呼ぶ。オーディオ機器や映像出力機器など、多くの情報家電はアクチュエータとして扱うことができる。

アクチュエータ同士を相互接続したアクチュエータネットワークの特徴は、それぞれのアクチュエータが物理的な環境に影響を与える点である。物理的な環境は複数のユーザによって共有されている場合が多いため、アクチュエータネットワークでは物理的な影響による競合を回避する必要がある。またユーザは、センサが提供する機能に比べ、アクチュエータが提供する機能に対してはより多くの好みを持っていることが予想できる。従ってユーザの好み、つまり嗜好を反映することがアクチュエータを利用する際には重要になる。ユーザの好みはユーザの状況と合わせてコンテキストとひとまとまりに扱われることも多いが [4]、本研究ではこの2つを分類する。

また本稿では、ユーザの嗜好を反映したアクチュエータネットワークの利用を支援する UPA 機構を提案する。アクチュエータの影響範囲は閉じた空間内に制限されることが多いため、UPA では空間ごとにアクチュエータとユーザの嗜好データを管理する嗜好管理サービスを提供する。また嗜好管理サービスは類似機能を提供

するアクチュエータをグループ化し、それぞれに対するポイントを保持する。これによりアクチュエータを利用するアプリケーションの要求に対し、利用可能で、かつユーザの好みに合ったアクチュエータへのポイントを返すことが可能となる。

以後第2章では、センサネットワークとアクチュエータネットワークを比較し、その特徴と問題点を考察する。第3章ではユーザの状況と好みの分類を行なう。第4章でUPAの設計を説明し、第5章ではUPA機構を利用した応用例として入退室時機器自動制御アプリケーションを説明する。第6章では基本的な評価としてユーザの嗜好に合ったアクチュエータを選出する時間を測定した。第7章で関連研究を説明し、第8章で結論と今後の課題を述べる。

2 センサネットワークとアクチュエータネットワーク

近年、センサや情報家電などのアクチュエータがネットワーク接続性を持ち始めている。これにより新しい種類のコンピュータアプリケーションが実現可能になる。どちらの機器も独自の特性を持っており、コンピュータと協調させるには新しいモデルや機構が必要である。

また、センサネットワークやそれを利用した機構に関しては近年多くの研究が行なわれているが[1][2][3][4]、アクチュエータネットワークやそれを利用した機構はまだ深く研究されているとは言えない。本節ではまずセンサネットワークとアクチュエータを比較、考察する。次に、アクチュエータネットワークと密接に関係するユーザの好みに注目し、ユーザの状況との比較、分類を行なう。

2.1 センサとアクチュエータの定義

本稿で機器とは物理的な環境に対して入出力を行なう機械を指す。そうでないもの一つとしてはコンピュータが挙げられる。機器はセンサとアクチュエータに分類できる。センサとは物理的な環境の情報を仮想的な環境に入力する機器であり、アクチュエータとは仮想的な環境の情報を物理的な環境に出力する機器である。本研究ではどちらも特定の1つの機能だけを提供する機器として扱う。つまり、情報家電機器を例にとると、エアコンなどは温度を取得する機能と温度を調整する二つの機能があるが、本研究では温度センサと温度調節アクチュエータの2つの機器を組合せたものとして扱う。

2.2 センサネットワークとアクチュエータネットワーク

本研究においてセンサとアクチュエータはどちらもネットワークに接続可能であることを想定する。この場合ネットワークはインターネットプロトコル(以下IP)に基づくネットワークを想定する。従ってセンサとアクチュエータはどちらもIPのプロトコルスタック

を持つことを想定する。

センサやアクチュエータがネットワークに接続されることによって実現することの一つは、機器を利用するアプリケーションと特定の機器が分離されることである。例えばユーザの位置を認識するために利用するセンサは、電波センサでも赤外線センサでも良い。センサを利用するアプリケーションはある特定のセンサに特化する必要はない。同様にアクチュエータを利用するアプリケーションも、例えば音を出力するアプリケーションの場合、特定の音声出力機器に特化する必要はない。

2.3 センサネットワークとアクチュエータネットワークを利用した機構

センサネットワークを利用した機構としてユーザの状況を認識する機構がある[3][4]。このような機構ではセンサを利用してユーザ周辺の環境の情報を取得し、ユーザの状況を推測する。アプリケーションはその状況のデータを利用することでユーザの状況に適応したサービスを提供できる。

アクチュエータネットワークを利用した機構としては、複数のアクチュエータが協調動作してユーザにサービスを行なう機構が挙げられる。

2.4 センサとアクチュエータの特性

センサは電波や赤外線など、人間が検知できない情報も検知できる。従ってセンサによるデータの取得はユーザに物理的な影響を与えることが少ない。また、特定の状況を認識するには、多くのセンサを利用するほどより正確な認識が行なえる。

一方、アクチュエータが行なう出力をユーザは必ず検知できる。また、アクチュエータが行なう出力は壁や天井など物理的な障害物に遮られやすい。そのためアクチュエータの影響範囲はそのアクチュエータが存在する閉じた空間内に限定される場合が多い。そのためアクチュエータに特有の問題として機能の競合が挙げられる。例えば複数のアプリケーションが同時に音声出力を行なうアクチュエータを利用した場合、音による競合が発生する。これを回避するには競合する機能を分類し、類似機能を統合的に管理する必要がある。またそうすることで特定のアクチュエータが利用不能になった場合に代替アクチュエータを選出することも容易になる。図1にセンサネットワークの、図2にアクチュエータネットワークの概念図を示す。

前述したように、センサやアクチュエータがネットワークに接続されることによって、アプリケーションはネットワーク上の任意の機器を利用できる。そのことにより、アプリケーションは特定の機能を実現する際に、利用する機器に対して複数の選択肢を持つことになる。センサはユーザが検知できない情報も検知できる。また、利用するセンサが多いほどユーザの状況をより正確に推測することができる。従って選択肢の

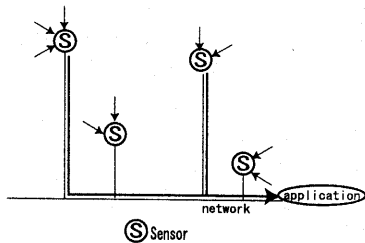


図 1: センサネットワーク

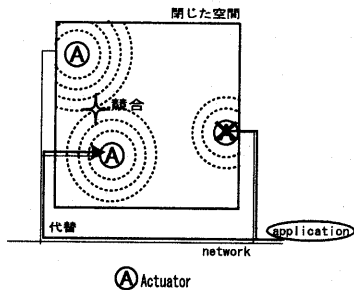


図 2: アクチュエータネットワーク

範囲を狭める必要は少なく、選択を行なうためのユーザの指針も少ない。一方アクチュエータの出力は必ずユーザが検知できる。また、多くのアクチュエータを同時に利用すると機能の競合が起きるなど、ユーザに不快な影響を与える可能性がある。従ってそのような選択の範囲を狭めることは重要で、選択のためのユーザの指針も多いことが予想できる。複数の選択肢があった場合にユーザがもつ選択指針を本研究ではユーザの好みと呼ぶ。次章ではユーザの状況とユーザの好みを分類する。

3 アクチュエータネットワークにおけるユーザの状況と好み

近年ユーザの状況や好みに応じる知的な計算機環境が提唱され始めている。ユーザの状況、好みなどのデータは、コンテキストとしてひとまとまりに扱われる場合が多い[4]。しかし本研究では2つが独自の特徴を持っていると捉え、これらを分類する。また、ユーザに適応したアクチュエータネットワークを実現するためより密接に関係しているユーザの好みをさらに分類する。

物理環境や計算資源の状態、ユーザの物理的な状態などの情報はセンサを利用し、ユーザの状況を認識する機構が利用すべきである。またユーザの意図や好みといった情報はアクチュエータを利用し、ユーザの好みに応じた制御を提供する機構が利用すべきである。

3.1 コンテキストの分類

本研究ではコンテキストを以下の3種類の状態に分類する。分類はそれぞれの状態の特徴に加え、それが静的であるか動的であるかなど、アプリケーションでの利用に適しているかに注目して行なう。図3に本研究におけるコンテキストの分類を示す。

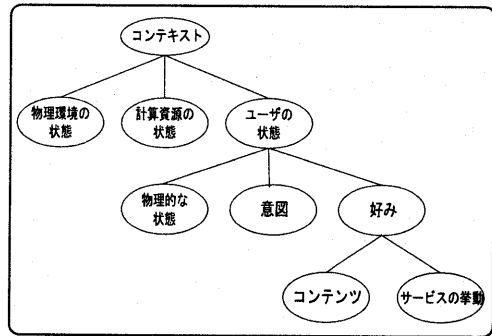


図 3: コンテキストの分類

- 物理環境の状態
- 計算資源の状態
- ユーザの状態 (物理的な状態, 意図, 好み)

物理環境の状態とは気温、湿度、照度など気象の状態や、機器の位置、音などである。物理環境の状態はセンサによって取得できる。その多くは常に変化している動的な状態である。そのため個々のデータは比較的容易に取得できるが、それらをアプリケーションで利用するのは難しい。

計算資源の状態とは、コンピュータのCPUやメモリの負荷状態、プリンタのキューなど周辺機器の状態である。物理環境の状態とは異なり、計算資源の情報は計算機やネットワーク上にもともと存在する情報なのでセンサのような特別な機器を新たに追加しなくても取得できる。CPUの負荷のように動的な状態もあればストレージの容量のように比較的静的な状態もある。計算資源の状態は3種類のなかでも最もアプリケーションでの利用に適していると言える。

ユーザの状態はさらに3つに分類できる。物理的な状態、意図、好みである。

ユーザの物理的な状態とはユーザの体温や位置などである。これらの情報は物理環境の情報と同様、センサを利用することで取得できる。この場合センサはユーザに密着している必要がある。従って個々のユーザの緊密な情報が取得できるが、ユーザが常にセンサを身につけている必要があるという制限も生じる。物理環境の状態と同様、アプリケーションで有効に利用するのは容易でない。

ユーザの意図とはユーザがどのような行動をとろうと考えているかである。この情報を直接取得する方法はない。従って他の状態を統合して予測する必要がある。ユーザの意図は短い期間で変化する動的な状態である。これらの要因により、他の状態と比べてアプリケーションで利用するのは最も困難であると言える。

ユーザの好みとは特定の事項に複数の選択肢が存在する際にユーザが行なう選択の傾向である。ユーザの意図と同様、直接取得する方法は無いが、状況ごとに変化するものでなく、傾向であるという点で意図よりも静的な状態であると言える。

3.2 好みの分類

ユーザの好みはその対象を考慮することで2つに分類できる。

- コンテンツに対する好み
- サービスが提供する機能に対する好み

コンテンツとは映像、音楽、文章など、価値が付加したデータである。コンテンツに対する好みは一つの要素に基づく選択傾向ではなく、複数の要素に基づく選択傾向であることが予想できる。またそれぞれの要素は概念的で定義するのが困難であることが予想できる。

サービスが提供する機能にはソフトウェアが提供するものとアクチュエータが提供するものがある。本稿ではアクチュエータが提供する機能を扱う。サービスの機能に対する選択傾向はコンテンツに対する選択傾向に比べて少なく、具体的な要素に基づく傾向であることが予想できる。サービスの挙動に対する好みのことを以降は嗜好データと呼ぶ。

4 UPA の設計

UPAの目的はユーザの状況や好みに適応するための機能を提供することである。図4に示すように、UPA機構はセンサ管理機構と状況認識機構に加えてアクチュエータ管理機構とユーザ嗜好反映機構から成る。本稿ではアクチュエータ管理機構とユーザ嗜好反映機構の設計を説明する。

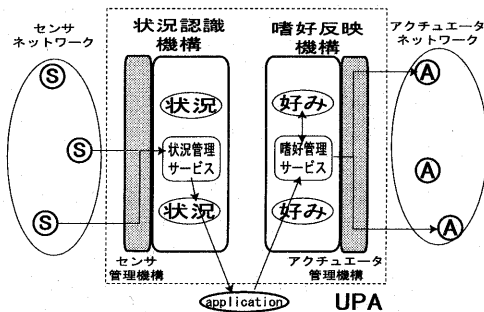


図 4: UPA が提供するシステム構成図

4.1 機能要件

アクチュエータネットワークの特性を考慮し、またユーザの嗜好を反映することでアプリケーションを支援する機構には以下に挙げる機能が必要である。

- 物理的機能の競合回避
アクチュエータを利用してサービスを提供する場合、複数の物理的影響による競合を回避する必要がある。
- 代替機能の提供
特定のアクチュエータが利用できない場合、同様の機能を提供する別のアクチュエータで代替できる必要がある。
- 嗜好データの反映
アクチュエータを利用してサービスを提供する場合、ユーザの好みに適応したアクチュエータを選出する必要がある。
- 嗜好データの可搬性／再利用性
嗜好データは取得した環境と異なる環境でも反映できるように、可搬性の高い形式で保持、利用できる必要がある。

以降、本節では上記の要件を実現するための設計方針を説明する。

4.2 機構の構成

図5に示すように、UPAはアクチュエータネットワークの特性を考慮し、ユーザの嗜好やアクチュエータの管理を閉じた空間ごとに行なう。アクチュエータの影響範囲は物理的に閉じた空間に制限される場合が多いため、機構の構築に空間の概念を取り入れることが必要である。UPAでは空間内のアクチュエータを機能特性によるグループごとに管理することで、類似機能による競合を回避する。また、特定のアクチュエータが利用不能になった場合に代替アクチュエータの選出を可能とする。同様に空間ごとにユーザの嗜好データを管理することでユーザの好みに応じたアクチュエータの選出を可能にする。

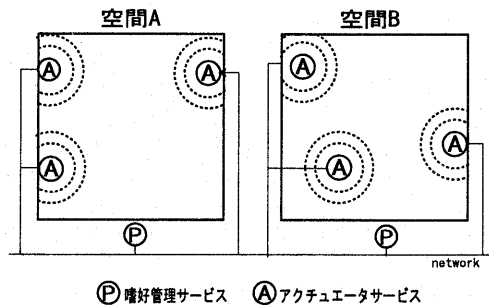


図 5: 空間ごとの管理

UPAではアクチュエータと嗜好データの管理を嗜好

管理サービスと呼ぶサービスが行なう。UPAは空間ごとに同サービスのインスタンスを生成する。嗜好管理サービスは空間内のアクチュエータ、空間内のユーザの状態、ユーザごとの嗜好データを管理する。図6に示す様に、嗜好管理サービスはアクチュエータ管理モジュール、ユーザ管理モジュール、嗜好データ管理モジュールの3つのモジュールから構成される。

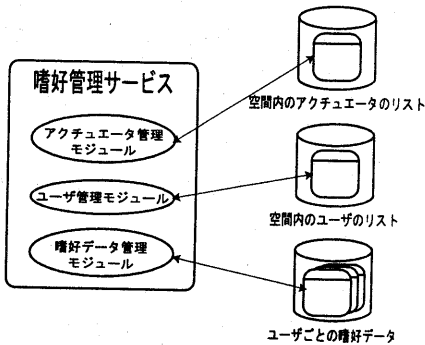


図 6: 嗜好管理サービス

嗜好管理サービスのインスタンスは起動すると空間内のアクチュエータを検索し、以後それらアクチュエータを監視する。ネットワークに新たに追加されたアクチュエータは空間内の嗜好管理サービスを検索する。また、嗜好管理サービスは位置センサを利用して空間内に存在するユーザを監視する。また、嗜好管理サービスはそれらのユーザの嗜好データを管理する。

アプリケーションはアクチュエータを利用する必要がある場合、嗜好管理サービスに利用すべきアクチュエータを問い合わせる。嗜好管理サービスはその空間内で利用可能な、競合が起きない、ユーザの好みに合ったアクチュエータへのポイントを返す。

アプリケーションがあるアクチュエータを利用している途中でそのアクチュエータが利用不能になった場合も嗜好管理サービスに問い合わせ、代替アクチュエータへのポイントを受けとる。

4.3 アクチュエータの管理

アクチュエータの管理は嗜好管理サービス内のアクチュエータ管理モジュールが行なう。また、それぞれのアクチュエータにはアクチュエータサービスと呼ぶインタフェースを実装する。アクチュエータサービスはアクチュエータ管理モジュールとの通信機能などを提供する。アクチュエータ管理モジュールは類似機能を持つアクチュエータごとにグループを用意し、管理する。例えば音声出力を行なうサービスはまとめて管理する。そうすることによって競合を防ぐと同時に、特定のアプリケーションに対して代替可能なアクチュエータを選出できる。

アクチュエータの分類

アクチュエータは一般的な空間での利用を想定し、最も基本的なグループとして以下の4つのグループに分類する。

グループ	機能
audio	音の出力
visual	映像の出力
temperature	空間内の温度の調節
light	空間内の明るさの調節

競合回避メカニズム

嗜好管理サービスは空間内のアクチュエータサービスのリストを管理する。アクチュエータサービスはアクチュエータが提供する機能のディスクリプションを保持し、嗜好管理サービスはそのディスクリプションに基づきグループ化を行なう。同一グループ内のアクチュエータは、同時に一つのアプリケーションでしか利用できないように管理する。

代替機能提供メカニズム

嗜好管理サービスは、アプリケーションから代替機能の要求を受けると、アクチュエータサービスのグループに基づいて同一グループ内のアクチュエータへのポイントを返す。

4.4 嗜好データの反映

嗜好データの反映は嗜好管理サービス内の嗜好データ管理モジュールが行なう。嗜好データ管理モジュールは、ネットワーク上に保持された自身の空間内に存在するユーザの嗜好データを読み込み、そのデータを用いて利用可能な複数のアクチュエータから、ユーザの好みに合ったものを選出する。空間内にどのユーザが存在するかは、ユーザ管理モジュールがセンサを利用して常に監視する。

嗜好データの保持

UPAではユーザの嗜好データをXML形式で保持する。図7に嗜好データのDTDを示す。嗜好データはユーザが機能ごとに分けられたアクチュエータのグループと、それぞれのグループに対する複数のパラメータとして表記する。パラメータはそれぞれ名前と属性値を持つ。例えばaudioグループならば音量などがパラメータにあたる。嗜好データを利用してアクチュエータを選出する時には個々のアクチュエータのディスクリプションと関連するパラメータを比較し、属性値にマッチしたアクチュエータを選出する。嗜好データはXMLで保持することで可搬性が向上し、異なる環境にも容易に反映することが出来る。

```

<?xml encoding="UTF-8"?>
<!ELEMENT preference (group)*>

<!ELEMENT group (param)*>
<!ATTLIST group name CDATA #REQUIRED>

<!ELEMENT param EMPTY>
<!ATTLIST param name CDATA #REQUIRED>
<!ATTLIST param value CDATA #REQUIRED>

```

図 7: 嗜好データの DTD

嗜好データの反映メカニズム

嗜好管理サービスはアプリケーションからアクチュエータ利用のリクエストを受けるとまず利用可能なアクチュエータを検索する。次に空間内に存在するユーザの嗜好データを読み込み、利用可能なものの中からユーザの好みに合ったアクチュエータを選出する。嗜好管理サービスは空間内にどのユーザがいるか常に監視する。これは嗜好管理サービス内のユーザ管理モジュールが行なう。図 8 に嗜好データの反映手順を示す。

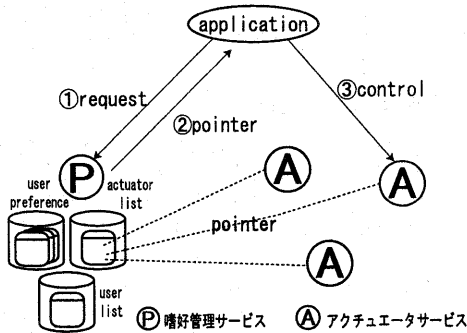


図 8: 嗜好の反映

4.5 UPA プロトタイプの実装

本機構のプロトタイプ実装は、プラットフォーム非依存性を考慮して Java 言語を用いて行なった。また、本機構ではサービス検索技術として Java を利用した技術である Jini[5] を利用した。

嗜好サービスやアクチュエータサービスへのインタフェースは Java のインタフェースとして実装し、Jini を利用することで検索、取得可能とした。RMI 技術を利用することでインタフェースから直接サービスへの操作を行なうことが可能となる。嗜好データを読み込むための XML パーサは IBM の XML Parser for Java

を利用した。

5 UPA の応用例

UPA を利用した応用例として入退室時、室内機器の自動制御にユーザの好みを反映させるアプリケーション、入退室管理サービスを実装した。

同アプリケーションの実装は慶應義塾大学徳田研究室にある Box-in-the-Box (BinB) [6] 内に実装した。BinB は室内に構築された、壁と壁の間に小型計算機やセンサなどを埋め込んだ実験環境である。本アプリケーションではユーザの入退室を検知する位置センサ、ディスプレイ、オーディオ機器、照明などの機器、またそれらの機器を制御する小型計算機を利用した。ユーザの位置情報を取得するセンサとしては RF タグとそのリーダを利用した。同 RF タグは一つ一つに異なる ID がふってあり、ユーザを識別できる。また、リーダはタグが電波の範囲内に入ったことと出たことを検知できる。

入退室管理サービスを利用するユーザはあらかじめ嗜好データの DTD に従い、好みを表記した XML ファイルをストレージに保持しておく。入退室管理サービスは RF タグリーダを利用してユーザの入室を監視する。RF タグが BinB 内に入るとリーダがそれを検知し、入退室管理サービスタグの ID とともにそのイベントを取得する。入退室管理サービスはユーザが入室した場合の制御内容である、light グループの on() 機能と visual グループの on() 機能を保持している。次に入退室管理サービスはそれぞれのアクチュエータグループの名前を嗜好管理サービスに通知する。嗜好管理サービスはまず自身が管理するアクチュエータリストから利用可能な、競合が起きないアクチュエータへのポイントを選出する。次に RF タグの ID とマッチする嗜好データを読み込み、アクチュエータグループの項目と選出したアクチュエータのディスクリプションとを比較する。パラメータの値がマッチしたアクチュエータへのポイントを入退室管理サービスに返す。入退室管理サービスはそのポイントを利用してそれぞれ light、visual グループに属するアクチュエータの on() を実行できる。

6 評価

本章では UPA 機構の定量的評価を説明する。本測定により、ユーザの嗜好データを用いたアクチュエータの選出に要する時間を把握する。測定 1 では空間内のアクチュエータの数の変化によるアクチュエータの選出にかかる時間への影響を測定する。測定 2 では嗜好データ内のパラメータの数の変化によるアクチュエータ選出にかかる時間への影響を測定する。本測定では UPA が管理する空間の規模として家庭や学校などの一室程度を想定した。測定結果およびその考察を今後の実装最適化の一助とすることが本測定の目的である。

6.1 測定環境

測定には図 2 に示す環境を利用した。

表 2: 測定環境

CPU	Athlon 600MHz
主記憶	128MB
OS	Linux v.2.2.14

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE pref SYSTEM "pref.dtd">
<pref>

<group name="audio">
  <param name="volume" value="medium"/>
  <param name="output" value="stereo"/>
</group>

<group name="visual">
  <param name="output" value="color"/>
</group>

<group name="temperature">
  <param name="Celsius" value="21"/>
  <param name="humidity" value="20%"/>
</group>

<group name="light">
  <param name="color" value="red"/>
  <param name="brightness" value="100w"/>
</group>

</pref>
```

図 9: 測定に利用した状況項目

6.2 測定1: アクチュエータ数の変化によるアクチュエータ選出時間の測定

本測定では嗜好管理サービスが管理する空間内のアクチュエータの数がアクチュエータの選出時間に及ぼす影響を測定する。

測定方法

アクチュエータリストに保持されたアクチュエータサービスの数を5から100まで5個ずつ増やしてアクチュエータの選出に要する時間を測定した。測定に用いる嗜好データは図9に示すものを利用した。最悪のケースを想定するため、アクチュエータサービスは嗜好データとマッチしないものを用いた。

測定結果

アクチュエータの選出時間をグラフ化したものを図10に示す。

6.3 測定2: 嗜好データ内のパラメータ数の変化によるアクチュエータ選出時間の測定

本測定ではユーザの嗜好データ内のパラメータ数がアクチュエータの選出時間に及ぼす影響を測定する。

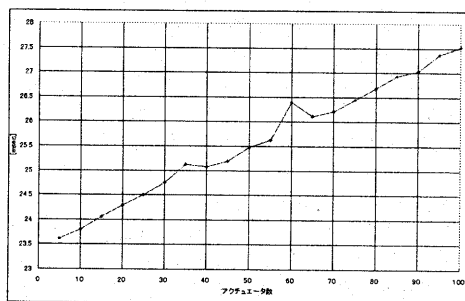


図 10: 測定1のグラフ

測定方法

嗜好データ内の特定のグループ項目に置けるパラメータの数を1から20まで増やし、アクチュエータの選出に要する時間を測定した。最悪のケースを想定するため、パラメータの名前と値は全て異なるものを用いた。

測定結果

アクチュエータの選出時間をグラフ化したものを図11に示す。

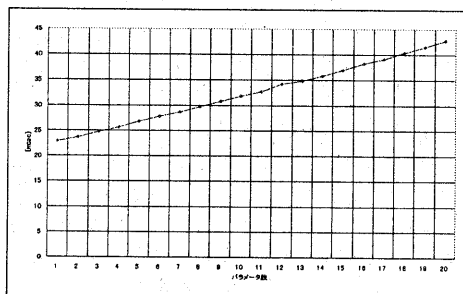


図 11: 測定2のグラフ

6.4 考察

2つの測定における処理時間の増加は想定した環境での運用を考える場合妥当であると言える。また、アクチュエータ選出のアルゴリズムを最適化することで処理時間を短縮することが出来る。

7 関連研究

機器の協調動作という視点でのアクチュエータネットワークの研究はいくつか行なわれている。HAVi[7]はアクチュエータ間の通信を支援するためのソフトウェアコンポーネントやAPIを提供している。また、アクチュエータの抽象化や検索の機能を提供している。UPnP[8]はXMLを利用して機器間の通信を支援する機構である。UPnPで機器は自身の機能を周囲の機器に通知する。その際機器のディスクリプションをXMLを利用して行な

う。機器のディスクリプションには機器自体のディスクリプションと機器が提供するサービスのディスクリプションがある。それらのディスクリプションに従ったコマンドを送ることで機器の制御ができる。どちらの機構もアクチュエータが提供する機能の競合については述べられておらず、UPAが提供する機能で拡張することが出来る。

機器の制御を自動的に行なうインテリジェンとな環境の研究としてMicrosoftのEasy Livingプロジェクト[3]が挙げられる。Easy Livingプロジェクトではアクチュエータを利用するサービスの特徴を抽出したディスクリプションを、XMLを用いて行なっている。名前付けサービスと検索サービスをアクチュエータ間通信に用いることでアクチュエータの位置を逐次考慮しながら通信を行なえる。Easy Livingでは利用する機器が一部自動的に決定されるが、その選出にユーザの好みを反映することは行なっていない。

サービスディスクリプションを利用したネーミングシステムとしてINS[9]がある。INSでは、独自のディスクリプション言語を用いてサービス提供者がそのディスクリプションをネットワークに通知し、クライアントは通知されたディスクリプションのサービスに対して要求を送り、要求は実際に実行されるサービスに送信される。INSはUPAと設計方針が類似している部分もあるが利用環境として閉じた空間を想定しておらず、virtual spaceと呼ばれる論理空間を設けている。UPAでは物理的な環境の空間がそのまま論理空間となる。

8 結論と今後の課題

本稿ではまずセンサネットワークとアクチュエータネットワークを比較し、それぞれの特徴を考察した。アクチュエータネットワークでは物理的な機能による競合など特有の問題があり、またサービスの挙動に対するユーザの好みを反映することが重要である。

本稿ではユーザの状況や好みに適応したアプリケーションを提供するための機構としてUPAを提案した。UPAのような機構にはセンサネットワークと状況認識機構に加え、アクチュエータネットワークとユーザ嗜好反映機構が必要である。本稿ではそのための設計を説明した。UPAではアクチュエータの特性を考慮し、閉じた空間ごとにアクチュエータやユーザの嗜好データを管理する。また類似機能を持つアクチュエータをグループ化して管理することにより、物理機能の競合を回避すると同時に代替機能の提供を実現できる。また最適なアクチュエータの選出にユーザの嗜好データを用いることで個々のユーザに適応したアクチュエータの利用を実現できる。

また本稿ではUPAのプロトタイプ実装とその応用例として入退室管理サービスを説明した。最後にUPAの評価を行ない、関連研究について述べた。UPAを実用化に近づけるために、今後以下に挙げる課題を解決す

る必要がある。

嗜好データ表記方法の拡張

現在の表記方法ではまだサービスの挙動に対するユーザの好みを十分に表現できていない。また、嗜好データを反映する際のアクチュエータディスクリプションとの比較方法が限定されている。より柔軟な方法でこの2つを比較できる手法が必要である。

ユーザ意図の推測

ユーザの状況とユーザの好みを統合することで効果的にユーザ意図を推測できる。UPAの状況認識機構にユーザ嗜好データ反映方法を実現する必要がある。

広範囲な空間への適応

本稿ではUPAの適用範囲については述べなかったが、閉じた空間を考慮する場合には様々な規模の空間が想定される。本研究の方針としては1つの部屋からホームネットワーク、キャンパスネットワークというように、段階的により規模の大きな環境への適用を行なう。

参考文献

- [1] Heinzelman, W., Kulik, J. and Balakrishnan, H.: Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks, *Mobicom99*, ACM (1999).
- [2] Subramanian, L. and Katz, R.: An Architecture for Building Self-Configurable Systems, *MobiHoc Workshop*, ACM (2000).
- [3] Brumitt, B., Meyers, B., Krumm, J., Kern, A. and Shafer, S.: EasyLiving: Technologies for Intelligent Environments, *Handheld and Ubiquitous Computing* (2000).
- [4] Dey, A., Mankoff, J. and Abowd, G.: Distributed Mediation of Imperfectly Sensed Context in Aware Environments, *GVU Technical Report* (2000).
- [5] Sun Microsystems Inc.: Jini Technology Overview (1998).
- [6] 大越匡, 杉田洋介, 土田泰徳, 若山史郎, 西尾信彦, 池田靖史, 徳田英幸: 次世代コンピューティング環境”Smart Space”の実現に向けて, コンピュータシステム・シンポジウム, 情報処理学会 (2000).
- [7] The Havi Organization: Home Audio Video Interoperability (1998). <http://www.havi.org/>.
- [8] Universal Plug and Play Forum: Universal Plug and Play (1999). <http://www.upnp.org>.
- [9] Adjie-Winoto, W., Schwartz, E., Balakrishnan, H. and Lilley, J.: The design and implementation of an intentional naming system, *Symposium on Operating Systems Principles*, Kiawah Island, SC, ACM (1999).