

研究計画書

透過的な実空間情報取得フレームワークに関する研究

慶應義塾大学環境情報学部

自署: _____

学籍番号 70443996

希望プログラム名: サイバーインフォマティクス (CI)

2007 年 5 月 31 日

概要

センサネットワークは、実空間に存在する人や物の状態や環境の状態を監視したり、行動を支援したりする目的で広く利用されている。しかし、人も物も実空間上では自由に動き回れることを考えると、それに関する情報を発するセンサネットワークと対象となる人と物との関係が動的に変化できなければならない。また、同じ空間に複数の人や物がある場合には、それらの情報を取得しているセンサやセンサネットワークの発する情報が、複数のアプリケーションや利用者に共有できなければならない。これらの問題は、センサノード自身の実行環境や限られたリソースを前提としたセンサネットワークのアーキテクチャに起因する。これまで様々なアーキテクチャが提案されてきたが、その多くは利用目的とアプリケーションに渡すデータに依存しており、汎用性が低くなっている。また、同一空間に複数の異なるアーキテクチャのセンサネットワークを利用できる場合、アプリケーションは各アーキテクチャの提供する手法でアクセスしなければならない。一方で、センサネットワークの応用範囲が家庭や職場など、電源などのリソースが比較的潤沢であるケースでは、それぞれのアーキテクチャが前提としていた問題は成立せず、逆に利便性の低さが問題となってしまう。

そこで本研究では、アプリケーションとセンサネットワークを分離するインタフェースを定義する。そして、アーキテクチャの違いに依存せず自由に情報を取得できるフレームワークによる解決を提案する。本提案によって、アプリケーションは透過的にセンサネットワークの情報を扱えるようになり、より広い利用範囲を対象としたサービスの提供が期待される。

1 はじめに

インターネットは人々のコミュニケーションをはじめとして、様々な情報流通基盤として確立している。その特長は、あらゆる情報を物理的な距離の制限を越えてやり取りできる点にある。この特長を生かし、環境や人、物の状態といった実空間情報を、どこからでも利用できるようにする活動が行われている。実空間情報は、目的地までのナビゲーションサービスなどの人々の活動支援や、ビルオートメーションなどの利用環境に応じた機器などに利用される。今後、物理的な距離や時間的な制限を越えて、いつでもどこでも、自由に実空間情報を利用できる基盤技術の開発が期待される。

一方、多様な目的のために別々の形式や手法で表された実空間情報は、統一的に取得する仕組みがないため、自由に混在して利用できない。多様な目的に対して、支援に必要な実空間情報を利用するためには、形式の違いを吸収し、目的に応じて透過的に実空間情報を取得できる仕組みが必要である。

本研究は、カプセル化によって形式の違いを吸収した実空間情報を、利用目的に応じて提供することで、こ

の問題を解決する。本研究により、実空間情報の利用者が、自らの利用目的に応じて自由に実空間情報を利用できる環境が実現できる。

2 センサネットワークとセンサデータ利用

近年、温度や照度、圧力、位置などの物理量を計測し、デジタルデータに変換するセンサが小型化している。センサが出力するデータをセンサデータと呼び、実空間情報を指す。通信回線の敷設が困難な場所には、センサに無線通信機能を搭載したセンサノードが利用される。センサノードの普及に伴い、複数のセンサを用いて、センサの周辺環境の情報を取得するためのセンサネットワーク技術が発達している。

これまでセンサネットワークの研究分野では、同じ規格を持つセンサによってネットワークを構築するための研究が行われてきた。研究活動は、センサデバイス、通信プロトコル、ネットワークを構成する技術において広く行われ、様々な規格が乱立している。これは、バッテリーで駆動するセンサノードの電力消費効率を高める必要があるなど、それぞれの目的に応じた対応が求められていたことが背景として考えられる。このよう

な背景から，一般にセンサネットワークはそれぞれ規格が異なり，特定の目的のために特化した構成である．そのため，様々なセンサがセンサネットワークごとに存在し，多様な形式のセンサデータが存在する [1][2][3]．したがって，センサデータを利用したアプリケーションに対する期待が高まる一方で，センサネットワークにおけるセンサデータの多様性が問題となっている．

図 1 はセンサデータの利用環境の現状を示している．実空間情報をセンサデータに変換するためのセンサネットワークが自律分散的に存在し，データの提供環境を整えるための管理者が存在する．利用するセンサやセンサネットワークの構成は管理者によって決められる．また，センサデータの利用目的はセンサネットワークごとに制限されている．そのため，センサデータの利用者は，自分が求める利用目的と同じ目的であるセンサネットワークを探し，利用している．

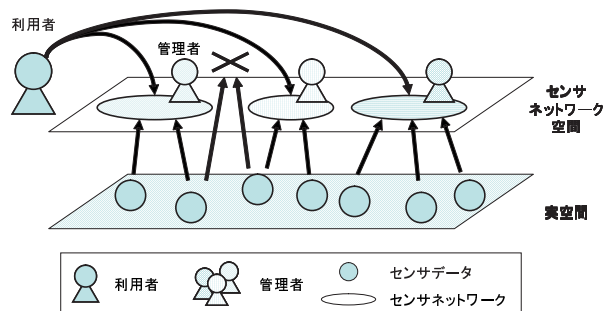


図 1 現在の実空間利用環境

3 関連研究・関連技術

本節では，第 1 節で示した本研究の目的に関連する研究，技術を記す．

3.1 TinyDB

同一センサネットワーク内で，センサの違いに依存せずにデータを取得するための研究として TinyDB[4] があり，同様の研究が盛んに行われている [5][6]．TinyDB では，センサネットワーク内における，センサデータの発見を実現するための概念を提案している．

TinyDB は，データセントリック [7][8] の概念を適用し，センサネットワークをセンサデータを格納するデータベースとして抽象化する概念を提案している．センサネットワークをデータベースとして抽象化することによって，データの利用と取得の機能を持つセンサネットワークを，データ取得の機能に単純化している．データの利用がネットワークの機能と分離されるため，アプリケーションを容易に変更できるメリットがある．

3.2 IEEE1451

ヘテロジニアスなセンサ環境の統一化を目指した標準化規格に IEEE1451[9] がある．規格の一つに，センサデータを標準化する規格が存在する．センサデータを標準化することでデータを統合的に扱えるメリットがある．

3.3 Lonworks

センサ情報を統合的に扱うシステムの一つとして，Lonworks[10] がある．Lonworks は消費電力の効率を高める目的で，電気，空調，照明，セキュリティ等の各種設備を一元的に制御，管理できるシステムである．設備機器は，TCP/IP に準拠した通信プロトコルを内蔵した LSI を利用して，通信と制御を行う．

4 問題点

六本木ヒルズでは，ビルの室温管理を一元的に制御し，消費電力の効率を高める目的で，第 3.3 節で述べた Lonworks が利用されている．Lonworks は，ビル内の温度調節を，温度センサ，人感センサの情報にもとづいた連携動作によって調節することで，室温情報だけでは実現できなかった高度な室温調節を行える．

人の有無による室温調節が行える一方で，室内における人の数，体温の情報と温度センサの連携動作による温度調節が考えられる．人数や体温の情報との連携動作によって，人数の変化に基づいた室温変化の予測や，人の体温と室温との差を考慮した快適温度への調節などの高度な室温調節が行える．

しかし，室内の人が自身の健康を管理する目的で，体温を感知するセンサネットワークを利用していたとしても，高度な連携動作を行うことができない．これは，管理者が異なるセンサネットワークのセンサデータを発見できないため，センサデータを取得できない点が原因である．また，データフォーマットも異なるため，取得データを組み合わせて利用できない点も原因である．

上の例を踏まえた現状の利用環境の問題点は次の二点である．

4.1 困難なセンサネットワークの統合利用

センサネットワークにおいて，センサを取り付ける対象は，環境側と個体側の二つに分類できる．例えば室温を感知するセンサは環境側に取り付けられ，体温を感知するセンサは個体側に取り付けられる．個体側に取り付けられたセンサは，取り付け対象と共に移動するため，一般的に個体側と環境側のセンサネットワークは別々に存在する．センサネットワークで使用するセンサは管理者のみが把握し，利用者にその情報

を提供する手段がない．そのため，利用者は取得できるセンサデータを発見できず，取得することができない問題がある．

4.2 困難なセンサデータの融合利用

一般的にセンサネットワークは特定の目的のために特化されている．例えば室温調節のためのセンサは室温センサのみが利用される．複数のセンサを統合的に扱うために Lonworks が提案されているが，既存のセンサネットワークを破棄し，すべてのセンサを Lonworks に対応させるのは現実的ではない．そのため，既存のものを含む複数のセンサデータを組み合わせることは依然として難しい．

5 アプローチ

図 2 は，本研究が目標とする実空間情報の利用環境を示している．まず利用者は自らの利用目的に応じて，異なるセンサネットワークを介して透過的にセンサデータを取得できる．その際，取得するセンサデータの形式の違いに依存せず，複数の情報を統合して動的に利用することができる．

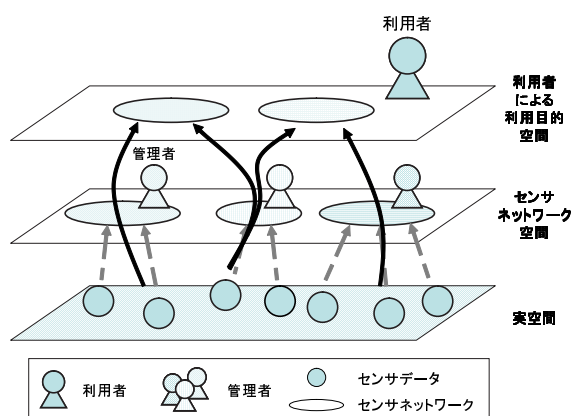


図 2 目標とする実空間利用モデル

本フレームワークにおける要件は，取得できるセンサデータを発見する機能と，データを提供する機能の二つに分類できる．そこで本フレームワークの要件を二つのレイヤ構造に分け，それぞれのレイヤにおいて必要とされる機能を実現する．

図 3 はレイヤごとに実現する機能を示している．下位レイヤでセンサデータの取得機能を実現し，上位レイヤでセンサデータ利用のためのデータ提供機能を実現する．レイヤ間のインタフェースでは，機能を分離するために必要なカプセル化を行う．カプセル化機能によって，センサデータに依存しない形式でのデータ取

得を可能にする．

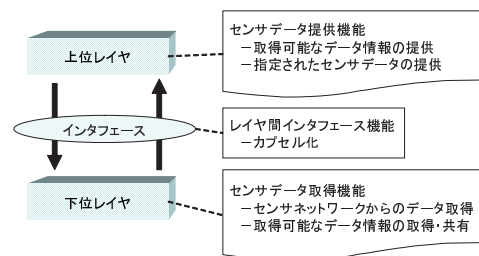


図 3 提案するレイヤ構造

5.1 センサデータの発見

個体側に設置されるセンサは移動するため，一般的に，固定して利用される環境側のセンサとは異なるセンサネットワーク上に存在する．本フレームワークは，異なる複数のセンサネットワークからデータを取得するために，データを取得できるセンサネットワークを発見する必要がある．また，センサネットワークにおいて取得できるセンサデータを発見できなければ，センサデータを利用することができない．本フレームワークは，センサデータを取得するために，取得するセンサデータを指定する機能を組み込む必要がある．

センサの違いに依存せずに，データを取得する方法に，データセントリックの考えがある．本フレームワークは，利用者に対象の環境や個体を指定させ，その対象から取得できるデータを指定させる．この仕組みによって，利用者はセンサの違いを考慮せずに，センサデータを発見し，取得することができる．

5.2 センサデータのカプセル化

センサデータの利用者は，センサデータを出力したセンサの種類，データの精度，設置対象などを把握しない．しかし，データの精度は，センサデータの信頼性に関わる．また設置対象によって，データの表す意味が異なる．例えば，室温や体温は共に温度情報を表すが，組み合わせることはできない．したがって，センサデータの多様性を吸収し，その詳細情報を合わせて提供する仕組みが必要となる．

センサデータの利用者に提供する情報をスペック情報と定義する．その詳細は今後さらに検討するが，およそ次の情報を想定している．

- センサが対象とする情報の種類 温度や照度，圧力，振動，位置，加速度
- センサが対象とする計測範囲 センシング対象とする物理量の範囲
- センサの精度 アナログデータをサンプリングする単

位

センサの設置対象 部屋の壁などの環境側に設置したか、人や物といった個体側に設置したか

取得したセンサデータは、出力したセンサによって、スペック情報が異なる。複数のセンサデータを組み合わせるためには、スペック情報の違いを考慮する必要がある。しかし、現状ではセンサデータはセンサネットワークに特化して利用されているため、スペック情報を考慮する必要がなく、提供する手段もない。そのため、異なるセンサネットワークのセンサデータを利用するためには、取得したセンサデータに対応するセンサのスペック情報を提供する機能を組み込む必要がある。

5.3 取得処理負荷の分散

一般的にセンサはデータを逐次的に出力するため、利用者が自由にセンサデータを組み合わせて利用できる環境では、センサデータの取得頻度は高くなると想定される。逐次的に出力されるセンサデータを、利用者がすべて処理することは、データ通信量が多い点とデータ処理負荷が高い点から見て問題である。したがって、利用者の処理付加を軽減させる機能を組み込む必要がある。

利用者の求める取得タイミングは、データの利用目的によって分類することができる。表 1 に、データ取得タイミングと利用目的の関係を、位置情報を利用する場合の例と合わせて示す。利用者がデータを取得する際に、取得タイミングを決定させることでデータ取得タイミングを設定できる。また、逐次的に出力されるセンサデータを保存し、設定されたタイミングで提供することで、データの取得タイミングを変更する機能は実現できる。

6 実現する世界

本研究によって、センサデータフォーマットの違いをデータのカプセル化によって吸収できる。それにより、利用者が異なる複数のセンサネットワークから透過的にセンサデータを取得できる環境が実現できる。その結果、異なるアーキテクチャをオープンにし、センサネットワークの横断的な連携が可能になる。

本フレームワークはセンサデータを使った様々な活動に利用できる。センサデータの利用活動は、センサネットワークごとに制限された利用から、利用者の自由な発想による利用へと変化する。自由な発想による利用環境から、新たな価値のある情報の発見が期待される。以下に、想定される利用例を挙げる。

1. 高度な目的地ナビゲーション

利用者の位置に基づいた目的地までの移動手段をナビゲーションするサービスは、降水情報を考慮することで、雨に濡れずに通れる道のナビゲートができる。また、同じ目的地に向かう車の空き席を考慮した相乗りも一つの経路としてナビゲートできる。

2. 高度な室温調節

室内の人数情報と体温情報から温度上昇予測や快適指数を判断できる。室温情報と温度上昇予測や快適指数から、利用効率の高い室温調節や、快適な室温調節が行える。

3. 忘れ物防止

物と人の位置関係から携帯しているかを判断できる。携帯しているかを示す位置関係から忘れ物を検知し、防止することができる。

4. 交友履歴の記録

自分と友人の位置情報の組み合わせによって、交友履歴の記録サービスとして利用することも可能になる。

7 これまでの研究活動

7.1 研究会活動

学部 2 年次秋より村井研究室に所属し、ネットワークと実空間認識技術について力を入れて学習した。SFC 内に構築された個体認識インフラを使用して、忘れ物検知アプリケーションを製作した。これに関連して、個体認識インフラの基盤システムの開発、運営を行う Beluga プロジェクトメンバーの一員として活動している。また、実空間の雰囲気伝えるアプリケーションの製作に携わり、活動を ORF で発表した。

人の健康活動をネットワークを使って支援する e ケアプロジェクトのサーバ管理を行っている。さらに、研究室内のネットワーク管理、運用に携わり、ネットワークについて実体験を通じた学習を行っている。

以上の経験を基礎に、実空間情報を連携するための実空間情報取得基盤に関して研究してきた。

7.2 研究成果

SFC に構築された個体認識インフラから個体情報を取得するための基盤システムを、製作者の一員として携わり、製作した。授業における教育と実空間認識の基盤技術研究を目的として運用している。また、同システムを利用して、SFC 内の授業への出席状況を、履修者がいつでも確認できるアプリケーションを製作した。研究会への出席状況の確認に運用し評価のための

表 1 データ取得タイミングと取得する目的の関係

| データ取得タイミング | 利用目的 | 位置情報での利用例 |
|------------|-------------------------|-----------|
| 要求時応答型 | 要求時におけるセンシングデータの利用 | 棚卸し |
| 逐次応答型 | センシングデータの定常的な利用 | ナビゲーション |
| 条件駆動型 | 指定した状態のセンシング時におけるデータの利用 | 入退室検知 |

動作確認をしている。

現在、これまでの研究成果をまとめ、以下の論文を投稿中である。

1. 佐藤 龍, 南 政樹, 村井 純. センサ情報を統一的に扱うためのフレームワークの設計と実装. マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, May 2007.
2. 波多野 敏明, 奥村 祐介, 佐藤 龍, 小原 泰弘, 加藤 文俊, 南 政樹. 研究・教育を支援する位置情報提供サービスの構築と運用. マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, May 2007.

8 政策・メディア研究科に進学を志望する理由

本研究は、実空間情報を利用者の目的に応じて自由に取得し、利用することのできる環境を実現することが目標である。この目標の実現には、実空間情報の取得技術とネットワークの構築技術の二つの技術が必要となる。

SFC では、人や物を識別するための個体認識技術と、その状態を把握するコンテキスト抽出技術の研究が盛んに行われている。個体認識インフラはキャンパス規模で構築され、コンテキスト抽出インフラは研究室規模で構築されている。これら実空間情報に関する技術の研究は数多く存在するが、運用を行う環境は少ない。その点で SFC は、本研究において理想の環境である。

また政策・メディア研究科は、インターネットの先端研究組織である WIDE Project や他の研究組織と密接な関わりを持つため、共同研究などの形で有識者の方々から貴重な意見や指導を受けることができる。この環境は、ネットワーク研究を進める上で、大変重要である。

以上の理由から私は、政策・メディア研究科への進学を強く志望する。

参考文献

[1] SSLab: Smart Space Laboratory Project. <http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/SSLab/>. access 2007.05.10.

- [2] Beluga project. <http://beluga.sfc.keio.ac.jp/>. access 2007.05.10.
- [3] Smart Rooms. <http://vismod.media.mit.edu/vismod/demos/smartroom/>. access 2007.05.10.
- [4] Joseph M. Hellerstein Sam Madden, Michael J. Franklin and Wei Hong. Tinydb: An acquisitional query processing system for sensor networks. *ACM TODS*, 2005.
- [5] Yong Yao and Johannes Gehrke. The cougar approach to in-network query processing in sensor networks. *SIGMOD Rec.*, Vol. 31, No. 3, pp. 9–18, 2002.
- [6] Ramesh Govindan Chalernek Intanagonwiwat and Deborah Estrin. Directed diffusion: A scalable and robust communication paradigm for sensor networks. *Sixth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCOM '00)*, August 2000.
- [7] William Adjie-Winoto, Elliot Schwartz, Hari Balakrishnan, and Jeremy Lilley. The design and implementation of an intentional naming system. In *SOSP '99: Proceedings of the seventeenth ACM symposium on Operating systems principles*, pp. 186–201, New York, NY, USA, 1999. ACM Press.
- [8] Mike Esler, Jeffrey Hightower, Tom Anderson, and Gaetano Borriello. Next century challenges: data-centric networking for invisible computing: the portolano project at the university of washington. In *MobiCom '99: Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking*, pp. 256–262, New York, NY, USA, 1999. ACM Press.
- [9] NIST. Ieee1451. <http://ieee1451.nist.gov/>. access 2007.01.27.
- [10] Echelon japan, lonworks. <http://www.echelon.co.jp/products/lonworks.html>. access 2007.05.24.
- [11] 徳田英幸, 藤原洋. ユビキタステクノロジーのすべて. NTS, 2007.