

# センサネットワークと参加型センシングの 統合アーキテクチャに関する一検討

米澤拓郎<sup>†</sup> 坂村美奈<sup>††</sup> 徳田英幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

<sup>††</sup> 慶應義塾大学大学環境情報学部

**あらまし** 本研究の目的は、センサネットワークと参加型センシングの統合アーキテクチャを構築することである。センサネットワークおよび参加型センシングの発展は著しいが、それぞれアーキテクチャ的に分離している場合がほとんどであり、今後、それらを統合して扱えるセンシングプラットフォームが必要となると考えられる。本稿では、その必要性をアプリケーション事例などを挙げて述べるとともに、その試作アーキテクチャについて説明を行う。

**キーワード** 参加型センシング, センサネットワーク

## Toward an Integrated Architecture of Sensor Network and Participatory Sensing

Takuro YONEZAWA<sup>†</sup>, Mina SAKAMURA<sup>††</sup>, and Hideyuki TOKUDA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Media and Governance, Keio University

<sup>††</sup> Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

**Abstract** The purpose of our research is to create integrated architecture of sensor network and participatory sensing. Though technologies for sensor network and participatory sensing is progressed, most of sensor network and participatory sensing are running on separated architecture/framework. In the near future, it is necessary to integrate those architectures into one architecture. This paper discusses the necessity of the integrated architecture with describing application examples, and also present prototype system of it.

**Key words** Participatory Sensing, Sensor Network

### 1. まえがき

センサの高機能化, 小型化に伴い, センサネットワークを用いた実世界の状況検知技術の重要性がより高まっている。また近年, スマートフォンの普及とともに, ユーザ自身がセンサとなり, 人間の知覚能力を利用した参加型センシングに関する研究も多く行われている。センサネットワークは気温・照度・音声など数値化可能な物理的事象を検知することに優れている一方で, 参加型センシングではフィールドに落ちているゴミの報告や, その場の雰囲気などの報告など, 人間が有する抽象的な環境状況を検知することに優れている。今後, センサネットワーク技術と参加型センシング技術をより向上させることで, 実世界のあらゆる事象に対応したセンシング技術の確立が期待される。

本研究では, センサネットワークと参加型センシングを同一のアクセス手法で利用可能とさせる, 統合センシングアーキテクチャの構築を目的とする。これにより, センサネットワークおよび参加型センシングが持つ両者の利点を生かしつつ, 互い

の欠点を補完しあったセンシング環境が実現可能と考えられる。これまで, センサネットワークおよび参加型センシングを実現可能とする様々なシステムが提案されてきたが, 基本的にはそれぞれ独立したものとなっており, 物理的なセンサからなるセンサネットワークと人間がセンサとなる参加型センシングの両者が同一のプラットフォームで動作する例は少ない。本稿では, それらを同一プラットフォーム上で動作させることで得られる利点に着目し, その試作を行う。

### 2. 動機

現在, 物理センサだけでなく, 人型センサ, ソーシャルセンサなど様々なセンシング手法が提案されている。センサ情報を利用するアプリケーションからすれば, その情報をセンシングした対象が物理センサであっても, 人型センサであっても, 気にする必要なく利用できるべきである。なぜならアプリケーションがあくまで必要とするものは結果として得られるセンサ情報であり, そのセンサ情報が取得された手段は隠蔽されてよ

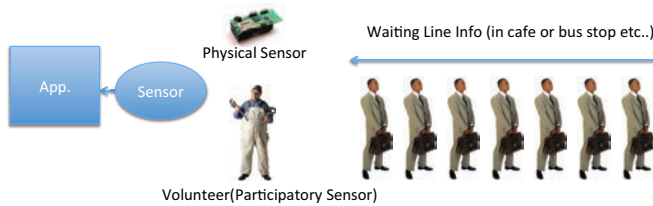


図1 物理センサおよび参加型センシングによるセンサ情報の取得

いはずである。例えば、図1では、あるアプリケーションが行列情報を活用したいため、その行列情報を取得できるセンサに対してアクセスを行おうとしている。この際、そのセンサ情報が物理的センサによってセンシングされたものであるのか、参加型センシングによって人が報告したものであるのかは重要ではなく、アプリケーションにとっては望むべきセンサ情報が取得できればよい。よって、物理センサ、人型センサ問わず、共通のアクセス手段や API によってセンサ情報を取得できることが望ましいと考えられる。

物理センサと参加型センシングが同一プラットフォーム上で動作することで、物理センサと人型センサのそれぞれの長所を活かした次のようなシステムも実現可能と考えられる。

● **参加型センシングにおける参加機会創出のためのタスクの価値付けと可視化**

今後、参加型センシングの普及に伴い、多数のセンシングタスクが身の回りに存在することが考えられる。その際、参加型センシングに参加しようとするユーザにとっては、どのタスクに参加することが最も価値を提供できるか、悩んでしまうことが想定される。参加すべきタスクへの価値を定量化することによって、タスク参加者の動機付けであったり、他者への貢献度という形の満足度を向上させられる可能性がある。タスクへの価値付けの指標としては、あるセンシングタスクの最終更新時間がまず想定されるが、一方でセンシング対象が最終センシング時から変化していない場合は、センシングする必要がないと言える。よって、センシング対象の状況が変化しただけの可能性を物理センサで検知し、それを参加型センシングの参加者に伝達し、具体的な変化を人間の知覚能力でセンシング・レポートしてもらおう、といったシナリオが考えられる(図2参照)。すなわち、センシングタスクの価値を物理センサを利用して定量化し、近辺にいるユーザのセンシングタスクへの参加動機付けを行うということが可能となる。この際、物理センサによるセンシングと参加型センシングは密に連携する必要があるため、それらは同一のプラットフォームで動作することが望ましい。

● **参加型センシングのブートストラップ**

ある新しい参加型センシングのタスクを開始する際、その参加者をどうやって集めるかは、重要な問題である。ひとつの手段として金銭的なインセンティブの付与が考えられるが、そのコストの負担は問題となり、また人間の動機付けは必ずしも金銭的なものだけで行われる訳ではない。別の手段として、そのタスクがいかに自分にもメリットがあるか、をまず実感として分かってもらい、その後の参加へを自然と促す方法が考えられ

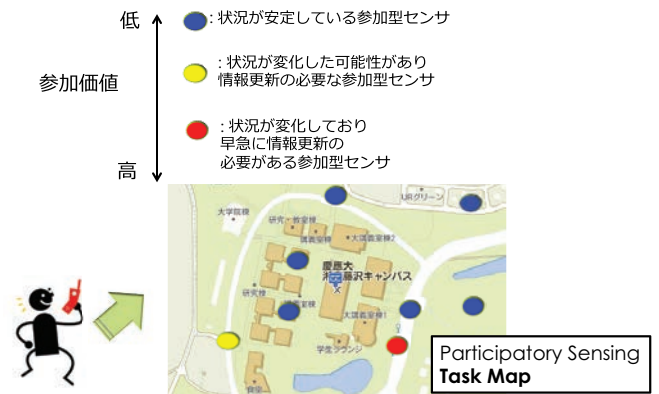


図2 物理センサによる参加型センシングタスクの価値付け

る。そのため、あるセンシングタスクを最初は物理センサを設置しメンテナンスを行いながらセンシングを行い、そのメリットをまず参加者の可能性となるユーザにわかってもらい、徐々にセンシングに参加してくれるユーザが増加した際に物理センサを撤去し、人間のみのセンシングでセンシングタスクを遂行するようにする、というシナリオが考えられる。物理センサをブートストラップ時の参加型センシング参加者を集める手段として利用することで、メンテナンスが必要な物理センサからメンテナンスフリーの人型センサへのシームレスな移行が可能となる可能性がある。この際にも、物理センサと参加型センシングは同一のプラットフォーム上で動作することが望ましい。

**3. センサネットワークと参加型センシングのための統合アーキテクチャ**

本研究では、物理センサからなるセンサネットワークと参加型センシングのための統合アーキテクチャの検討・設計を行なっている。本アーキテクチャは XMPP プロトコル [1] の PubSub Extension を利用している。PubSub プロトコルにおけるイベントノードを仮想センサとして利用し、そのノードに対して物理センサ及び人型センサがセンサデータをパブリッシュすることで、アプリケーションは物理センサと人型センサの差異を感じることなく、同一の API でセンサデータを取得することができる。アプリケーションはセンサデータを活用するために、センサデータのフォーマットを知る必要がある。そこで、本アーキテクチャではセンサノードのメタデータを配信するメタノードと、実際のセンサデータを配信するデータノードをペアとして用意し、センサノードのフォーマットとデータを配信する。参加型センシングのためには、そのタスク内容が記述・配信される必要がある。本研究ではメタデータに記述されたセンサノードのフォーマットに応じて、参加型センシングのためのインタフェース、使用センサを動的に決定・生成することで、参加型センシングを実現する。本アーキテクチャ上で物理センサが動作する際の図を図3に、参加型センシングが動作する図を図4に示す。本アーキテクチャは、カーネギーメロン大学で開発された SensorAndrew [2] をベースとして開発を行なっている。なお本アーキテクチャには、参加型センシングに参加するユーザの予期せぬプライバシー流出を防ぐため、Fence という機

能が備わっている。本機能は、ユーザの空間および時間情報に従い、参加型センシングに参加可能か不可能かを決定し、予期せぬプライバシー流出を防ぐ。

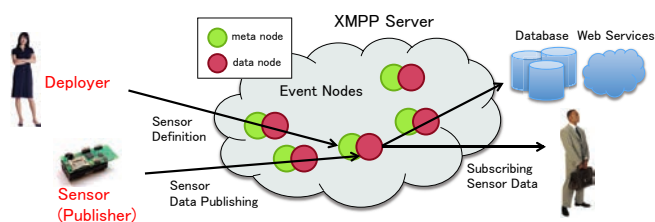


図3 物理センサのセンサデータ配信時

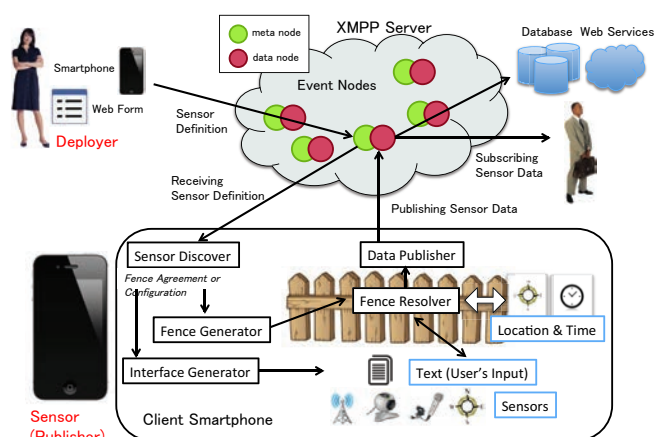


図4 参加型センシングのセンサデータ配信時

#### 4. 関連研究

携帯端末を利用したセンシングは、Participatory Sensing [3] と Opportunistic Sensing [4] に大別できる。Participatory Sensing では、携帯端末を持ったユーザが何らかの目的を持って情報収集を行おうとしているセンシングシステムの管理者からタスクを受け取り、そのタスクの指示通りにセンシングを行う手法である。一方、Opportunistic Sensing では、センシングシステムの管理者からタスクを受け取るが、一度タスクを承認した後は携帯端末上で自動的かつ継続的にセンシングが行われる。本研究では、これら2つの携帯端末を利用したセンシングを参加型センシングと呼び、その対象にしている。

参加型センシングの具体的なアプリケーション、及び参加型センシングの実現を容易化するためのシステムは近年多数提案されている。アプリケーションとしては、携帯端末のGPSと大気センサを利用してぜんそくと大気汚染の相関関係を調査するための MobAsthma [5] や、Micro-Payments [6] では参加型センシングにおけるユーザのインセンティブに関する研究の一環とし、大学構内に存在するゴミ箱の写真を大学生が撮影し、集約することでキャンパスの清掃状況を把握する手法などが提案されている。これらのアプリケーションを構築するためには、参加型センシングに関するタスクの記述や配信を容易化するシステムが重要となる。よって、PRISM [7], Medusa [8],

Sensr [9] など、多くのシステムが提案されてきた。しかし、これらのシステムはあくまで参加型センシングのためのシステムであり、本研究は参加型センシングと物理センサを同一プラットフォームで実現しようとする点に、その意義がある。

#### 5. むすびに

本研究では、物理的なセンサからなるセンサネットワークと参加型センシングを同一プラットフォーム上で実現するために、その必要性を議論するとともに、現在設計と実装を進めているアーキテクチャについて説明した。提案アーキテクチャはXMPPのPubSub Extensionを用いることで、仮想センサを構築し、そのセンサに対して物理センサおよび人型センサがセンサデータをパブリッシュすることでセンサデータの配信を行う。本研究が実現されることによって、参加型センシングに参加するユーザの新しい動機付け手法や、タスクの価値付けなど、様々な応用システムが実現可能となると考えられる。今後、提案したシステムの設計・実装を進め、実際の運用を通じて、評価を行なっていく。

**謝辞** 本研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構に支援頂いた。

#### 文 献

- [1] “Xmpp standard foundation,” <http://xmpp.org>.
- [2] “Sensor andrew,” <http://sensor.andrew.cmu.edu/users/login>.
- [3] B.J. A, Estin.D, H. Mark, P. Andrew, R. Nithya, R. Sasank, and S. vastavaMani B, “Participatory sensing,” First Workshop on World-Sensor-Web: Mobile Device Centric Sensory Networks and Applications In SenSys, pp.NA–NA, 2006.
- [4] A.T. Campbell, S.B. Eisenman, N.D. Lane, E. Miluzzo, and R.A. Peterson, “People-centric urban sensing,” Proceedings of the 2nd annual international workshop on Wireless internet, pp.2–5, WICON ’06, ACM, New York, NY, USA, 2006. <http://doi.acm.org/10.1145/1234161.1234179>
- [5] E. Kanjo, J. Bacon, D. Roberts, and P. Landshoff, “Mob-sens: Making smart phones smarter,” IEEE Pervasive Computing, vol.8, no.4, pp.50–57, 2009.
- [6] S. Reddy, D. Estrin, M. Hansen, and M. Srivastava, “Examining micro-payments for participatory sensing data collections,” Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing, pp.33–36, Ubicomp ’10, ACM, New York, NY, USA, 2010. <http://doi.acm.org/10.1145/1864349.1864355>
- [7] T. Das, P. Mohan, V.N. Padmanabhan, R. Ramjee, and A. Sharma, “Prism: platform for remote sensing using smartphones,” Proceedings of the 8th international conference on Mobile systems, applications, and services, pp.63–76, MobiSys ’10, ACM, New York, NY, USA, 2010. <http://doi.acm.org/10.1145/1814433.1814442>
- [8] M.-R. Ra, B. Liu, T.F. La Porta, and R. Govindan, “Medusa: a programming framework for crowd-sensing applications,” Proceedings of the 10th international conference on Mobile systems, applications, and services, pp.337–350, MobiSys ’12, ACM, New York, NY, USA, 2012. <http://doi.acm.org/10.1145/2307636.2307668>
- [9] S. Kim, J. Mankoff, and E. Paulos, “Sensr: evaluating a flexible framework for authoring mobile data-collection tools for citizen science,” Proceedings of the 2013 conference on Computer supported cooperative work, pp.1453–1462, CSCW ’13, ACM, New York, NY, USA, 2013. <http://doi.acm.org/10.1145/2441776.2441940>