

自律センサボックスを活用した スマートシティ屋内環境センシングサービスの開発

榊原 誠司[†] 佐伯 幸郎[†] まつ本真佑^{††} 中村匡秀^{†††}

^{†††} 神戸大学 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 大阪大学 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

E-mail: †sakakibara@ai.cs.kobe-u.ac.jp, ††masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし スマートシティにおけるスマートサービスの提供に必要な屋内環境センシングを低コストで実現するため、我々の研究グループでは様々な環境センサを小さな箱に入れた IoT デバイスであるセンサボックスを提案している。しかし、従来のセンサボックスをスマートシティへ直接適用しようとした場合いくつかの問題がある。本研究では、センサボックスをスマートシティへ適用するために、自律センサボックスを活用した屋内環境センシングサービスの提案を行う。また、実際の環境に複数の自律センサボックスを配置し、環境センシングへの有効性を確認している。
キーワード スマートシティ, IoT, 環境センシング, Scallop4SC, センサボックス

Indoor Environment Sensing Service in Smart City using Autonomous Sensor Box

Seiji SAKAKIBARA[†], Sachio SAIKI[†], Shinsuke MATSUMOTO^{††}, and Masahide NAKAMURA^{†††}

[†] Kobe University Rokkodai-cho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

^{††} Faculty of Engineering, Osaka University Yamada-oka 1-5, Suita, Osaka, 565-0871 Japan

E-mail: †sakakibara@ai.cs.kobe-u.ac.jp, ††masa-n@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract To realize indoor environmental sensing, which is a key technology of providing smart services in smart city, with low cost, our research group has proposed a small IoT device named *sensor box*. In the previous sensor box, however, it is difficult to deploy for smart city with some problems. In this paper, we propose an indoor environment sensing service using autonomous sensor box to adapt the previous sensor box for smart city. To confirm the effectiveness of proposed service, we deploy autonomous sensor boxes on practical indoor environments.

Key words Smart City, IoT, Environmental Sensing, Scallop4SC, Sensor Box

1. はじめに

スマートシティ [1] [2] とは ICT (Information and Communication Technology) や環境技術を使い様々なデータを収集・管理し、住民に付加価値サービスを提供する次世代の社会システムである。現在、スマートシティの実現に向けた一つのアプローチとして、家庭のエネルギー管理システム HEMS (Home Energy Management System) [3] を利用してエネルギーを最適化するサービスが実用化されつつある。また近年の IoT (Internet of Things) [4] の発展により、屋内のあらゆるデバイスをインターネットに接続することが実現しつつあり、住民の生活の質を向上させるスマートホームへの注目も集まっている。今後、ヘルスケアや高齢者ケア、防犯防災といったサービスへの応用が期待されている。こうしたスマートサービスを提供するためには、

エネルギーに限らず宅内の様々なデータを取得し、屋内の状況を把握して、サービスに活用できることが重要である。

屋内環境センシングは、屋内の環境データを各種センサで測定し、蓄積・活用するものである。屋内環境センシングは今後のスマートシティサービスの実現に有望であるが、住居内への環境センサの設置やデータ蓄積基盤などのインフラにかかるコストが問題となっている。屋内環境センシングを低コストで実現するために、我々の研究グループでは様々な環境センサを小さな箱に入れた IoT デバイスであるセンサボックスを提案している [5]。このセンサボックスをスマートシティ内の各家に配置し、クラウドに環境データを集約することで、高価なインフラを必要とせずに都市全体の屋内環境センシングが実現できる。しかし、従来のセンサボックスをスマートシティへ直接適用しようとした場合、次の P1 ~ P3 の問題が挙げられる。

- P1: センサボックスの設定を人手に頼っている。
- P2: 測定データに測定環境の情報がひもづいていない。
- P3: クラウドに集約したデータの活用法を考慮していない。

P1により、スマートシティ規模で各家庭にセンサボックスを配備する場合、膨大な導入コストがかかる。また P2 により、蓄積されるデータがスマートシティ内のどこのどのような測定データかを識別できない。更に P3 により、蓄積した大規模センサデータを住民に価値として還元できない。

本研究では、これら 3 つの問題を解決する新たなスマートシティ向け屋内環境センシングサービスを提案する。具体的には、まず P1 を解決するために、センサボックスを自律動作させた自律センサボックスを開発する。自律センサボックスは、電源とネットワークさえ接続すれば、クラウド側の管理サービスと連携して自動的に自己設定を行い、環境データを測定してクラウドにデータをアップロードする。次に P2 に対応するために、我々が先行研究で提案しているスマートシティ用データプラットフォーム Scallop4SC [6] と連携し、センサボックスで測定した環境データに、ボックスの設置場所や管理情報などのデータにひもづける。最後に P3 に対応するため、センサボックスがクラウドに送信するデータの標準スキーマを決定する。更に、様々なアプリケーションがセンサのログや現在状態を Web-API を介して容易に取得できる Web サービスを開発する。

本稿では、Raspberry Pi と Phidgets センサを用いた自律センサボックスを実際に作成し、スマートシティ構成情報をひもづけて環境データをクラウドに自動的に蓄積するサービスのプロトタイプ実装を行った。また、開発した自律センサボックスを実際の住宅へ設置して屋内環境センシングを行った。その結果、住宅の工事や住人の設定の手間を全く必要とせずに、自動的に環境センシングが行えることを確認できた。

2. 準備

2.1 屋内環境センシング

屋内環境センシングは、環境センサを用いて屋内の様々な環境データを測定するものである。代表的な環境データとしては、温度や湿度、照度、気圧、音量、人の動き、振動などが挙げられる。測定したデータは様々なスマートサービスに役立てられる。例として住民の健康向上、高齢者の見守り、防犯システム、労働環境測定などが考えられる。今日、身の周りのあらゆるものをインターネットに接続する、IoT の研究・開発が盛んである。環境センサについても小型化・インターネット化が進み、測定したデータをネットワークを通じて送信することが可能となっている。これらのセンサを最新のクラウドサービスを組み合わせて活用することで、大規模で広範囲の環境データの蓄積・活用を比較的低コストで行えるようになってきている。

2.2 センサボックスフレームワーク

これまで様々な分野でセンサを活用したアプリケーションが研究・開発されてきている。しかしながら、既存のアプリのほとんどはソフトウェアとセンサデバイスが密結合している。そのため、センサデバイスの差し替えが不可能であったり、異なるアプリ間のセンサ再利用性やデータ互換性が非常に乏しい問題

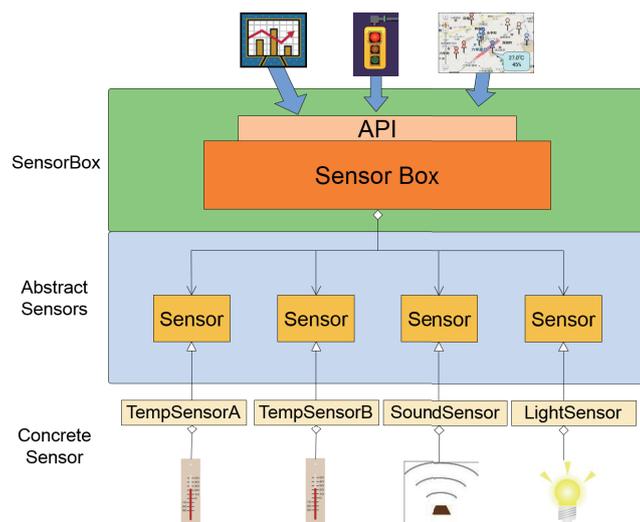


図1 センサボックスフレームワークのアーキテクチャ

があった。この問題を解決すべく、我々は先行研究においてセンサボックスフレームワークを提案している [5]。センサボックスフレームワークは、センサデバイスを抽象化し、複数種類のセンサを自由に組み合わせる箱 (= センサボックス) という単位で管理し、様々なアプリから共用可能にするアプリケーションフレームワークである。そのアーキテクチャを図1に示す。

図中の最上位のレイヤでは、センサボックスの API を Web サービスとして公開しており、様々なアプリケーションから Web の標準的な方法で横断的にセンサボックスを活用できるようになる。このフレームワークにより、他種多数のセンサデバイスは全て Web サービスとして利用できるため、実質的にはセンサを IoT 化していることになる。

センサボックスフレームワークでは、フレームワークに具体的なセンサの情報を知らせるため、センサボックス定義ファイルという設定ファイルが必要となる。現状ではセンサボックスの所有者が手動で定義ファイルを作成し、フレームワークに与えている。フレームワークは定義ファイルを実行時に読み込み、リフレクション機構を用いて適切なセンサオブジェクトを生成する。センサデバイスを差し替える場合はこの定義ファイルを書き換えることで対応可能である。

2.3 Scallop4SC

Scallop4SC (SCALable LOggingPlatform for Smart City) [6] は、スマートシティ内で取得される多種多様で巨大なログデータを蓄積・活用するためのデータ処理プラットフォームである。Scallop4SC は以下 4 つの主要機能を持つ。

- 都市内で発生する様々なログ情報の収集及び蓄積
- 蓄積ログの効率的な処理
- スマートシティに関する構成情報の一元管理
- 上記のデータへの汎用アクセス API の提供

上記 3 番目の機能により、Scallop4SC ではどんな機器がスマートシティのどこに設置されているか、また、誰に管理されているかといった構成情報を管理できる。図2に、我々が先行研究 [6] で設計した Scallop4SC の構成情報 DB のデータス

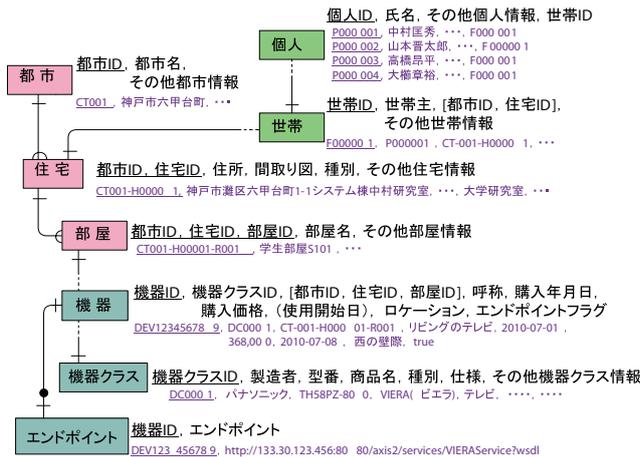


図 2 スマートシティ構成情報のデータ構造

キーマを示す。この ER 図は文献 [7] で示された記法に基づいている。四角はエンティティを表し、データ項目を右に並べる。データ項目の下線は主キーを表し [] は外部複合キーを表している。各エンティティの下部には、インスタンスを併記している。(+) は親子関係, (+ ...) は参照関係を表す。この図より、スマートシティの構成情報は大きく住居情報、機器情報、個人情報 の 3 つの情報から構成されていることがわかる。

2.4 スマートシティのための屋内環境センシング

一つの屋内環境センシングで得られたデータは、そのセンサデータを取得した環境に閉じたサービスで活用されてきた。しかしながら、都市内のあらゆる場所で屋内環境センシングを行い、環境データを都市規模で収集・管理するスマートシティ屋内環境センシングを行うことで、都市機能を最適化する様々なスマートシティサービスへの応用が期待できる。

都市内の各拠点の屋内環境センシングは、2.2 で述べたセンサボックスおよびフレームワークを利用することで比較的容易に実現できる。しかしながら、元来のセンサボックスフレームワークはスマートシティ規模のデータ収集を想定していない。そのため、スマートシティ屋内環境センシングに適用するには下記の課題がある(それぞれ 1. で述べた P1~P3 に対応する)。

- センサボックス定義ファイルの設定を人手に頼っている。
- 測定データと測定環境をひもづける手段がない。
- 集約した複数地点のデータを表現・利用する方法が未定。

1 つ目はセンサボックス設定のための人的コストが膨大になる問題、2 つ目は測定した環境データの出处が明らかにできなくなる問題、3 つ目は収集したデータを市民に価値として還元できなくなる問題につながる。

そこで本研究では、次の 3 つの要求を満たす新たなスマートシティ屋内環境センシングサービスの提案を目指す。

- R1: 設定, 設置, 管理の手間の最小化
- R2: 測定データとスマートシティ構成情報のひもづけ
- R3: データ蓄積基盤とデータ構造の決定

これら 3 つの要求を満たすために、本研究では、自律的に環境センシングを行う新たなセンサボックス(自律センサボックス)と、それをサポートするクラウドサービスを開発する。

3. 提案手法

3.1 全体アーキテクチャ

図 3 に本研究で提案するスマートシティ屋内環境センシングサービスの全体アーキテクチャを示す。提案サービスは大きく分けて下記の S1~S4 の要素から構成される。

S1:自律センサボックス 電源とネットワークをつなぐだけで、自律的に屋内環境センシングを行い、クラウドにデータをアップロードするセンサボックス。

S2:センサボックス管理サービス スマートシティ内に配置された全てのセンサボックスの定義ファイルや構成情報を管理するクラウドサービス。

S3:ログ収集サービス スマートシティ内のセンサボックスが測定したデータを、時系列データとして大規模データベースに一元的に収集するクラウドサービス。

S4:状態キャッシュサービス スマートシティ内のセンサボックスが測定した最新データをメモリに保持するクラウドサービス。

提案サービスでは、上記 4 つの構成要素をサービス指向アーキテクチャ(SOA) で連携・統合することにより、スマートシティ屋内環境センシングサービスを実現する。それぞれの要素について次節以降で述べる。

3.2 自律センサボックス

スマートシティ内の各拠点における屋内環境センシングを実施する手段として、センサボックスを利用する。センサボックスのハードウェアは、複数の種類の環境センサ(デバイス)とそれらを制御するセンサハブから構成される。図 3 の [S1] 部に示す通り、センサハブには 2.2 で述べたセンサボックスフレームワークがインストールされている。センサハブ内のロガーアプリケーションは、定期的にセンサボックスの Web サービス (REST) を呼び出してセンサデータを取得し、JSON 形式のテキストにしてクラウドにアップロードする。

センサボックスフレームワークを利用するためには、接続した環境センサデバイスの設定が記載されたセンサボックス定義ファイルが必要である(2.2 参照)。従来のセンサボックスでは定義ファイルは所有者が手でセンサボックス内に組み込む必要があったため、台数が増えた時の設定管理が膨大な手間となる。そこで自律センサボックスでは、この定義ファイルをクラウド上で一元管理し、起動時にセンサボックスが自律的に自分の定義ファイルをダウンロードする仕組みを実装する(図 3 の conf および [S2] を参照)。クラウド上に定義ファイルを一元管理することで、使用するセンサデバイスや設置場所の変更があった場合でも、クラウド上の定義ファイルの情報を変更するだけで対応できる。

また、スマートシティ内の各センサボックスを一意に識別するために、それぞれに固有の ID (センサボックス ID) を付与する。更に、配備するセンサボックスそれぞれについて、2.3 で述べた Scallop4SC に、センサボックス ID, 設置場所, 管理者情報をあらかじめ登録しておく。これにより、後述する測定データと測定環境のひもづけを行う。

自律センサボックスの主な機能は以下のとおりである：

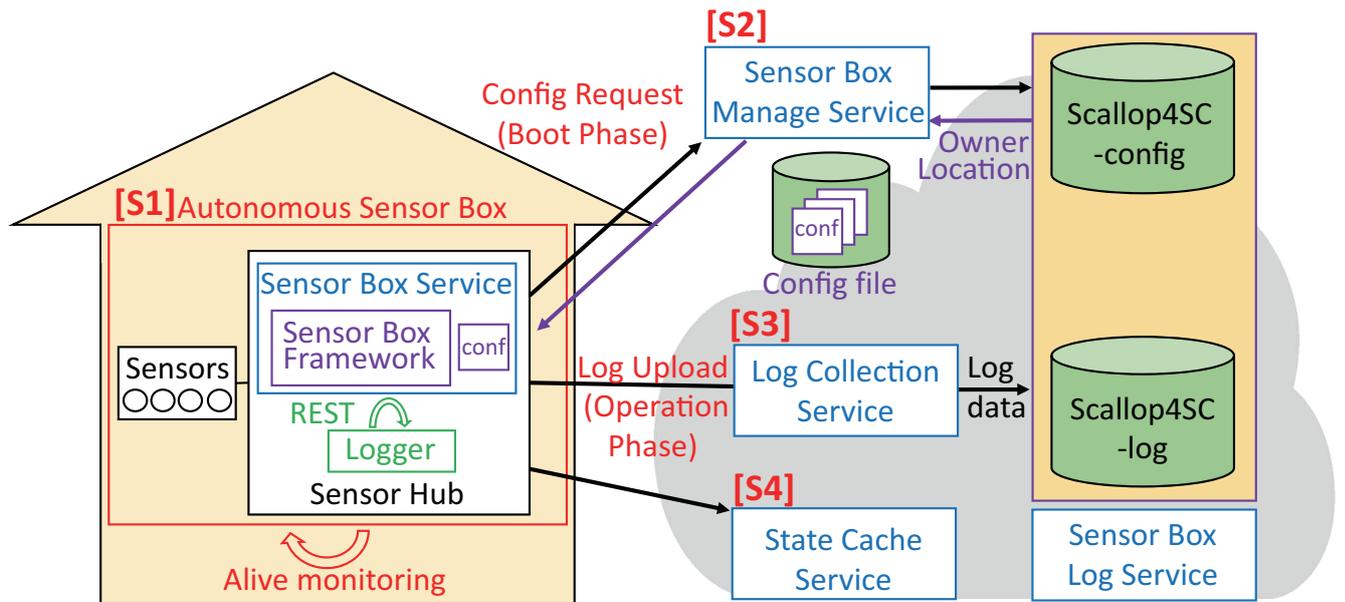


図 3 提案サービスのアーキテクチャ

ネットワークへの自動接続: 電源を入れたら、ネットワークへ自動的に接続し、クラウドと通信するための準備をする。
 センサボックスの自動設定: クラウドと通信可能になると、センサボックスの自動設定を行う。はじめにセンサボックスはセンサボックス管理サービスに自分の ID を渡す。管理サービスは渡された ID に対応するスマートシティ構成情報を Scallop4SC から取得する。管理サービスは該当する ID のセンサボックス定義ファイルに構成情報を付け加えてセンサボックスに返す。
 ロガーの自動起動: センサボックスの設定が完了すると、センサロガーを自動的に起動する。ロガーはセンサボックスフレームワークの Web サービスの API を利用して、接続された各種センサの値を取得する。ロガーは取得した値をネットワークを通じてクラウドの 2 種類のサービス (ログ収集サービス、状態キャッシュサービス) へアップロードする。センサ値の取得とアップロードは、与えられた取得間隔で繰り返し行われる。
 ロガーの死活管理: センサボックスが起動している間に一定間隔でロガーが起動されているかどうか調べ、ロガーが止まっていたら自動で再起動する。

上記の自律化機能により、ユーザはセンサボックスを設置して電源を入れるだけで自動的に環境センシングが開始される。よって設置に伴う設定・管理の手間が最小化される。

3.3 センサボックス管理サービス

センサボックス管理サービスは、Scallop4SC と連携してスマートシティ内の全てのセンサボックスを管理するクラウドサービスである。図 3 の [S2] に示す通り、管理サービスは各センサボックスの起動時にアクセスされ、与えられたセンサボックス ID にひもづけられたスマートシティ構成情報を Scallop4SC から取得する。その後、当該センサボックスの定義ファイルにスマートシティ構成情報を付け加えて、センサボックスへ返す。

更にセンサボックス管理サービスは、各センサボックスのネットワーク接続情報 (IP アドレスなど) も管理しており、センサ

表 1 データベースに格納する環境データのスキーマ

	Key 名	Value の説明	Key-Value 形式の例
data	light	センサの測定値	light:82
	temperature		temperature:10.667

info	date	ログを取得した日付	date:2016-02-04
	timeOfDay	ログを取得した時刻	timeOfDay:16:07:39
	time	ログを取得した日時	time:2016-02-04-T16:07:39+09:00
	boxid	センサボックスの ID	boxid:sbox-phidget-406364
	owner	センサボックスの所有者	owner:sakakibara
	location	センサボックスの設置場所	location:神戸/神戸大学/S101 室/デスク

ボックスの遠隔テストや保守に利用する。

3.4 ログ収集サービス

ログ収集サービスは、センサボックスが測定した環境データを受け取り、時系列データ (= ログ) として蓄積するサービスである (図 3 の [S3])。ログ収集サービスでは、センサデータの効率的な検索や集約を実現するために、表 1 に示すデータスキーマを規定している。表中の data はセンサボックスが計測したセンサの値、info はセンサの値を説明するメタ情報である。

様々な組合せのセンサを持つセンサボックスからの測定データを一元的に扱うために、センサデータそのものについては厳密なスキーマを決めず、属性名と値の Key-Value で表す。

一方、メタデータについては、センサの種類に依存しない共通の属性を決め、センサデータの検索や集約に役立てる。具体的には、特定の環境センシングに依存しない When, Who, Where の 3 つの観点から、いつの測定値なのか、だれの測定値なのか、どこかの測定値なのかを説明するメタデータの項目を洗い出した。date, timeOfDay, time は、When に関するデータ項目で、ロガーがセンサ値を取得した時刻となる。boxId と owner は、Who に関するデータ項目で、それぞれセンサボックス ID と Scallop4SC から取得されるセンサボックスの所有者の ID が入る。location は where に関するデータ項目で、Scallop4SC から取得したセンサボックスの設置場所の情報が入る。

センサボックス内のロガーは、毎回の計測において、表 1 のスキーマに基づくデータを生成し、JSON 形式のテキストに加工して、ログ収集サービスにアップロードする。収集されたセンサの時系列データは、センサボックスログサービス (図 3 の右下隅) を通して、様々なアプリケーションから利用される。

3.5 状態キャッシュサービス

状態キャッシュサービスは、センサボックスから次々に送られてくるデータのうち最新のものをキャッシュし、センサボックスの現在値への高速アクセスをアプリケーションに提供するサービスである (図 3 の [S4])。ログ収集サービスに蓄積される時系列データは、過去の値を利用するアプリには有効である。しかし、現在の値のみ必要なアプリに対しては、蓄積したデータから最新のものを検索するオーバーヘッドが大きくなる。

状態キャッシュサービスは、センサボックス ID を Key に、現在の測定値を Value として、常に最新の測定値をメモリ上に保持し、任意のセンサボックスの現在値への高速なアクセスを実現する。自律センサボックスは測定したセンサ値をログ収集サービスと状態キャッシュサービスの両方にアップロードすることで、過去と現在のデータを利用する両方のアプリケーションへ効率的なデータ提供を実現している。

3.6 環境センシングサービスの全体の流れ

スマートシティ屋内環境センシングサービスでは、センサボックスを設置する前に、センサボックス管理サービス上に使用するデバイス情報を記述したセンサボックス定義ファイルを作成し、設置場所および所有者をスマートシティ構成情報として Scallop4SC へ登録しておく。屋内へ設置されたセンサボックスが起動すると、センサボックスは自らの ID をクラウド上のセンサボックス管理サービスに渡す。センサボックス管理サービスは渡された ID で Scallop4SC に問い合わせ、スマートシティ構成情報にひもづいたセンサボックス定義ファイルを作成し、センサボックスサービスへ返す。センサボックスフレームワークは取得したセンサボックス定義ファイルに基づいてセンサデバイスを設定する。ロガーはセンサボックスサービスを通してセンサの計測値を受け取り、スキーマに従ってデータを整形する。その後、クラウド上のログ収集サービスと状態キャッシュサービスへ JSON 形式のテキストでアップロードする。ログ収集サービスは測定データをクラウド上のデータベースへ蓄積し、状態キャッシュサービスは最新のデータのみを保存する。

3.7 要件の充足性

提案サービスが 2.4 で述べた要件を満たすことを確認する。

R1: 設定、設置、管理の手間の最小化

宅内にセンサボックスを置くだけで屋内環境センシングが実行できる。設定はセンサボックス自らがクラウドから取得し、使用するセンサデバイスや設置する場所が変わっても、クラウド上の管理情報を更新するだけで対応できる。

R2: 測定データとスマートシティ構成情報のひもづけ

Scallop4SC にセンサボックスの配置情報を登録することで、スマートシティ構成情報を付加したセンサボックス定義ファイルを生成できる。これにより、センサボックスの測定値と構成情報のひもづけが可能となる。



図 4 作成したセンサボックス

R3: データ蓄積基盤とデータ構造の決定

提案したデータスキーマによって、収集されるセンサデータの構造が決定される。また蓄積されたデータの時系列と現在値はそれぞれログ収集サービスと状態キャッシュサービスを通して様々なアプリケーションによって活用される。

4. 実装

提案するスマートシティ屋内環境センシングサービスのプロトタイプ実装を行った。

自律センサボックス (S1): 作成した自律センサボックスの概観を図 4 に示す。収容するセンサデバイスとして、Phidgets 社製 [8] の下記の 7 種類の環境センサを使用した。

- 温度センサ (Humidity/Temperature Sensor 1125)
- 湿度センサ (Humidity/Temperature Sensor 1125)
- 気圧センサ (Absolute Pressure Sensor 1141)
- 振動センサ (Vibration Sensor 1104)
- 音量センサ (Sound Sensor 1133)
- 照度センサ (Light Sensor 1127)
- 人感センサ (Motion Sensor 1111)

これら 7 種類のセンサはインタフェースボードである PhidgetInterfaceKit を介してセンサハブへ接続する。センサハブには、ワンボード PC の RaspberryPi 2 (Model B, Raspbian Jessie) を利用した。図 4 ではケースの中に環境センサとインタフェースボードが組み込まれており、USB ケーブルの先は RaspberryPi に接続する。環境データが正しく測定されるようにケースを加工し、またセンサボックス ID とセンサの種類を確認できるように側面に記載している。センサロガーは Perl で実装し、死活管理はシェルと cron を用いて行った。また、センサボックスサービスは Java で開発し、Apache Axis2 を利用して Web サービスとして RaspberryPi に配備した。

センサボックス管理サービス (S2): センサボックス管理サービスの API は Perl の CGI および HTML::Template ライブラリを利用して実装した。Scallop4SC との接続部分は API は Java で開発し、データベースには MySQL, OR マッパーに MyBatis を使用した。

ログ収集サービス (S3): ログ収集サービスは、ログ収集フレ

センサボックス時系列データ(家/リビング)

日付: 2016-01-18

< 前の日

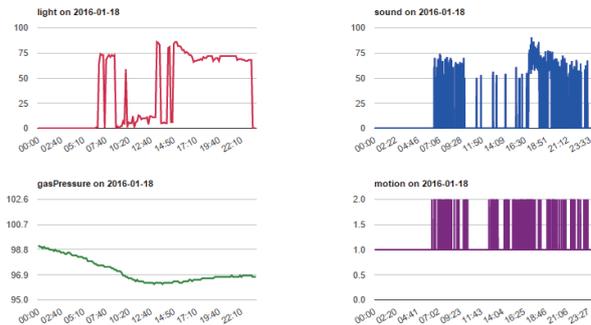


図5 センサボックスログサービスによる過去のデータ表示

```
{ "sbox-phidget-406364": { "info": { "boxid": "sbox-phidget-406364", "date": "2016-02-10", "location": "CT002/H00001/R003/靴箱上", "owner": "yasuda.kiyoshi", "time": "2016-02-10T21:06:4209:00", "timeOfDay": "21:06:42"}, "data": { "motion": "false", "light": "0", "humidity": "49.38199999999999", "sound": "0.0", "gasPressure": "99.7824347826087", "temperature": "10.22262000000006", "vibration": "500.0", "presence": "0" } }
```

図6 状態キャッシュサービスによるデータ取得

ムワーク Fluentd を利用して実装した。センサデータを蓄積するデータベースには、MongoDB、HBase を用いた。Fluentd のプラグインを利用して、それぞれのデータベースへデータの流し込みを行っている。

状態キャッシュサービス (S4): Java の Map を利用して開発し、Jersey を用いた RESTful Web サービスとして配備した。

5. 評価

5.1 実環境への配備

提案サービスの実用性を確認するために、センサボックスを研究協力者の自宅へ設置し、長期的な環境センシングを行っている。設置したセンサボックスは合計3つであり、リビング、玄関、洗面所の環境センシングを行っている。図5にログ収集サービスで取得したデータを可視化する Web アプリケーションのスクリーンショットを示す。図は2016年1月18日のリビングを測定データの一部を時系列でグラフ化している。例えば light の項目では照度センサが測定した値が lux で時系列で表示されていることが確認できる。図6に、状態キャッシュサービスによるデータ取得結果を示す。センサボックス sbox-phidget-406364 の最新の測定値が info フィールドと data フィールドで表示されていることがわかる。研究協力者は ICT の非専門家であるが、設定や保守の作業を依頼することなく運用できている。

5.2 考察

実環境で提案サービスを運用した結果、少なくともも設置した住宅においては本研究で目指した3つの要求 R1,R2,R3 を満たした自律的な環境センシングが実施できた。取得した実際の環境データによると、照度センサによる就寝時間、玄関の人感センサによる外出時間、洗面所に設置したセンサボックスの音セ

ンサと湿度センサの変化による洗濯機の使用など、実生活における様々な状況情報を導出・推定できることがわかっている。これらの状況情報を利用した付加価値サービスの考察は、今後の課題としたい。また、屋内環境データの取得により居住者の行動パターンや生活サイクルが推測可能であるが、データは居住者の個人情報であり当然ながらプライバシーに配慮する必要がある。スマートシティサービスに利用する際には、匿名化や暗号化の技術を用いて、個人のプライバシーを尊重し、特定個人が不利益を被らないような対策を考えていきたい。

6. おわりに

本稿では、スマートシティのための屋内環境センシングサービスを提案した。提案サービスでは、環境センサを収容した IoT デバイスであるセンサボックスが、3つのクラウドサービスと連携して、人手を介することなく自律的に環境センシングを実行し、データをクラウドに収集する。また提案サービスのプロトタイプを実装し、実際の住宅に配備して試験運用を行った。その結果、住人の方に設定や運用作業を依頼することなく、継続的な環境センシングが可能であることを確認した。

今後の課題として、収集したスマートシティの屋内環境データを活用した付加価値サービスの開発が挙げられる。また、それに伴う個人情報保護の仕組みも考えていきたい。また、今回提案した据え置き型のセンサボックスと、スマートフォンやウェアラブルデバイスなどのモバイル型のセンサとを連携した環境センシングも興味深いテーマである。

謝辞 本研究の一部は、科学技術研究費(基盤研究 B 26280115, 15H02701, 若手研究 B 26730155, 萌芽研究 15K12020)の助成を受けて行われている。運用実験では千葉労災病院・安田清先生に御協力頂いた。感謝の意を表する。

文献

- [1] P. Neirotti, A.D. Marco, A.C. Cagliano, G. Mangano, and F. Scorrano, "Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts," *Cities*, vol.38, pp.25–36, 2014.
- [2] R.G. Hollands, "Will the real smart city please stand up?," *City*, vol.12, no.3, pp.303–320, 2008.
- [3] Y.-S. Son, T. Pulkkinen, K.D. Moon, and C. Kim, "Home energy management system based on power line communication," *Consumer Electronics, IEEE Transactions on*, vol.56, no.3, pp.1380–1386, 2010.
- [4] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions," *Future Generation Computer Systems*, vol.29, no.7, pp.1645–1660, 2013.
- [5] 大櫛章裕, まつ本真佑, 佐伯幸郎, 中村匡秀, "モバイル環境センシングにおける個人向けセンサボックス 実装フレームワークの提案," 電子情報通信学会技術研究報告, 第113巻, pp.51–56, Nov. 2013.
- [6] 山本晋太郎, まつ本真佑, 中村匡秀, "スマートシティにおける大規模住宅ログ活用プラットフォームのための api 実装," 電子情報通信学会技術研究報告, 第112巻, pp.27–32, Nov. 2012.
- [7] 渡辺幸三, 販売管理システムで学ぶモデリング講座, 翔泳社, 2008.
- [8] Phidgets Inc., "Unique and easy to use USB interfaces". <http://www.phidgets.com/>.