

クラウド型 HNS における住宅ログ管理アーキテクチャの提案

李 俊昊[†] 鷹取 敏志[†] 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

E-mail: †{junho,takatori}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††sachio@carp.kobe-u.ac.jp,

†††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

あらまし 我々のグループでは、ホームサーバやサービスを全てクラウドで管理する新たなホームネットワークシステム (HNS) 「クラウド型 HNS」の研究開発を行っている。HNS サービスは宅内の機器や環境のログデータ (住宅ログ) を利用するが、住宅ログにはセキュリティ・プライバシー情報が含まれるため、クラウドでの管理には注意が必要である。本論文では、クラウド型 HNS において住宅ログを管理するための新たなアーキテクチャを提案する。提案アーキテクチャでは、各家のプライベートなログを管理する仮想ホームサーバと、匿名化された公開可能なログを町単位で管理する仮想シティサーバで構成する。仮想ホームサーバは家ごとのホームサービスを提供し、仮想シティサーバは町中の HNS から収集したデータを活用したスマートシティサービスを提供する。また本論文では、各家からクラウドに住宅ログを収集するシステムをセンサボックスと Raspberry Pi を用いて試作する。

キーワード クラウド型 HNS, 住宅ログ, セキュリティ, スマートホーム, スマートシティ, センサボックス

Considering Architecture for Managing House Log in Cloud-Based Home Network System

Junho LEE[†], Satoshi TAKATORI[†], Sachio SAIKI[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], and Masahide
NAKAMURA[†]

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

E-mail: †{junho,takatori}@ws.cs.kobe-u.ac.jp, ††sachio@carp.kobe-u.ac.jp,

†††{shinsuke,masa-n}@cs.kobe-u.ac.jp

Abstract We have been developing a novel home network system, called *Cloud-HNS*, which manages home servers and all the services within a cloud. The HNS services often use *house log* which is log data gathered from the environment and devices in a house. Since the house log contains security-privacy information, the house log must be managed carefully in cloud-HNS. In this paper, we propose a new architecture to manage the house log in the cloud-HNS. In the proposed architecture, for every house, a dedicated *virtual home server* manages the private log of the house. Also, a shared *virtual city server* is deployed to manage public de-identified data. The virtual home server provides home services for individual household, whereas the virtual city server provides smart city services using the data gathered from multiple houses within the city. In this paper, we also develop a prototype system that collects house log in the cloud, using a sensor box and Raspberry Pi.

Key words Cloud-HNS, house log, security, smart home, smart city, sensor box

1. はじめに

近年、家庭内にある様々な機器がスマート化されるスマート時代が到来している。そのような中で、宅内の家電機器やセンサーを利用し、様々な付加価値サービスを実現するホームネットワークシステム (HNS) の研究開発が続いている。HNS では、

宅内に設置されたテレビやエアコン、扇風機などの家電機器、および温度計や湿度計などのセンサ機器をネットワークに接続することで、複数機器の連携制御 [1] や、状況に応じたコンテキストウェアサービス [2] 等の付加価値サービス (以降、HNS サービスと呼ぶ) を提供することが出来る。最近の HNS 製品では、スマートフォンやタブレット、スマートテレビ等を利用

して操作できるもの [3] も登場している。

しかしながら、従来の HNS アーキテクチャでは、宅内にホームサーバを設置し、宅内のユーザが自らサービスを維持・管理していかなければならない。このため、サーバ機器の宅内導入コストや、管理するためのコストがユーザの負担となる。また、HNS サービスとホームサーバ、HNS 機器 (家電、センサ) とが密結合しており、ユーザは自分の好みの機器やサービスを自由に選べないという不便さがある。これらのことが、HNS の一般家庭への幅広い普及を妨げるひとつの要因となっている。

そこで我々の研究グループでは、宅内のホームサーバやサービスを全てクラウドで管理するクラウド型 HNS [4] を提案している。クラウド型 HNS では、ホームサーバが実行していた HNS サービスの様々な機能 (家電制御やセンサ値の取得、ログデータの管理など) を全てサービスとして抽象化し、クラウド上に集約する。この集約により、HNS 構成要素とベンダ提供のサービスとの間の密結合を解消し、宅内でのマルチベンダ HNS 環境が実現出来る。また、各ベンダの提供する HNS サービスは、クラウド型 HNS が公開する HNS-API を利用して各家庭の家電を遠隔制御する。これにより、宅内の構成情報や機器制御、ログ管理といったベンダ毎に保持していた共通の機能やサービスを一元管理することが可能となる。

クラウド型 HNS では、各住宅から収集したログデータ (住宅ログ) を活用して、HNS サービスに活用する。住宅ログにはセキュリティ・プライバシー情報が含まれるため、クラウドでの管理には注意が必要である。しかしながら、クラウド HNS での住宅ログの管理方法は未だ十分に議論されていない。

そこで本論文では、クラウド型 HNS において、クラウド型 HNS において住宅ログを安全に管理するための新たなアーキテクチャを提案する。提案アーキテクチャでは、各家のプライベートなログを管理する仮想ホームサーバと、匿名化された公開可能なログを町単位で管理する仮想シティサーバで構成する。仮想ホームサーバは家ごとのホームサービスを提供し、仮想シティサーバは町中の HNS から収集したデータを活用したスマートシティサービスを提供する。セキュリティ確保のため住宅ログを完全に家毎に完全に隔離するのではなく、ユーザの許諾によって公開された一部のログデータを、町全体の公共サービスに生かせるように配慮されている。

また本論文では、提案アーキテクチャの部分実装として、住宅ログを取得してクラウドにアップロードする仕組みを試作する。具体的には、センサボックス [5] と Raspberry Pi [6] を用いて宅内の環境値を取得し、CloudStack 上の仮想ホームサーバに VPN 経由でアップロードするシステムを実装した。

2. 準備

2.1 クラウド型 HNS

クラウド型 HNS [4] は、従来 HNS の課題を解決するための新たな HNS の形態である。HNS が提供する基本的な機能をサービスとして抽象化し、クラウド上で管理することで HNS の構成要素とサービスを提供する。これにより、ユーザは手軽にマルチベンダの HNS サービスを利用することが出来るよう

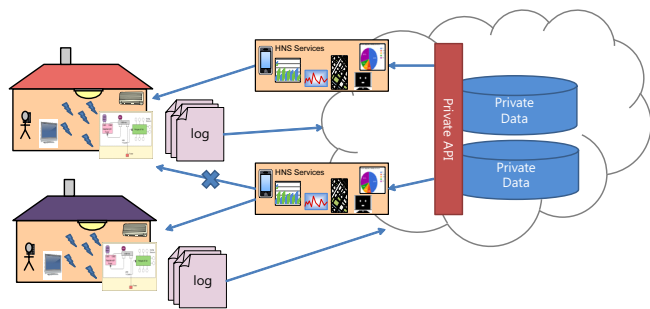


図 1 クラウド型 HNS

になるほか、HNS 導入費用と管理コストの低減が可能である。

現在のクラウド型 HNS では、セキュリティ・プライバシーの確保のため、家ごとに閉じたプライベートな空間をクラウド上に確保し、データやサービスを管理している。図 1 に、現在のクラウド型 HNS のアーキテクチャを示す。住宅から取得されるログデータや、住宅内の機器操作は家毎に隔離されており、異なる家のデータや操作にアクセスできないようになっている。

具体的には、全ての家に 1 台ずつ専用のホームサーバ (仮想ホームサーバと呼ぶ) を、クラウド上の仮想マシン (VM) として作成する。各仮想ホームサーバは、その家のセキュリティデータ保持し、HNS サービスをローカルで実行する。セキュリティ維持のため、他の HNS サーバとはデータや操作を共有しない。仮想ホームサーバと各家庭の間は、VPN (Virtual Private Network) を通じて、通信路の安全を確保する。クラウド型の HNS は使用者データ及び装置に対する複雑性と開発費用を減らし、サービスを簡単に提供できるメリットを持っている。

しかしながら、現在のクラウド型 HNS は、各家庭に閉じた専用のサービスを実現するように設計されており、データの一部を公開したり、共有サービスを実行することは考えられていない。実際のスマートシティサービスは街中の HNS のデータを匿名化して集約し、街全体の状況把握に利用する。しかしながら、こうしたサービスをクラウド型 HNS で実現するには、さらなる拡張が必要である。

2.2 住宅ログ

住宅ログは、ユーザーの住宅内で取得・計測可能な情報を、タイムスタンプをつけて記録したものである。家電機器の状態や消費電力値、センサで計測される温度や湿度等の環境値等を住宅ログとして記録する。クラウド型 HNS では、記録された住宅ログは、仮想ホームサーバにアップロードされ様々な HNS サービスに利用される。

一般に住宅ログは、その家の暮らしをそのまま反映したセキュリティ・プライバシー情報である。したがって、クラウドにおいては慎重に管理する必要がある。例えば、ドアロックのログは全ての家族の秘密記録であり、この情報が流出すれば単なるプライバシーの漏洩にとどまらず、空き巣や盗難等を招きかねない。

その一方で、住宅ログを匿名化し、その一部を公開・共有することで、有用なサービスに役立てることもできる。例えば、

宅内機器の総消費電力を公開し、全戸分を合算することで、コミュニティ全体の消費電力を計算・可視化でき、戦略的な省エネに利用できる。

本論文では住宅ログのセキュリティを維持しながら、住宅ログの一部を外部に共有・公開可能となるように、クラウド型 HNS を拡張することを目指す。

2.3 住宅ログ管理における課題

クラウド型 HNS において住宅ログを管理する上での課題を述べる。HNS をクラウド上で管理するため発生するセキュリティと、有用な公共サービスを提供できる柔軟性を両立する必要がある。そのためには様々な課題が存在するが、本稿では特に住宅ログに焦点を絞り、次のような 2 つの課題を解決することを目指す。

P1: 住宅ログの一次データのセキュリティ管理

各家庭で収集される住宅ログは、そのまま VPN 経由でクラウドに送られ、蓄積される。これまで提案してきたクラウド型 HNS は、住宅ログを保護するため、全てプライベートな仮想ホームサーバで管理する形態を提案してきた。この住宅ログの一次データ(生データ)は、仮想ホームサーバ内で他の家庭から隔離された状態で保存される。この方式では住宅ログのセキュリティを確保できる反面、外部にデータを一切公開できないというデメリットがある。実用上は、一次データを加工・匿名化して、公開・共有することで、様々なサービスに応用できるため、データの共有も念頭に入れることが重要である。

P2: 公共サービスへのデータ提供

プライベートな仮想ホームサーバ内だけで利用されてきた生データをセキュリティ・プライバシーの課題を解決した上で公開し、公共サービスに役立てる効率的な方法を検討する必要がある。こうして公開されたデータは、街全体の付加価値を創造するスマートシティサービスに適用可能である。街全体の見える化や状況に応じた最適制御等、様々な可能性がある。

3. 住宅ログを管理するためのクラウド型 HNS アーキテクチャ

前節での課題をふまえ、本章では住宅ログをクラウド型 HNS で管理するための新しいアーキテクチャを提案する。

3.1 提案の目的

クラウド型 HNS を通じて、住宅ログを活用した様々なサービスを実現するためには、セキュリティ・プライバシー問題を解決する部分を見極める必要がある。全ての住宅ログをプライベートな空間で閉鎖的に管理するのではなく、ユーザが許諾する部分、匿名化すれば公開できる部分については、積極的にパブリックな空間に集約し、公共サービスに役立てることが重要である。

情報公開による公共サービスの例としては、街全体のトータルな最適化を目指すスマートシティサービスが存在する。さらに、独居高齢者の安全を地域で見守るサービスにも応用可能である。

各家が独立的・閉鎖的になるのではなく、セキュリティ・プライバシー問題を対策した上でデータを積極的に公開することで、

有益な公共サービスが実現できる。こうしたサービスや地域のコミュニケーションを通じて、より豊かな社会や暮らしが実現できると考える。

3.2 提案アーキテクチャ

これまでのクラウド型 HNS のアーキテクチャでは、セキュリティ維持のためにプライベートな空間で使用されるサービスのみを考慮してきた。本論文では、プライベートだけでなく、パブリックなサービスも使用可能なアーキテクチャを提案する。

図 2 に提案アーキテクチャを示す。各家庭では、様々なセンサを搭載したセンサーボックス [5] を利用して、家の情報を計測する。計測データは時刻が付与され、住宅ログとしてクラウド上の仮想ホームサーバに送られる。データは、VPN を用いたセキュアな通信チャネルを利用して送信される。住宅ログの生データは、仮想サーバ内のデータベース (Private DB) で管理され、その家庭のプライベートな HNS サービスに利用される。これらの HNS サービスは、生データにアクセスするための Private API を利用して、サービスを実現する。API を用意する理由は、必要な内容だけを簡単にやりとりができるようにするためである。住宅ログの一次データを専用の仮想サーバ内で管理するのは、家族のセキュリティを維持するための一つの方法であり、従来のクラウド型 HNS と同一の方式である。

一方、ユーザが公共サービスに役立てたい住宅ログについては、フィルターを通じて加工を行ったうえで、PrivateDB から公共サーバ(仮想シティサーバと呼ぶ)にデータを移動させる。仮想シティサーバは、街中の家の HNS から、ユーザが許諾した匿名化された住宅ログを集約し、Public API を通じてデータを共有する場を提供する。各家の仮想ホームサーバは、この Public API にアクセスして、パブリックなスマートシティサービスを実行する。

図 2 において、De-identified/Disclosed Data は、各家のユーザの許諾の下、匿名化され公開されたデータを指し、公共サービスに利用される。このデータは仮想シティサーバ上ですべてのユーザによって共有可能なデータベースに蓄積・管理される。

また、VPN(Virtual Private Network) はセキュリティ維持のために使用されているネットワーク空間である。VPN を利用することで、仮想ホームサーバに保存された生データは、外部からのアクセスを隔離した状態でその家庭内部で利用される。すべてのログデータは VPN を通じて、クラウド空間にデータが保存される。保存された一次データをユーザが公開したい場合には、フィルタを通して De-identified 空間に公開する。

3.3 住宅ログ管理

仮想ホームサーバ内では、各家庭で収集した住宅ログの生データを管理する。各データには、時間、日付、IDなどを付与して、振り返りやリアルタイムなサービスに活用する。本稿では、住宅ログの管理のために、図 3 の ER 図に示すデータスキーマを設計した。

まず、ログデータ(log data)は、各種センサの計測値をタイムスタンプを付けて蓄積する。ログの ID と、どのセンサボックスで計測されたログなのかを示す、センサボックス ID も付与されている。設置ログ(deployment log)は、センサボックス

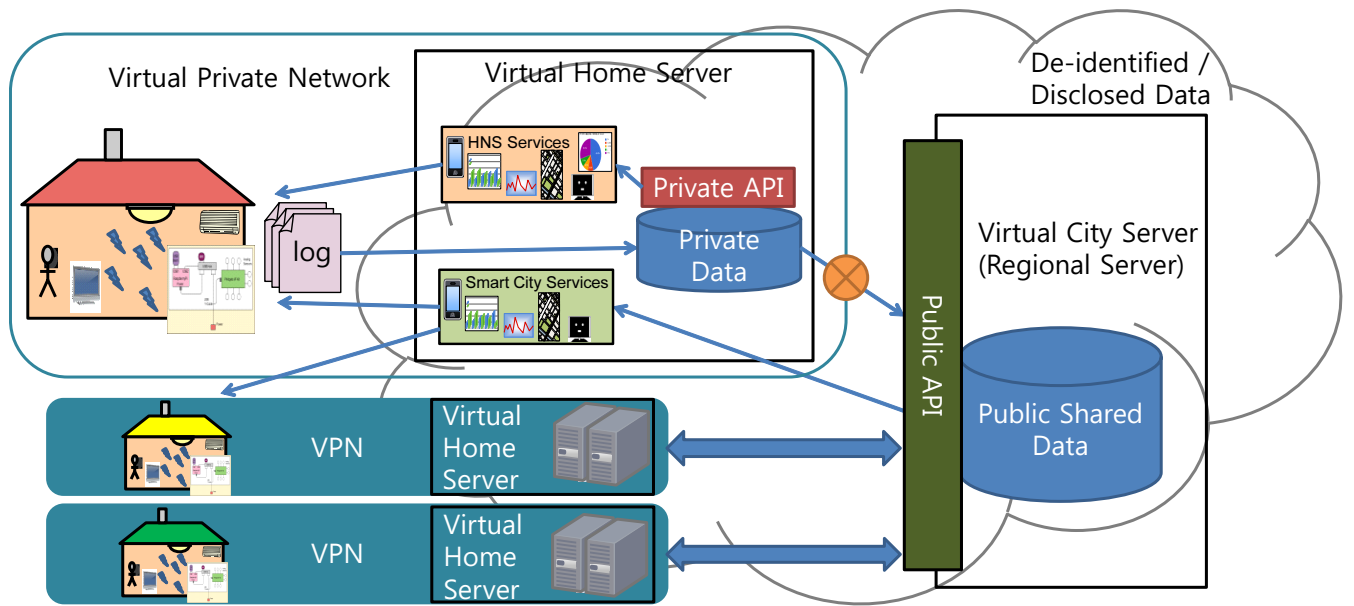


図 2 提案するアーキテクチャ

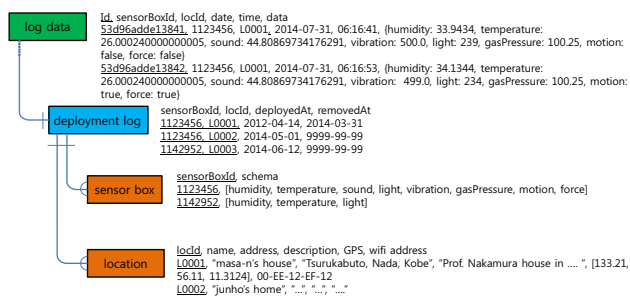


図 3 住宅ログ管理

の設置の履歴を管理するものである。そのセンサボックスが、いつ、どこに設置されたのかの履歴を管理する。センサボックス (sensor box) は、各センサボックスでどのようなデータが計測されるのかを定義する。収容するセンサが異なる様々なセンサボックスに対応できるように考慮されている。場所 (location) は、センサボックスがどこに設置されているかを管理する。センサボックスの名前、住所、GPS 座標等が含まれる。

3.4 Private API

Private API は、各家庭で管理される住宅ログの一次データへのアクセスを提供する API である。家庭内で利用されるプライベートな HNS サービスは、この API を利用して実現される。各家庭内で住宅ログのセキュリティを維持する重要な API である。

3.5 Public API

Public API は、各家庭から公開されたデータを、共有利用するための API であり、仮想シティサーバで提供される。各家庭内の仮想ホームサーバは、この Public API にアクセスして公開データを取得し、様々なスマートシティサービスを実現する。

4. 提案アーキテクチャ用センサボックスの試作

4.1 住宅ログ収集のためのセンサボックス

我々は先行研究 [5] において、様々な環境センサーを小型の箱に入れ、ユーザが運搬し周囲の環境を自動計測するモバイルセンサボックスを提案している。自動計測によってユーザに対する負担を減らしながら、同時に多くの種類のセンサーを利用した高度のコンテキストを狙っている。先行研究では、温度センサーと湿度センサーそして気圧センサーによる気候変化を推測したり、音量センサーと、照度センサーなど様々なセンサのログを記録している。これにより、個人行動を精密に振り返るライフログとしても非常に有効ということがわかっている。

ここでは、このセンサボックスを住宅ログの収集装置として利用することを考え、そのプロトタイプを作成する。

4.2 センサボックスのアーキテクチャ

本論文で使用されたセンサボックスのアーキテクチャは図 4 のことである。従来のセンサボックスのセンサー情報を利用して、ログを取得する。しかしながら、既存のセンサボックスはログ情報をクラウド上に保存できないためにクラウド上で保存が可能するように Raspberry pi を利用してネットワークアクセスを通じたセンサログを取得できるように新たなプロトタイプを製作した。

4.3 ハードウェア

Raspberry pi を用いて作られたセンサボックス図 5 を家あちこちそして外でも使用できるようにバッテリーを電源として外でもリアルタイムでログデータをクラウドサーバにデータを送ることができるよう新たなセンサボックスをいくつか製作した。まず、Raspberry pi をセンサボックスの本体にして USB を接続し、複数のセンサーを集約させるようにしている。ここで集まるセンサー情報は全て Raspberry pi を通じて USB メモリーでログを保存する。これは万が一の状況に

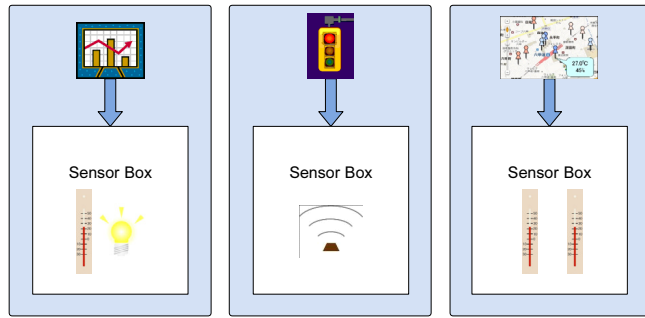


図 4 センサボックスのアーキテクチャ

備えてクラウドのサーバーにトラブルが生じた場合、またはインターネットの使用が不可能なる場合を備えて、ログを USB にも保存できるようにした。基本 Wifi を利用してクラウドサーバーに載せるようにする方式を使用したために外部からの使用の際、インターネットがなくなる場合、臨時で USB に保存することになる。保存されたログデータはインターネットに接続され次第、USB に記録されたログデータをクラウドに掲載してサービスを提供できるようにする方法を選択した。

4.4 ソフトウェア

作成したセンサボックスを用いたアプリケーションとして、8 種類のセンサから定期的に計測値を取得してログに出力するデータロガーを実装した。提案した個人向けセンサボックス実装フレームワークを利用し、Java 言語で実装した。まず、上記 8 種類のセンサのクラスを、Phidgets が提供する SDK を用いて作成した。次に、各センサデバイスについて、センサを接続したインターフェイスボードの ID と接続ポートを調べ、センサボックス定義ファイルに記述した。データロガーのアプリケーション実装では、内部で SensorBox オブジェクトを生成し、各種 API を呼び出すことで、各センサの計測値を取得する。取得したデータをコンマ区切りテキストで出力するようにした。今回の実装では、1 秒おきにログを出力するようにした。作成したセンサボックスとデータロガーを用いて実際に屋外でモバイル環境センシングを行い、8 種類のセンサデータが取れていることを確認した。図 6 に取得したログの一部を示す。

- 温度センサ (Humidity/Temperature Sensor 1125)
- 湿度センサ (Humidity/Temperature Sensor 1125)
- 気圧センサ (Pressure Sensor 1115)
- 振動センサ (Vibration Sensor 1104)
- 音量センサ (Sound Sensor 1133)
- 照度センサ (Light Sensor 1143)
- モーションセンサ (Motion Sensor 1111)
- 圧力センサ (Force Sensor 1106)

上の 8 つのセンサを通じて、証跡を取得する。現在 GPS センサは研究室内部と外部でのみ使用するようにして GPS センサは装着されていない。これは移動中に使用可能であるため、現在、移動しないセンサのみを利用して、ログを得られるようにした。

4.5 センサボックスのプロトタイプ

図 7 は、センサボックスのプロトタイプで、現在 2 つのセ

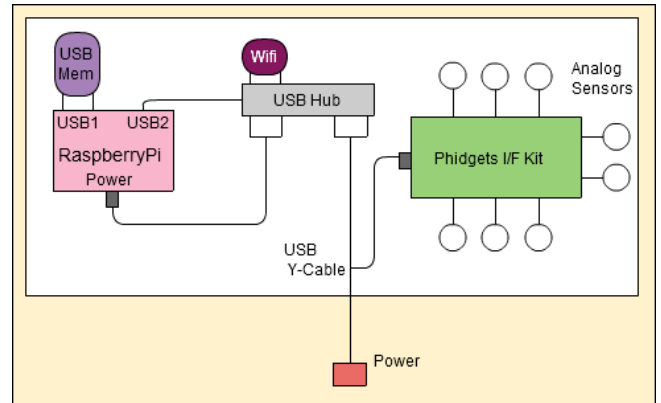


図 5 センサボックス

[2014-07-31T06:16:41](ms-junho), humidity, temperature, sound, vibration, light, gas, pressure, motion, force
 [2014-07-31T06:16:41](ms-junho), 33.9434, 26.000240000000005, 44.80869734176291, 500.0, 239, 100.25, false, false
 [2014-07-31T06:16:47](ms-junho), 33.9434, 26.000240000000005, 42.56523641427832, 499.0, 234, 100.25, false, false
 [2014-07-31T06:16:53](ms-junho), 34.1344, 26.000240000000005, 44.80869734176291, 499.0, 234, 100.25, false, true

図 6 センサボックスによって取得された住宅ログ

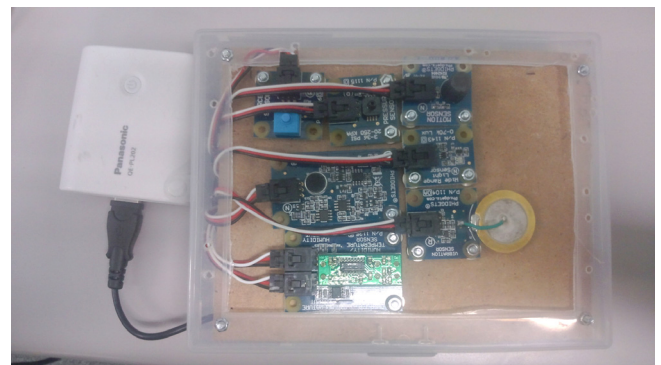


図 7 センサボックスのプロトタイプ

ンサボックスを製作して研究室の内と外の温度と湿度照度など環境センサーのログデータを抽出できるようにした。現在稼働中のセンサーボックスは、リアルタイムでのログデータを取得している。これは現在生データでまだデータだけを受けている。我々の研究グループから提案されたクラウド型の HNS の一部であり、現在まで VPN を通じて Private 空間だけで使用できるようになっている。ここにクラウドサーバーで、センサボックスのセンサーの種類による Private と Public の分けるシステムを製作するための API が必要である。これを生データ上で区分してフィルターを通じた各サーバーの API が必要としている。今までは、センサーのデータを Private 空間だけで使用されるようにしておいたからである。現在 2 つのプロトタイプのセンサーボックスを製作したが、もっと多くのセンサーボックスを製作して各場所に応じたセンサー情報を得て、クラウドのサーバーデータ情報取得の区分を正確にできるようにして、各 ID を通じた家庭のログデータを得てサービスを提供できるようにする。

5. 考 察

5.1 クラウド型 HNS

今まで我々の研究にはクラウド型の HNS を提案してきた。

これはユーザが享受できる利点として、クラウド型の HNS は機器の再利用性、環境センサーによるサービス選択の自由もなど、多くの利点を持っている。一方、クラウド型の HNS はネットワーク接続が切れると利用できない短所そして、セキュリティの維持問題が存在する。これを保安するため、一時的に保存データを保管してインターネット接続が可能になる場合、臨時に保存したデータをクラウドで送る方法もある。そして、クラウド型の HNS はインターネットを利用してサービスを提供されるためにセキュリティの危険性も無視することはできないである。クラウド型の HNS の最もいい点は、ユーザがサービスを提供を受けて利用して様々な公共サービス、個人サービスなど家の中にネットワークだけが存在すれば、多くのサービスの提供を受けている点と家庭内に重いサーバがなくなり、コストを削減するメリットも持っている。一方、クラウド型の HNS のデメリットとして、サービス開発の自由度が低くなる可能性がある。各サービスは、HouseCloud が用意した API の範囲で、かつユーザが許可したデータのみを用いてサービスを実現しなくてはならない。そのため、従来の HNS より柔軟なカスタマイズは出来なくなる。これは HNS に限らず一般のクラウドサービスにも当てはまることである。これを保安するために Public 空間を別に作ってユーザー間の共用サービスを提供し、より高い自由度を具現できるようにしてさらに便利なサービスを提供できるようになるのである。

5.2 関連研究

我々の研究と密接な関係がされた IOT(Internet of Things)がある。これは物事を利用したセンサーを通じて、家の中のすべてのセンサーを制御や環境調節ができる時代が近づいてきている。これを利用して、すべてのセンサー情報をインターネットで操作が可能で、センサーログたちのデータはすべてウェブの上で行われることである。このような研究らを通じてより簡単かつ便利なサービスを提供するため、研究を進めなければならないことである。一方、我々の研究してリモコンサービス (RaaS) があるこれを利用して private 部分と public 部分を分けてクラウド上での情報を提供して使用者が望む RaaS を private の中で活用と public での活用が可能方法について考察する。

6. おわりに

本論文では、クラウド型の HNS のセキュリティ維持のための API の許可された範囲でデータのみを利用してサービスを提供して制限されたサービスを Public の空間つまり、いくつかのユーザが共用して、公共でサービスを提供し、より高い自由度を実現してクラウド型の HNS の補完をする役割で提案したアーキテクチャのことである。これを実現するため、住宅ログを提供された生データを提案したアーキテクチャを通じてユーザが公共で使用するサービスを提供できるように研究を進行することになるのである。これを向け、センサボックスを利用しての家の中、GPS を利用した外部データなどを受けて API を実現する予定である。

謝辞 この研究の一部は、科学技術研究費(基盤研究 C

24500079, 基盤研究 B 26280115, 基盤研究 C 24500258, 若手研究 B 26730155), および、川西記念新明和教育財団の研究助成を受けて行われている。

文 献

- [1] M. Nakamura, H. Igaki, H. Tamada, and K. Matsumoto, "Implementing integrated services of networked home appliances using service oriented architecture," Proceedings of the 2nd International Conference on Service Oriented Computing, pp.269-278, 2004.
- [2] 高塚広貴, 佐伯幸郎, まつ本真佑, 中村匡秀, "異種分散 web サービスに基づくコンテキストウェアサービスの管理プラットフォームの実装," 信学技報, 第 113 巻, pp.71-76, LOIS2013-36, 11 月 2013. 2013 年 11 月 28 日(木) - 11 月 29 日(金) 東北大学 (ISEC, LOIS).
- [3] 三井ホーム株式会社, "次世代スマートグリーンズ mideas," <http://www.mitsuhome.co.jp/company/news/2014/20140707.pdf>.
- [4] 鷹取敏志, まつ本真佑, 佐伯幸郎, 中村匡秀, "マルチベンダサービスを実現するクラウド型ホームネットワークシステムの提案," 信学技報, 第 113 巻, pp.53-58, IN2013-96, 熊本, 11 月 2013. 2013 年 11 月 21 日(木) - 11 月 22 日(金) 熊本大学 (MoNA, IN).
- [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," 信学技報, 第 113 巻, pp.51-56, LOIS2013-33, 11 月 2013. 2013 年 11 月 28 日(木) - 11 月 29 日(金) 東北大学 (ISEC, LOIS).
- [6] The Raspberry Pi Foundation, "RaspberryPi - an arm gnu/linux box for \$25. take a byte!". <http://www.raspberrypi.org>.