

令和 3 年 5 月 23 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11274

研究課題名（和文）ネットワーク仮想センサ構築に向けたシステム設計

研究課題名（英文）System Design for Constructing Networked Virtual Sensors

研究代表者

戸辺 義人（Tobe, Yoshito）

青山学院大学・理工学部・教授

研究者番号：60327666

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、センサのインテリジェント化の形態として、センサがネットワークで接続されたサーバ上のサービスを利用して、実時間で情報が付加することで、仮想的にセンサ出力がインテリジェント化された方式を確立することを目指した。2018年度には、クライアントの画像を用いて、サーバに位置を問い合わせ、位置を特定するための画像位置計測システムに取り組んだ。2019年度には、オクルージョン除去により検出精度向上により、UMap 全体の信頼性向上に成功した。2020年度には、人の声に基づく感情推定システムを実際の応用へと展開した。発話された内容を元にネットワーク側で感情を推定する仕組みを確立した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、センサは直接計測した固定された物理量を出力するものであったが、多様な出力に変換させるためのデータ表現を考える必要がある。さらに、収集されたデータが増えると機械学習により、出力の精度を上げることが可能となる。この2点において、従来にはないセンシングの枠組みを構築することができる。今後、Internet of Things により、各種センサがインターネット接続されることが想定され、インターネットと接続されることにより、センサ自体のインテリジェント性が向上する点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, to establish sensor intelligence, a method in which the sensor output becomes virtually intelligent by adding information in real0time using a service on a server to which the sensor is connected via a network. In 2018, we developed an image position measurement system to identify the position by inquiring the position to the server using the image of the client. In 2019, we succeeded in improving the reliability of the system as a whole by improving the detection accuracy by removing occlusion. In 2020, we developed an emotion estimation system based on human voice for practical application. We have established a mechanism to estimate emotions on the network side based on the uttered content.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：仮想センサ 機械学習

## 1. 研究開始当初の背景

過去 30 年間の間に、コンピューティングが論理の世界を離れ、実世界とのインタラクションで新たな価値を生み出す方向性は、Mark Weiser らによって提唱されてきた。その中で、ユビキタスコンピューティングの議論が起これり、情報取得手段としてのセンサの重要性が認識されてきた。この動きと並行して、センサをネットワーク化することにより、包括的に情報を取得するセンサネットワークの研究がさかんになった。一方で、スマートフォン内蔵のセンサを利用したり、スマートフォンと近距離無線で接続可能な可搬型センサを用いて、スマートフォンを保持する人が、センシングした情報を通信回線上のバケットで送ることが可能となってきた。こうしたスマートフォンユーザが多数集まることにより、地理上で面的な情報収集への道を開く。これは、近年、ユーザ参加型センシング(participatory sensing)と呼ばれる。

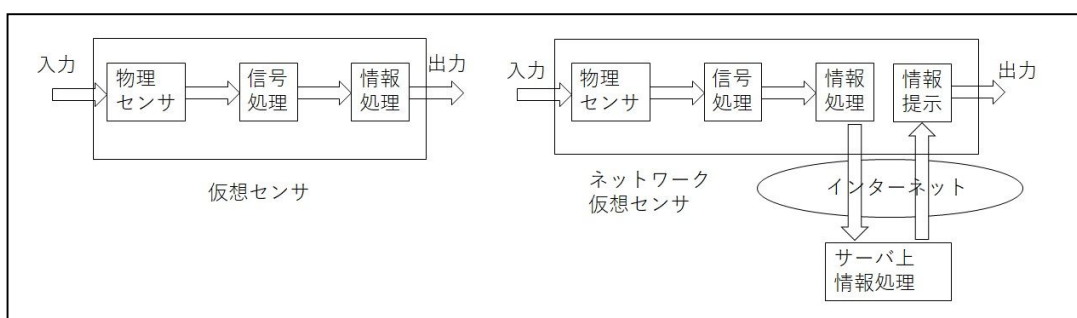


図1 ネットワーク仮想センサ

ユーザ参加型センシングでは、各々のセンサが単純なデータしか発することができないということと、データ取得と解析が分離してしまっていて、データを取得し発信する人には即時に計測の長所を実感できない点が問題として挙げられる。今回の研究では、センサの利用者が高度の情報を取得できるというアプローチを採用する。コンピュータの記憶システムの物理記憶・仮想記憶になぞらえ、取得される物理信号を高次情報に変換して出力するという意味で、ここでは「仮想センサ」と名付ける(図1左)。本研究はネットワーク内にある知識を利用することで仮想センサを実現する点に特徴がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、マルチプラットフォームで異種サービスに対して適用可能なことを示す必要がある。具体的な例として、画像、音、加速度のセンサデータから位置情報、劣化状態といった変換値が得られることを実環境において示す。また、サービスを汎用化するためのアーキテクチャを明らかにする。

## 3. 研究の方法

本研究は、ネットワーク仮想センサを汎用的に実現するために、通信機構・サービス管理、屋内位置特定、情報収集・学習機構の3つの研究課題に個別に検討するところから開始する。初年度には、研究代表者のグループで、サービスの定義、発見を含めた管理の基本設計と通信エンティティ間の手順を定める。屋内位置特定の課題では、撮影画像および短時間動画から位置を特

定するための基本設計を行う。さらに、情報収集・学習機構に取り組み、スマートフォンユーザに情報収集を促すための機構を設計する。通信部分は実機器に組み込めるようソフトウェアライブラリとして実現し、屋内位置特定では精度向上を図り、情報収集した結果を学習できるようにし、統合システムとして完成させる。

#### 4. 研究成果

ネットワークを利用したセンサのインテリジェント化の形態として、初年度である 2018 年度から、クライアントの画像を用いて、サーバに位置を問い合わせ、位置を特定するための画像位置計測システムへの通信への応用に取り組んできた。UMap は自己位置推定システムであり、スマートフォン以外にも様々なデバイスは UMap のクライアントとなることも可能である。2019 年度には、オクルージョン除去により検出精度向上により、UMap 全体の信頼性向上に成功した。さらに、ユーザ参加型であるので、動機付け要素の定義をし、場所に紐づけた報酬を与えることにより、未センシング領域を少なくするための手法を開発した。

2019 年度には新たなネットワーク仮想センサとして、人の声に基づく感情推定システムを開発した。発話された内容を元に音響量的特徴と言語的特徴の双方に重みづけをし、その重みをクラウドソーシングによるラベリングによって学習精度を向上させることが可能となった。

本研究では、REST 型通信を採用し、すべてのメッセージを HTTP リクエストの POST メソッドに集約し、クライアント・サーバ間のメッセージを定義した。1.5 MB の 5 種類の画像を Android 端末から LSD サーバ経由で UMap サーバに送信し、結果が返ってくるまでの往復時間 (RTT) を測定する簡単な実験を行い、2 分程度で結果が得られることが確認された。2018 年度において課題となっていた大きな応答時間は、2019 年度には、エッジである Android 端末において、事前処理を行うことで改善することができた。

本研究期間全体をとおして、ネットワーク上で機械学習をし、クライアントとネットワーク上にあるサーバにある全体のシステムとしてネットワーク仮想センサという概念を具現化することができた。近年、さらに進化を続ける機械学習の最新成果を取り込み、ネットワーク側での知識を高度化することにより、多くの分野にネットワーク仮想センサを展開できる見込みがついた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Yui Yamashita, Masaru Onodera, Koichi Shimoda, and Yoshito Tobe
2. 発表標題 Emotion-Polarity Visualizer on Smartphone
3. 学会等名 Second International Workshop on Affective Computing for Requirements Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Michiki Hara, Kizito Nkurikiyeyezu, Yu Nakayama, Hiroki Ishizuka, Yukitoshi Kashimoto, Lopez Guillaume, Yoshito Tobe
2. 発表標題 Identification of Applications Running on Smartphones Using Call Detail Records
3. 学会等名 International Conference on Telecommunications and Communication Engineering (ICTCE) 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 下田 功一, DIEFENBACH Dennis, MARET Pierre, 戸辺義人
2. 発表標題 セマンティック技術を用いたセンシングデータ検索システム
3. 学会等名 計測自動制御学会 計測部門スマートセンシングシステム部会 研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山下優衣, 小野寺俊, 田谷昭仁, 高橋淳二, 戸辺義人
2. 発表標題 スマートフォン話しかけによる気分のロギング
3. 学会等名 計測自動制御学会 計測部門スマートセンシングシステム部会 研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増田拓也, 高橋和太郎, 戸辺義人, 高橋淳二
2. 発表標題 Umapにおけるセンシング行動の誘導に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 HPB第22回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田澤航樹, 原道樹, 田谷昭仁, 戸辺義人
2. 発表標題 通信行動モデルベースの行動予測によるQoE向上の研究
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuhiro Horibe, Yuki Wako, Akihito Taya, Yoshito Tobe
2. 発表標題 Analysis and Prediction of Malware with Evasion Technique
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小野寺 俊, 戸辺 義人
2. 発表標題 API サービスプロキシの動的制御に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会ヒューマンプロープ研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunki Kitsunai, Junji Takahashi, Yoshito Tobe
2. 発表標題 A Message Sharing System that Enables Highly Accurate Space Attachment Linked with the Web
3. 学会等名 The 9th International Conference on ICT Convergence (iCTC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaru Onodera, Tomoya Kaneko, Junji Takahashi and Yoshito Tobe
2. 発表標題 HLSI: Intelligent Sensors with HTTP Connection to Servers
3. 学会等名 WoRIE2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	瀬崎 薫 (Sezaki Kaoru)  (10216541)	東京大学・空間情報科学研究センター・教授  (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------