

様々な嗜好を有する人が混在する環境における合意形成に基づいた制御手法の提案 Proposal of a method for consensus building in spaces where people with various preferences coexist

樽谷 優弥[†]
Yuya Tarutani

1. はじめに

Internet of Things(IoT) 分野の発展に伴い、これまでネットワークに接続していなかった機器もネットワークに接続し、情報収集や制御が可能となっている。従来の機器制御では、消費電力の低減等の目的を満たすような制御が行われてきた。しかし、生活環境内の機器制御はその環境内の人々への影響を考慮する必要がある。しかし、公共空間やオフィス環境では、多種多様な嗜好を有する人々が生活するため、複数の人々の満足度を考慮した機器制御は容易ではない。例えば、あるユーザの満足度を高めるために空調の温度設定を下げた結果、別のユーザの満足度が損なわれる可能性がある。

一方で個人に対する機器制御を合わせて行うことでストレスを軽減し、複数の人々の満足度を向上することができる。例えば、照明の色をユーザ毎に個別に設定することにより、人のストレスを軽減することができる[1]。しかし、このような制御を実現するためには、ユーザの嗜好や満足度を収集し、機器制御に反映することが求められる。ユーザが嗜好や満足度を制御システムへ伝える手段として、ユーザ自身が web アプリケーションを用いて自身の要求を伝える方法がある。しかし、同一ユーザであっても身体状況や環境の変化によって嗜好や満足度は時々刻々と変化するため、その都度ユーザの操作が必要になる。そのため、ユーザの嗜好や満足度を環境の変化の度に直接収集するのはユーザの負荷が高く現実的ではない。ユーザから直接嗜好や満足度を収集するのではなく、ウェアラブル機器から生体情報を得ることで、ユーザのストレスを検知する方法がある。特に心拍変動はストレス指標として用いられており、ユーザが機器の操作を行わず、情報を収集することが可能である。

本研究では、様々な嗜好を有するユーザが混在する環境においてユーザの合意形成が可能な制御値を決定する制御システムを提案する。本研究では、温度と照明の色によるユーザの満足度への影響に着目する。本制御システムでは、温度と照明の色の両面から、合意形成のためにユーザのストレスを判定するモデルをユーザ毎に構築する。そして、空調の設定と照明の色を変更する実験を行い、室温と照明の色に対するユーザのストレスをモデル化した。本研究では、実験で得られた様々なセンサデータのうち、ストレス判定に一般に利用されている LF/HF ratio[2]に着目する。

本研究では、文献[3]で構築した空調と照明の色によるユーザのストレス判定モデルに基づき、全ユーザのストレスを軽減することができるパラメータを決定するアルゴリズムを提案する。

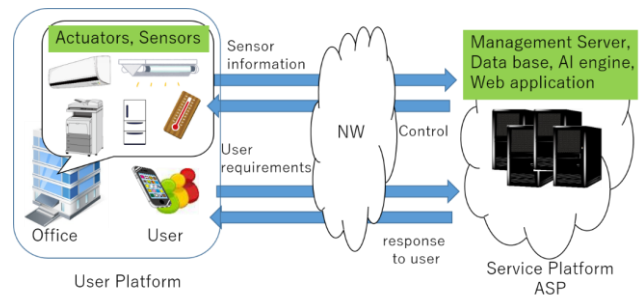


図1 機器制御システム概要図

2. 合意形成に基づいた機器制御システム

2.1 概要

本稿で提案する合意形成に基づいた機器制御システムが前提とするシステム概要図を図1に示す。図1に示すように本機器制御システムでは制御機器やセンサがネットワークを通じてクラウド上の制御サーバへ情報を送る。サービス提供者はそれらの情報を基に機器を制御する。ユーザは Web アプリケーション等を用いてシステムに自身の要求を伝えることができる。また、システムはユーザへ Web アプリケーションを通じて指示を送ることで、機器制御のみでは満足度を満たすことができないユーザの満足度の向上を試みる。

このような機器制御では、ユーザ毎に各設定値に対する満足度が異なり、全ユーザの合意を得る設定値を導くのは困難である。Web アプリケーションを用いてユーザの嗜好を収集し、制御に反映する方法が考えられる。しかし、全ユーザの嗜好を Web アプリケーションから収集するには、環境の変化の度にユーザから反応を収集する必要があり、ユーザの負荷が高い。また、Web アプリケーションを頻繁に操作するユーザと操作しないユーザの間に機器制御への反映の格差が生じてしまう。

そこで、提案システムではユーザの満足度を制御に反映するために、ウェアラブル機器から得られる生体データを用いる。実験により機器の設定値に対する生体データを用いることで、各ユーザのストレス判定モデルを構築し、そのモデルに基づいて各制御値に対するストレス判定を行い、制御値を決定する。これにより、ユーザから直接満足度を収集することなく、機器の制御値を決定するシステムを構築する。

2.2 ユーザストレス判定モデル

生体情報を用いたストレス検出には脳波や心拍変動が用いられている。また、近年では深層機械を用いた映像の解析により、カメラの映像からユーザの感情検出や心拍変動の推定を行う手法もある。本研究では、これらの生体情報

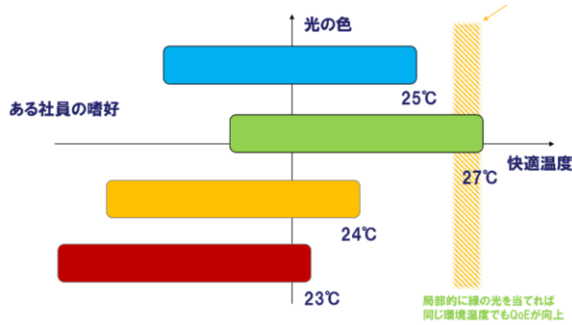


図2 ユーザストレス判定モデルのイメージ図

の中でストレス指標として一般的に使用される心拍変動に着目する。心拍変動はRR間隔と呼ばれる心電図のR波とR波の間の時間である。心拍変動を周波数解析することで人のストレスを測る指標として用いられている。周波数解析では、心拍変動をFFT (fast Fourier transform) によってパワースペクトルを各周波数成分に分解する。分解した周波数領域のうち、0.04-0.15[Hz]の周波数成分の総和をLF成分、0.15-0.40[Hz]の周波数成分の総和をHF成分と呼ぶ。このLF成分とHF成分の比であるLF/HF ratioはストレス指標として、多くの研究で利用されている。文献[3]では様々な条件下での心拍変動を測定し、得られたデータを用いてユーザモデルを構築した。

図2に室温と照明の色を変更する場合のユーザモデルのイメージ図を示す。図に示すように、ユーザがある条件下ではストレスが検出されているのに対し、条件を変更することによってストレスを軽減できる。このように、ユーザモデルを用いることによって、各制御機器のパラメータに応じたストレスを算出できる。このユーザモデルをユーザ毎に構築し、全ユーザの合意形成ができる設定を導く。

3. ユーザストレスモデルに基づいた制御

文献[3]で提案したユーザのストレス判定モデルを用いた、機器制御アルゴリズムを提案する。本アルゴリズムでは、消費電力の低減とユーザの合意形成の観点から空調の温度設定と照明の色を決定する手法を提案する。合意形成のために極端な値を選択することを避けるため、空調の設定には制約を設ける。

本アルゴリズムでは、制約の範囲内の各パラメータ設定に対する各ユーザのストレス値を算出する。そして、各ユーザのストレスが最も低くなる設定を導き出すことで、合意形成が可能な機器制御を行う。提案する機器制御のフローチャートを図3に示す。本機器制御では、照明色は白色を基準として、必要に応じて照明の色を変更する。

本機器制御では、全ての制御パラメータの組み合わせに対して全ユーザのストレス判定を行う。そして、各制御パラメータのうち、全ユーザのストレスの総和が最小の設定を選択する。ストレスの総和が最小となる設定が複数ある場合には、その中で消費電力が最小となる設定を選択する。

また、ストレス値が0でないユーザがいる場合には、照明の設定変更でユーザのストレスを軽減できないかを試みる。それでもストレスが0でないユーザがいる場合は、システムがユーザに対して個別にwebアプリケーションを通じて指示を行うことで対応する。

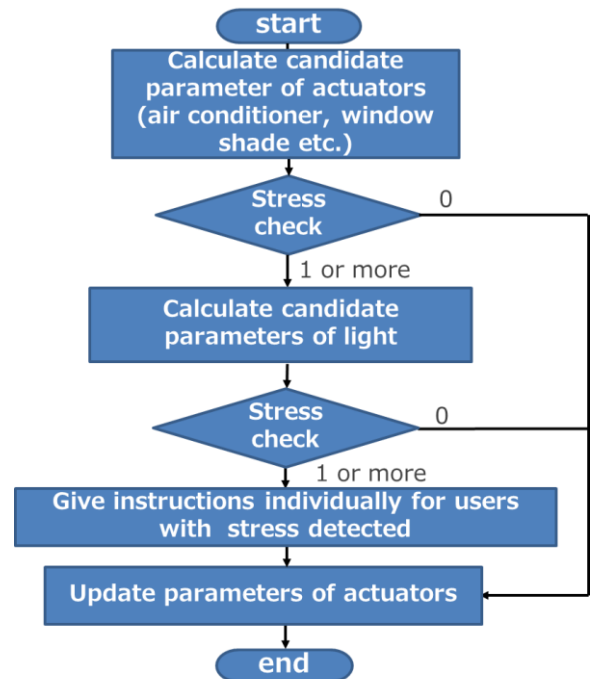


図3 機器制御のフローチャート

4. おわりに

本稿では、様々な嗜好を持つユーザが存在する環境において合意形成に基づいた機器制御のために、ユーザのストレス判定モデルに基づいた合意形成と機器制御アルゴリズムを提案した。文献[3]で構築したユーザのストレス判定モデルに基づき、構築したユーザモデルを利用することによって、合意形成が可能な制御方法を提案した。

本稿では、消費電力の低減のためにとり得る設定値に制約を設け、すべてのユーザのストレス判定を行うことで設定値を導出した。しかし、生活環境内のユーザ数の増加や制御可能な機器の増加によって計算量が増加し、時々刻々と変化する環境に追従できない可能性がある。そのため、今後の課題として強化学習のようなオンライン学習を用いて、制御値を決定する手法を検討することが考えられる。

また、オフィス環境のような不特定多数のユーザが混在する状況では、ユーザ毎に個別モデルを用意することは難しい。そのため、今後の課題として画像解析等の収集しやすい情報を用いて、新たなユーザへも対応可能なストレス判定モデルの構築がある。

参考文献

- [1] A. Schöfer and K. W. Kratky, "The effect of colored illumination on heart rate variability," *Complementary Medicine Research*, vol. 13, no. 3, pp. 167-173, 2006.
- [2] B. M. Saykrs, "Analysis of heart rate variability," *Ergonomics*, vol. 16, no. 1, pp. 17-32, 1973.
- [3] Y. Tarutani, "Proposal of a consensus builder for environmental condition setting in spaces where people with various preferences coexist." In *Proceedings of International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 2018.

† 岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科 The Graduate School of Interdisciplinary Science and Engineering in Health Systems