

新たな賃貸物件探索指標のための IoTセンシングデバイスの検討

諏訪 博彦¹ 大坪 敦¹ 中村 優吾¹ 野口 真史²

概要: 賃貸物件を探索する際に、借主は家賃、広さ（間取り）、駅までの時間、築年数などを活用している。これらの指標は、定量的なデータであり比較可能である。しかしながら、静かである、日当たりが良いなどの条件は、備考欄にコメントで記載されることが多い。しかしこの方法では、各物件の状態認識にあいまい性が残り、明確な比較は困難である。そのため、騒音や日当たりについても定量的に評価できる指標が求められている。指標化にあたり、データ収集が必要になるが、対象は空き物件のため、コンセントからの電力供給はできない。そのため先行研究において、コンセントからの電力供給なしで環境情報センシング可能なIoTデバイスを構築したが、エネルギーハーベスト化およびデータ収集の効率化という二つの課題が存在することが確認された。そこで本稿では、空き賃貸物件における電力および常時インターネット環境がないという制約下における環境情報センシングデバイスについて検討した。Smartphoneを使用したシステムを提案し、予備実験によってその実現可能性を探った結果、提案システムが先行研究の二つの課題を解決できることを示唆した。

Investigation of a new IoT Sensing Device for Rental Property Search Index

HIROHIKO SUWA¹ ATUSHI OTSUBO¹ YUGO NAKAMURA¹ MASAHIITO NOGUCHI²

1. はじめに

賃貸物件を探索する際に、物件探索者（借主）は、場所、賃料、広さ、築年数などを検索条件として探索する。一方で、移住したあとに問題になるものとして、騒音や日当たりなどがある。借主は、物件探索時に内見するとはいえ、複数回内見する借主はまれであり、昼夜、平日/休日など、条件をかえて内見することは困難である。そのため、騒音や日当たりを認識するためには、「閑静な住宅街」「日当たり良好」などの物件に対する定性的なコメントや、主要採光面、階数などから推定せざるを得ない。しかしこの方法では、各物件の状態認識にあいまい性が残り、明確な比較は困難である。そのため、騒音や日当たりについても定量的に評価できる指標が求められている。

2017年賃貸契約者に見る部屋探しの実態調査によると、物件探索者が部屋探しの際に重視した条件は、「家賃」、「最寄り駅からの時間」、「通勤・通学時間」、「路線・駅やエリア」、「間取り」などであり、現在の物件探索ポータルサイトでは、主にこれらの項目が条件として明示されている。しかしながら、借主が考慮する条件は、これらだけではない。例えば、物件周辺が閑静な住宅街なのか、騒がしい繁華街なのかは、物件探索の条件になり得る。同様に日当たりのよし悪しも物件探索の条件になりうる。

しかし、これらの情報すべてが物件探索ポータルサイトに明示されているわけではない。騒音や日当たりについては、「閑静な住宅街」「繁華街そば」、「日当たり良好」などの定性的なキャッチコピーから想像したり、主要採光面の情報から想像したりすることしかできない。そのため、これらの情報については、実際に現地へ赴き内見して獲得することが必要になるが、時間帯や季節によって変化する条件であり、正確に把握することは困難またはコストを必要

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
NAIST

² 株式会社 LIFULL
LIFULL Co., Ltd.

とする。複数拠点の比較には、より多くの困難やコストが必要となり、借主がこれらの条件を正確に把握・比較することは現実ではほぼ不可能である。

この問題に対し、我々はポータルサイトに提示する物件条件として新たな定量的な指標を構築することで解決を試みた [1]。例えば、騒音については、一日の平均的な音圧（デシベル）や一定以上の音圧の割合を計測することで指標化した。また、日当たりについても、継続的に明るさを計測することで指標化した。これらの計測には、IoT デバイスを用いた。具体的なデバイスとして、オムロンの環境センサと、Raspberry Pi を組み合わせたデバイスを開発した。構築した IoT デバイスを用いて、条件の異なる 4 件の賃貸物件についてセンシングを実施した結果、(1) 静穏性、(2) 防音性、(3) 採光性、(4) 断熱性について、想定通りに判定できることを明らかにした。

しかしながら、いくつかの課題も明らかとなった。1 つ目の課題は、デバイスのエネルギーハーベスト化である。センシング対象物件は空き家であるため、基本的にはコンセントから電力を供給することはできない。そのためモバイルバッテリーを使用したのが 3 日間しか稼働しなかった。週末効果などを把握するためにも、最低 1 週間の連続稼働が必要である。

2 つ目の課題は、データのアップロードの効率化である。1 つ目の課題と同様に、センシング対象物件は空き家であるためインターネット環境は存在しない。プロトタイプデバイスでは、Raspberry Pi にデータを蓄積し、手作業でデータの抽出を行った。しかしながら、実運用を考えた場合、この方法は非効率である。そのためより効率的なアップロード方法の検討が必要である。また、その作業は誰にでも実施可能である必要がある。

本研究では、実社会において大規模にかつ効率的に新たな賃貸物件指標を収集・活用することを目指している。そのために、本稿では、先行研究をベースとし、データ集時に必要なデバイスの要件の再抽出、プロトタイプデバイスの改良、大規模化・効率化の課題について議論する。

2. 関連研究

直接的に物件探索に影響を及ぼす要因について検討した調査として、2017 年賃貸契約者に見る部屋探しの実態調査 [2] がある。この調査によると、物件探索者が部屋探しの際に重視した条件は、「家賃」が 74.7 % と他の項目より突出して高く、以下「最寄り駅からの時間」(58.6 %)、「通勤・通学時間」(57.8 %)、「路線・駅やエリア」(54.7 %)、「間取り」(53.1 %) になっている。また、大手不動産ポータルサイトの関係者によれば、移住したあとに問題になるものとして、騒音や日当たりなど指摘されている。

また、物件探索に影響を与える要因を間接的に示唆している研究として、不動産価格推定に関する研究がある。価

格は、物件の良し悪しを示す代替指標と考えられ、価格に影響を及ぼす要因は、借主が物件探索時に考慮している要因と考える。Chih-Hung[3] らは、台湾での住宅選定に影響があるといわれる風水に着目し、不動産価格推定に取り組んでいる。機械学習の特徴量には、一般的な建物固有の属性に加え、風水におけるタブーを変数として設けている。その結果、風水のタブーを考慮した方がより良好な推定結果となることを明らかにしている。

Vincenza[4] らは、ターラント市（イタリア）において、交通システムと地域毎の環境の質が不動産価格に深く関係していると考え、人工ニューラルネットワーク（ANN）を用いて検証を行っている。特徴量には、立地条件や建物の構造に加え、交通に関する属性として駅やバス停までの距離などが、環境汚染に関する属性として、SO₂, NO_x, NO, NO₂, CO, PM₁₀ の値と最大値がそれぞれ含まれている。この研究でも各属性の感度分析を行った結果、SO₂ の最大値が全 42 ある属性の内の 8 番目に重要であることを明らかにしている。

これらの調査や研究結果は、騒音や日当たり、風水や周辺環境などが家賃推定に影響があることを示しており、借主は定量的には示されていないこれらの要因も考慮して物件探索を実施していると考えられる。しかしながら、現在の不動産ポータルサイトにおいて、これらの要因を定量的に比較することは困難である。

この問題に対して、山崎らのグループは、物件に関する指標の計測と快適度評価を試みている [5], [6]。山崎らのグループは、これまで限定的な時間帯に短時間のみしか計測できていなかった物件の様々な価値を IoT 技術にて定量化することを目的に、日照、温度・湿度、騒音、振動などを取得する IoT センサーを開発している。実際にあるマンション物件で計測を行った結果、同じ物件でも階層や窓の有無により快適度が異なることを示している。

しかしながら、山崎らの研究においては電源をコンセントから確保した状態でデータ収集実験を行っている。これは、実社会で計測しようとした場合、制約になる。実運用時は、空き物件の電気は使用できず、デバイス自体に電源供給機能を持たせるか、エネルギーハーベストなデバイスの構築が求められる。また、山崎らは快適度を評価するための指標について検討しているが、我々は物件探索時に比較可能な指標を構築しようとする点で視点が異なる。さらに、実運用に向けてすべての物件において指標化するための課題について議論する点に、本稿の価値がある。

3. 物件探索指標構築のためのプロトタイプデバイスの構築と課題

本章では、既に関した物件探索指標構築のためのプロトタイプデバイスの構築と課題について述べる [1]。先行研究において、我々は物件探索を支援するための評価指標

について検討した。また、データ収集時の制約を考慮に入れながら、データ収集デバイスの要件を整理し、それらの要件を満たすプロトタイプ IoT デバイスを開発した。

3.1 評価指標および要件

評価指標の検討にあたり、まずは日本国内での運用を想定して検討した。また、評価にあたって、1) 物件の立地条件を含めた評価と、2) 物件そのものの評価の 2 つの視点で考えた。具体的には、(1) 静穏性、(2) 防音性、(3) 採光性、(4) 断熱性の 4 つに着目した。

(1) 静穏性：静穏性は、いわゆる騒音の程度を意味する。我々は静穏性には 2 種類あると考える。一つは立地エリアの静音性であり、もう一つはその物件の静穏性である。立地エリアの静穏性は、外出時あるいは窓の開放時の静穏性を意味する。またその物件の静穏性は、窓やドアを閉めた場合の騒音の程度を意味する。

(2) 防音性：防音性は、騒音の遮断性能を意味する。また、防音性は物件自体の性能を示す指標と考える。

(3) 採光性：採光性はいわゆる日当たりの程度を意味する。我々は採光性には 2 種類あると考える。一つは立地エリアの採光性であり、もう一つはその物件の採光性である。立地エリアの採光性は、建物自体の日当たりの程度を意味する。またその物件の採光性は、部屋の中の日当たりの程度を意味する。

(4) 断熱性：断熱性は、部屋の内外の温湿度などの遮断性能を意味する。また、断熱性は物件自体の性能を示す指標と考える。

先行研究において想定した要件は、電源供給およびネット接続である。空き物件であるため、電気が止められていたり、ネット接続できない場合が多い。そのため、デバイス自体が電源供給およびネット接続できる仕組みが必要と考えた。

また、大規模にデータ収集する場合は、各物件を管理する不動産仲介業者や貸主にデータ収集を依頼する必要がある。そのためには、誰もが簡単に利用でき、かつ手間にならない方法が求められると考えた。

各指標ごとに収集すべきデータの種類の通りであった。

- (1) 静穏性：部屋の内外の音を測る
- (2) 防音性：部屋の内外の音を測る
- (3) 採光性：部屋の内外の明るさを測る
- (4) 断熱性：部屋内外の温湿度を測る

また、これらの指標は時間帯による変化についても計測する必要があり、その日の天気や週末効果の影響を考慮すると 1 週間程度の計測期間が必要と考えた。

これらのことから、データ収集デバイスに必要な要件は以下の通りとした。

- (1) 電源供給環境を必要としない。

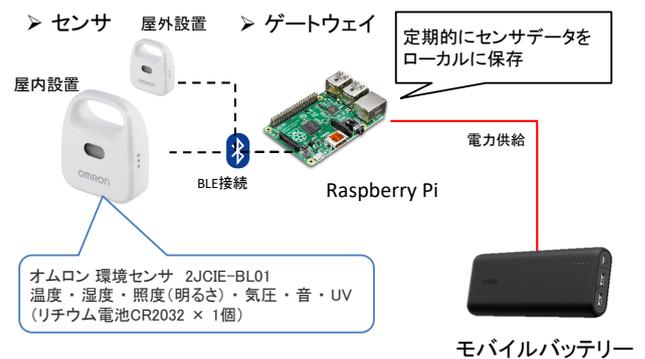


図 1 プロトタイプ IoT デバイス

- (2) ネット接続環境を必要としない。
- (3) 手軽に持ち運び可能である。
- (4) 誰でも利用可能である。
- (5) 音量、明るさ、温度、湿度が計測可能である
- (6) 数日間の連続計測が可能である

3.2 プロトタイプ IoT デバイスとデータ収集実験

図 1 に、構築したプロトタイプ IoT デバイスの構成を示す。デバイスは、各データを計測するセンサ、電源供給のためのバッテリー、センサからデータを受け取り蓄積するゲートウェイから構成される。

センサには、オムロン 環境センサ 2JCIE-BL01 を用いた。このセンサは、温度・湿度・照度 (明るさ)・気圧・音・UV、加速度が収集できる。またリチウム電池 (CR2032) 1 個で稼働している。センサについては、大規模収集実験を想定し、既存のセンサを用いることにした。

ゲートウェイには、Raspberry Pi を用いている。センサとゲートウェイとの通信には BLE を使い、ゲートウェイ内の SD カードに保存する。ゲートウェイへの電源供給にはモバイルバッテリーを用いている。

構築したプロトタイプ IoT デバイスを用いたデータ収集実験を行った。実験の目的は、(1) 実利用可能なデータ収集の可能性を探ること (2) 収集したデータに基づく指標の実現可能性を探ることであった。そのために、作成したプロトタイプ IoT デバイスを用いて、4 つの物件に対してデータ収集および分析を行った。

表 1 は、評価対象とした物件のスペックである。対象物件の立地地区は、すべて東京都西部である。構造は物件 3 だけが RC (鉄筋コンクリート) となっており、防音性、断熱性が高いと想定している。間取りは 1K または 1R であり大きさはほぼ同じである。計測対象は、メインの居室、1 部屋とする。向きは、主要採光面の向きを示しており、それぞれ異なる。騒音は、各物件の騒音レベルを示しており、物件 1 と 4 は住宅街に存在するため低、物件 2 と 3 は主要道路や駅に隣接しているため高、中と想定している。日照は日当たりの程度を示しており、採光面が南西や西と

表 1 評価対象物件スペック

No	立地地区	構造	階数	築年	間取り	広さ	向き	騒音	日照
1	練馬区桜台	木造	2	2017	1K	16.9	南西	低	悪
2	板橋区赤塚	木造	3	2017	1K	24.0	北	高	悪
3	練馬区関町	RC	11	2011	1K	23.0	東	中	良
4	清瀬市中里	木造	2	2017	1R	17.0	南	低	良



図 2 間取りの例



図 3 センサ設置例

なっている物件 1 と 2 を悪と想定している。

図 3 は、間取りの 1 例を示している。メインの部屋（洋室）には、バルコニーに面した主要採光窓がある。部屋内のセンサは、その窓の中心から 1m の床に直置きしている（図 2）。また、部屋の外のセンサについては、高さ 1m の地点に中心から 40cm 離して設置している（図 2）。*1

データ収集期間は、2018 年 2 月 20 日～22 日であり、温度・湿度・照度（明るさ）・気圧・音・UV、加速度を 1 分または 5 分間隔で収集している。

3.3 実験結果と課題

収集したデータを分析した結果、(1) 静穏性、(2) 防音性、(3) 採光性、(4) 断熱性について、すべてデータから物

*1 中心からずらす理由は、中心に設置すると窓の開閉ができなくなるからである。

件の違いについて抽出できることが確認できた。このことから、IoT デバイスのセンシングにより、新指標の構築が可能であることが示された。

一方でいくつか課題も確認された。先行研究では、実験的にデータ収集を行ったが、実運用時にはより大規模にデータ収集を行う必要がある。その場合、データ収集期間の長期化およびデータ収集の簡易化が必要である。先行研究では、モバイルバッテリーを使用して電源の確保を行ったが、3 日間程度しか稼働しなかった。実運用時には、最低 1 週間の連続データ収集が必要である。そのためには、ゲートウェイの低消費電力化が必要である。

また、機器の設置のために、デバイスについて理解している設置者が必要となっている。実運用時には誰でも知識なしに設置・データ収集できる必要がある。そのためには、ボタン一つでデータ収集が実施できることや、簡易に設置場所を登録できる工夫などが必要である。

さらに、ネット接続を必要としないという要件を達成するために、ゲートウェイの内部にデータを蓄積し、手作業でデータを抽出することとした。しかしながら、実運用時には、そのような作業は手間がかかり現実的ではない。より効率的なデータ収集方法が必要である。

4. 新たなデータ収集手法の提案

本章では、先行研究で明らかとなった課題を踏まえ、新たなデータ収集手法の提案を行う。

4.1 システム要件

ここでシステムの要件を再確認する。まず、プロトタイプ IoT デバイス開発時に設定した要件を確認する。

- (1) 電源供給環境を必要としない。
- (2) ネット接続環境を必要としない。
- (3) 手軽に持ち運び可能である。
- (4) 誰でも利用可能である。
- (5) 音量、明るさ、温度、湿度が計測可能である
- (6) 数日間の連続計測が可能である

このうち、(1)、(3)、(5)、については、先行研究において達成した。しかしながら、(2) ネット接続を必要としない、(4) 誰でも利用できる、(6) 数日間（一週間）の連続計測が可能であるについては、達成できなかった。そのため新たに提案するシステムでは、これらの要件も達成できるシステムを構築する必要がある。

4.2 システム概要

図 4 は、新たに提案するシステムの概要である。センシング部分は先行研究と同様に、オムロン 環境センサ 2JCIE-BL01 を用いた。このセンサは、温度・湿度・照度（明るさ）・気圧・音・UV、加速度が収集できる。またリチウム電池 (CR2032)1 個で稼働し、1 分間隔でデータを取得

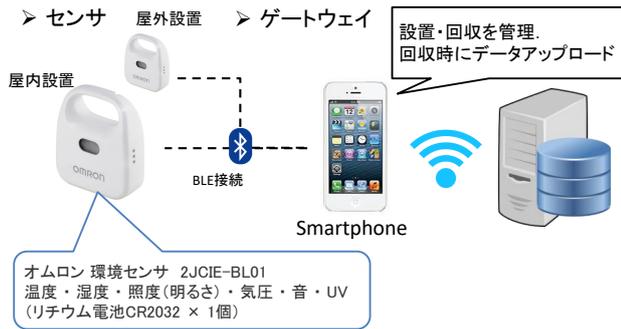


図 4 システム概要図

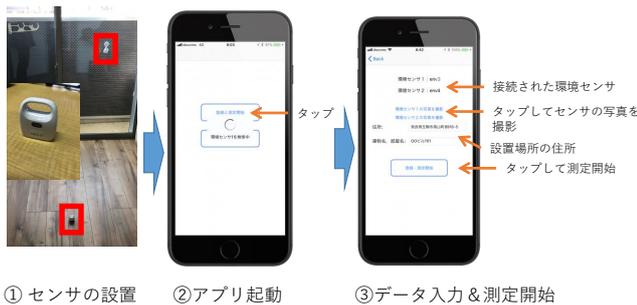


図 5 センサの設置

しても、1ヶ月以上稼働することが確認されている。

改良部分は、ゲートウェイである。先行研究では、ゲートウェイとして Raspberry Pi を用いていたが、提案システムでは Smartphone を用いる。また、センサとゲートウェイとの通信には BLE を用いる点は同様だが、データの保存場所および通信のタイミングについて変更する。先行研究では、センシングされたデータは直ちに BLE 通信を用いてゲートウェイに送られ、ゲートウェイ内の SD カードに保存されていた。提案システムでは、オムロン 環境センサ内のフラッシュメモリに蓄積し、1週間経過後に Smartphone と通信することでデータを抽出し、スマートフォンの回線を利用してクラウドにアップロードする。Smartphone の操作については、専用のアプリケーションを開発し、設置・回収の操作を誰でも可能にする。

4.3 Smartphone アプリによるセンサ設置と回収

図 5 は、センサ設置時のアプリの遷移を示している。センサ設置時は、まず部屋の内外に環境センサを設置する。次にアプリを起動し、センサ設置ボタンをタッチする。アプリは、設置されたセンサを認識し、センサ番号を表示する。この時、アプリは Smartphone の時間に基づいて環境センサの時間を合わせる。また、設置者はアプリのカメラ機能を利用して、設置状況を写真に撮影する。最後に測定開始ボタンをタップすることで測定が開始される。

また、図 6 は、センサ回収時のアプリの遷移を示している。センサ回収時は、アプリを起動し、センサ回収ボタン



図 6 センサの回収

をタップする。これにより、アプリは環境センサと BLE 通信を開始し、環境センサのフラッシュメモリに蓄積されたデータを抽出する。抽出されたデータは、スマートフォン回線を利用して、自動的にサーバにアップロードされる。最後にセンサを回収し、測定が終了される。

5. 予備実験と考察

本章では、動作確認のための予備実験と考察を行う。

5.1 予備実験

本実験に先立ち、アプリケーションの動作確認のために予備実験を行った。動作確認は、センサの設置および回収について行った。センサの設置については、アプリを起動し 1 タップするだけでセンサとスマートフォンとの接続ができることが確認された。また、画面の指示に従ってタップすることで、カメラが起動し、設置したセンサの撮影が可能であった。さらに、設置住所の入力も問題なく行われ、スムーズにセンサの設置およびデータ収集を開始することができた。

センサの回収については、アプリを起動し 1 タップするだけで終了した。終了ボタンを押すことにより、環境センサと Smartphone の BLE 接続が開始され、フラッシュメモリに蓄積されたデータが抽出された。また、自動的にサーバへアップロードされた。ただし、環境センサから Smartphone へのデータ転送については、想定以上の時間がかかることが判明した。具体的には、7日間のデータを転送するために、20分程度必要であることが試算された。

5.2 考察

提案されたシステムは、ゲートウェイに Smartphone を利用することで、(2) ネット接続必要としないという要件を満たした。収集されるデータは、日時および各種センサの値を含んだ csv ファイルであるため、Smartphone の通信速度で十分にサーバにアップロードすることができる。問題となるのは、環境センサから Smartphone への抽出である。予備実験により、環境センサからのデータ抽出に 20分程度必要であると試算された。実運用を考えた場合、デー

タを回収するためにその場を動かず 20 分何もせず待つことは非効率である。より高速なデータ抽出法の確立が必要である。

また、(4) 誰でも利用できるという要件については、Smartphone のアプリケーションを利用することで達成できたと考える。写真を撮る、住所を入力するなどの行為は、Smartphone 所有者であれば日常茶飯事であり、ほぼ誰もが利用可能と考える。

さらに、(6) 数日間のデータ収集が可能であるという要件については、環境センサを独立に稼働させ、データを環境センサ内に蓄積することで解決している。環境センサについては、1ヶ月以上の利用が可能であることを確認しており、センサ側の問題はない。また、ゲートウェイについては、設置と回収の時のみ Smartphone を利用するだけであるため、環境センサのフラッシュメモリ容量を超えない限り、1週間以上の長期間のデータ収集も可能である。

6. おわりに

本稿では、騒音や日当たりなど、物件に関する新たな定量的な指標を構築するにあたり、空き賃貸物件における電力および常時インターネット環境がないという制約下における環境情報センシングデバイスについて検討することを目的とした。先行研究において構築したプロトタイプ IoT デバイスには、エネルギーハーベスト化およびデータアップロードの効率化という二つの課題が存在した。そこで、新たに Smartphone を使用したシステムを提案し、予備実験によってその実現可能性を探った。その結果、提案システムが先行研究の二つの課題を解決できることを示唆した。

今後はより現実的な状況の中で多くのデータ収集を実施し、様々な条件下においてもデータ収集が可能であること、またその際の課題をを明らかにする。さらに、季節効果や週末効果の影響について検討することも課題である。最終的には、社会に存在する全ての賃貸物件に新たな指標を付与することを目指している。

参考文献

- [1] 諏訪博彦, 中村優吾, 野口真史: IoT センシングによる新たな賃貸物件探索指標の検討, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2018) シンポジウム (2018).
- [2] SUMO 編集部: きっかけは? 重視する条件は? 857 人に聞いた引越し・住み替えの実態調査 2017 (<https://suumo.jp/article/oyakudachi/oyaku/chintai/fr-data/hikkoshi-sumikae2017/> 2018/5/14 参照).
- [3] Chih-Hung Wu, Chi-Hua Li, I.-C. F. C.-C. H. W.-T. L. C.-H. W.: HYBRID GENETIC-BASED SUPPORT VECTOR REGRESSION WITH FENG SHUI THEORY FOR APPRAISING REAL ESTATE PRICE, *2009 First Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems*, pp. 295–300 (2009).
- [4] Vincenza Chiarazzo, Leonardo Caggiani, M. M. M. O.: A Neural Network based model for real estate price estimation considering environmental quality of property lo-

cation, *Transportation Research Procedia* 3, pp. 810–817 (2014).

- [5] 大淵友暉, 山崎俊彦, 相澤清晴, 鳥海哲史, 林幹久: IoT センサを用いたマンション物件計測と快適度評価, 第 31 回人工知能学会全国大会 (JSAI2017) (2017).
- [6] Obuchi, Y., Yamasaki, T., Aizawa, K., Toriumi, S. and Hayashi, M.: Measurement and evaluation of comfort levels of apartments using IoT sensors, *2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp. 1–6 (online), DOI: 10.1109/ICCE.2018.8326169 (2018).