

氏 名	松岡 保静
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 7707 号
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	可聴音を利用した近距離情報伝送技術に関する研究
主 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 牧野 昭二
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 福井 和広
副 査	筑波大学 教授 博士 (工学) 亀山 啓輔
副 査	国立情報学研究所/総合研究大学 博士 (工学) 小野 順貴 院大学 准教授
副 査	筑波大学 准教授 博士 (工学) 山田 武志

## 論 文 の 要 旨

近年、機器同士の通信を利用した M2M (Machine to Machine) や、オフラインとオンラインを結ぶ O2O (Offline to Online) 等の新事業領域が開拓されつつあり、その中で様々なデバイスと携帯端末がデータを伝送する近距離情報通信技術が着目されている。本研究では、携帯端末における情報取得手段のさらなる多様化を目的として、音インタフェースに着目し、音波情報伝送による情報取得手段の確立を目指している。

音を利用する利点として、携帯端末にはマイクおよびスピーカが備わっており、特殊なハードウェアを搭載することなく利用できる。また、テレビや郊外のスピーカ等も情報発信源として利用でき、ユビキタスな通信も可能になる。例えば、テレビやラジオの音声に、番組の Web サイトの URL 情報を重畳して伝送し、携帯端末で録音してその情報を抽出できれば、番組の Web サイトに自動的にアクセスできるようになる。

音波で情報を伝送する技術において、従来の音響透かし技術に基づいた手法は、1 秒間に 2～3 文字程度の情報しか送ることができない。また超音波を用いる手法では、伝送速度は高くできるが、市販のオーディオ機器で超音波を再生・録音できるものは少なく、またテレビやラジオ放送では超音波帯域の信号を送ることはできないため、利用できる場面がほとんど無くなる。

本研究では、1) URL や簡単なテキスト情報を 1～2 秒で伝送できる、2) 可聴帯域の音波で情報を伝送し、一般的な市販のスピーカ、携帯端末のマイクで情報伝送が可能である、3) 伝送信号を聴覚に不快にならないように音声・音楽に重畳する、の 3 つの条件を満たす音響データ通信技術为目标とした「音響 OFDM」を提案し、その有効性を示している。

## 審 査 の 要 旨

### 【批評】

本論文は、OFDM 変調信号を聴覚に不快にならないように変形して音声・音楽に重畳する音響 OFDM を提案し、主観評価によりその有効性を示している。要素技術として、1) 各サブキャリアのパワーを、重畳する音声・音楽のパワースペクトルに合わせることで、不快なノイズ音を音声・音楽に調和する音に変換した。2) 聴覚心理モデルを用いて低域音響信号の周波数マスキング閾値を計算し、この周波数マスキング閾値以下になるようにして M 系列符号でスペクトル拡散した信号を、オリジナル音源の低域音響信号に重畳し、フレーム同期をとった。3) 畳み込み符号を用いて誤り訂正を行なった。4) 2 スピーカ・1 マイクでの送信ダイバーシチ方式を用いて、マルチパス干渉による顕著な周波数選択性フェージングを防止した。5) 送信機と受信機のクロック周波数のずれによる周波数オフセットや、録音マイクの移動によるドップラーシフトを、受信信号をリサンプリングしてピッチ変換することで補正した。 の 5 つの技術を開発し検証している。

さらに、音質を評価するために主観評価試験を行ない、伝送性能を劣化させることなく、音質劣化を防止していることを確認している。

本論文で提案した音響 OFDM の伝送速度は約 300 bps であり、URL やメールアドレスの短いテキストデータであれば、1～2 秒程度で伝送できる。実際にスマートフォンや小型デバイスにも実装を行い、音響 OFDM が実現可能であることも確認している。

研究の着眼点、新規性、有効性、実用性において優れた研究であり、博士（工学）の学位を受けるにふさわしい優れた論文と評価する。

### 【最終試験の結果】

平成 28 年 1 月 21 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

### 【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。