

安全見守りシステムにおけるプライバシー保護手法

厚田 和也[†] 浜中 雅俊[†] 李 昇姫[‡]

[†] 筑波大学大学院システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

[‡] 筑波大学大学院人間総合科学研究科 〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†] kazuya@music.iit.tsukuba.ac.jp, [†] hamanaka@iit.tsukuba.ac.jp, [‡] lee@kansei.tsukuba.ac.jp

あらまし 我々はこれまで、自己の経験や状況を伝えることが難しい就学前児童や高齢者にウェアラブルデバイスを装着し、デバイスに録音された装着者の声を家族が確認できる手法を構築してきた。本稿では、装着者の周囲にいた人物の会話が入力されることにより生じるプライバシーの問題から、録音データ中、装着者が発声した部分のみを家族に提供する。従来、発声を認識する手法では、特定の環境下における録音が必要であった。本手法では、周囲の音を抑制する差分マイクをデバイスに搭載し、装着者の発声が相対的に強調された録音データを獲得することで、録音環境の制約を設けることなく装着者の発声を検出できる。また、マイコンや無線 LAN モジュールを搭載したウェアラブルデバイスの実装により、保育園等の施設における装着者の発声を検出し、各家庭に送信するシステムを構築する。実装したデバイスによる録音データを用いてプライバシー保護の性能を評価した結果、装着者の周囲の音が有効に抑制されることを確認した。

キーワード ウェアラブルデバイス、音声プライバシー保護、差分マイク

Privacy protection method for system of monitoring safety

Kazuya ATSUTA[†] Masatoshi HAMANAKA[‡] and SeungHee LEE[‡]

[†] Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8573 Japan

[‡] Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba

1-1-1 Tennodai, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-8574 Japan

E-mail: [†] kazuya@music.iit.tsukuba.ac.jp, [†] hamanaka@iit.tsukuba.ac.jp, [‡] lee@kansei.tsukuba.ac.jp

Abstract We have developed a system of monitoring safety for preschoolers and senior citizens who cannot tell accurately about their own experiences and condition. A wearable device which has the recording capability attached to preschoolers and senior citizens, and their family can check the device wearer's voice recorded by the device. When the wearer's voice is recorded, conversation around the wearer might be input unintentionally. The privacy of the person who was inadvertently recorded may be violated. Therefore, this system provides the family with only the wearer's voices in the recorded data. Previously, there have been studies about recognizing voices, we must record in a particular condition. In this system, it is possible to detect the wearer's voices without constrained conditions because the wearable device has a differential microphone that can tone down ambient sounds, and the microphone can emphasize the wearer's voice more than the ambient sounds. Furthermore, it is possible to detect the wearer's voices in facilities (e.g. nursery school) and send detected voices to their homes by constructing the wearable device that has a microcomputer and a wireless LAN module. In the evaluation experiment, this system can effectively tone down ambient sounds.

Keyword Wearable Devices, Speech Privacy Protection, Differential microphone

1. はじめに

我々は、就学前児童や高齢者に起きた出来事を家族が確認する手段として、複数のセンサから得られる生体情報・行動情報に基づき危険状態の検出および装着者に起きた出来事の記録を可能とする安全見守りシステムを構築してきた[1][2].具体的には、心拍計などのセンサを搭載するウェアラブルデバイスを児童や高齢者

に装着することで、身体に急な変化が現れた場合や、普段と異なる行動が確認された場合を危険状態として検出し、家族への迅速な連絡を可能とした。このとき、危険状態時の装着者の状況や周囲の様子を家族が具体的に把握できるように、デバイスに搭載したカメラとマイクにより獲得された映像と音声を確認可能とした。危険状態時以外の映像や音声については、日中の行動

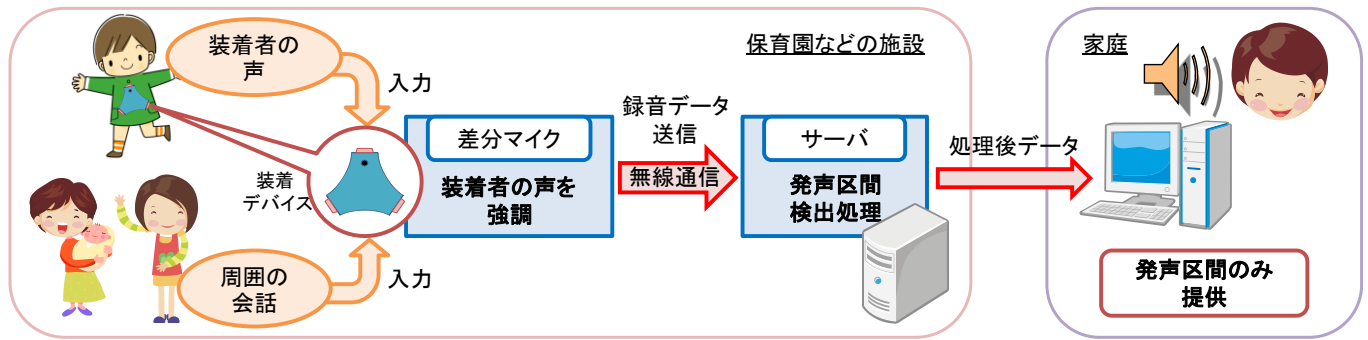


図1. プライバシー保護全体図

記録として提供されることで、家族が装着者の目線に立った安全確認が可能となった。

上記のような撮影・録音機能をもつデバイスを使用する際、周囲を偶然通りがかったような人物が映りこんだ映像や、その人物の会話が録音された音声をそのまま家族に提供することでプライバシーの問題が生じる可能性がある。そこで、我々はこれまで、録音データ中の装着者の発声区間のみを家族に提供することで音声のプライバシー問題を解決する手法を構築してきた[3]。その手法では、周囲の音に比べ相対的に目的音を強調する差分マイクの技術[4]を応用することで、装着者の発声の検出を可能としてきた。

従来より、複数の音源が存在する環境下における特定話者の発声を認識する技術には、独立成分分析があったが、分離したい音の数と等しい数のマイクが必要なことや、処理の計算コストが大きいことなどが問題であった[5]。また、複数のマイクが並んだマイクロホンアレイにより音源の方向を推定し、話者とその発声を自動的に認識する手法も提案されているが、その対象は室内における移動しない話者に限られていた[6]。

これに対して我々は差分マイクを用いてプライバシー保護を行うことを考えた。差分マイクは、マイクから離れた周囲の音の抑制や、目的音以外の方向への死角生成により、相対的に目的音の強調が可能となり、携帯電話や音声認識におけるノイズキャンセリングに応用されている[7]。本研究では差分マイクを搭載したウェアラブルデバイスを実装し、デバイス装着者の発声を強調することで、従来手法のような制約を設けることなく、発声の検出を可能とする。

本研究では差分マイクによる録音と、その録音データのサーバへの送信を可能とし、さらに本研究が対象とする就学前児童や高齢者においても負担なく装着できるサイズと重さのウェアラブルデバイスの構築を行う。まず、音声の録音可能な処理能力を持ち、さらに様々な種類のセンサ情報を統合できるマイコン Arduino[8]の搭載により、録音データと他の情報の統合ができることから、2章で述べるように、危険状態のみ差分をし

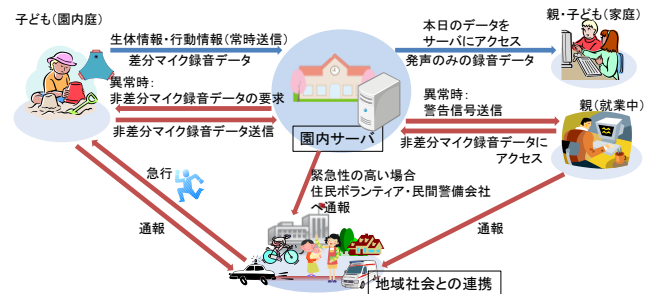


図2. 安全見守りシステムの全体図

ない普通のマイク（以下、非差分マイクと呼ぶ）の録音データを送信する処理が可能となる。さらに Arduino に無線 LAN モジュールを組み合わせることで、図1に示すように、サーバへの録音データの送信が可能となる。サーバでは発声区間の検出処理を行い、各家庭に発声区間のみを含んだデータを送信する。実装したデバイスにより獲得された録音データを用いて、プライバシー保護の性能を評価した結果、装着者の周囲の音が有効に抑制されることを確認した。

2. 安全見守りシステムの概要

図2は就学前の保育園児を対象とした場合の構築システムの全体像である。対象とする年齢の子どもは自己の経験や状況を人に伝えることが難しい場合があることから、危険な状況に遭遇しても親が把握できない可能性がある。そこで、園内で過ごす園児に心拍センサや加速度センサを搭載する小型のウェアラブルデバイスを装着し、デバイスから園内に設置されたサーバに常時送信される生体情報・行動情報を親が確認可能とする。また、生体情報・行動情報に基づき園児の潜在的な危険状態が検出された場合には、親は園内サーバから速やかに連絡を受けることが可能である。

ここで、園内サーバに集められた複数の園児の情報を、個人情報保護される範囲内で共有することで、親は自身の子どもと他の子どもたちの情報を確認し、より詳細に子どもと周囲の状況を把握できる。特に園児の発声が含まれる録音データは、自身の子ども以外の

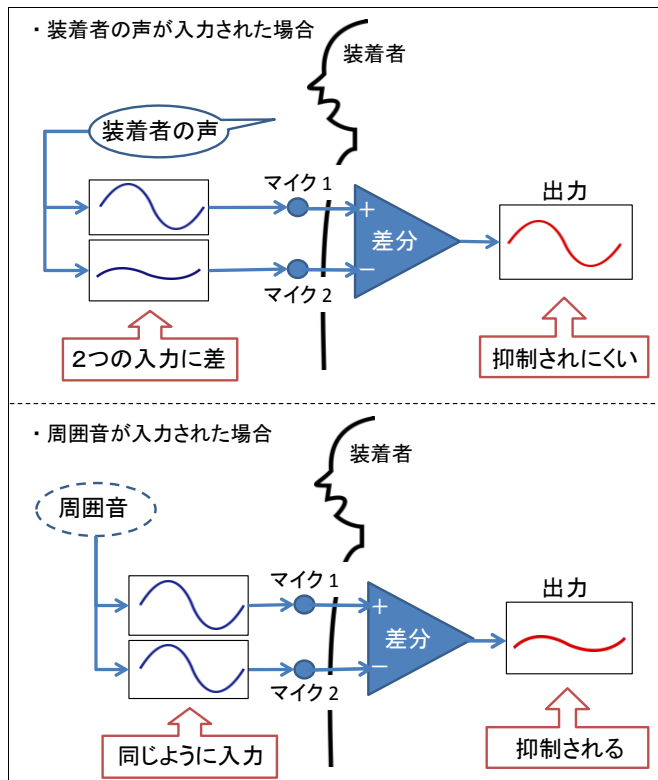


図 3. 差分マイクの特徴

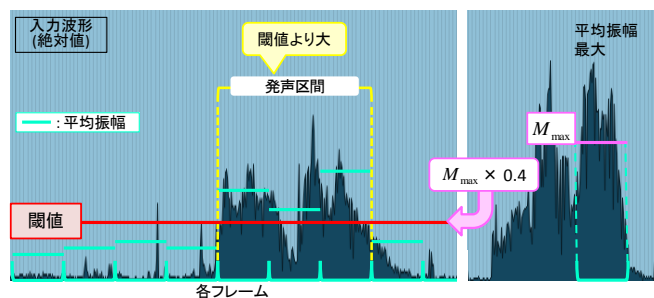


図 4. 発声区間の検出

他の園児の録音データも併せて確認することで、子どもの園内における人間関係などを知る手掛かりとなる。また、録音データに関しては、危険状態時以外は録音データ中、園児が発声した区間のみを親が確認できるが、危険状態が検出された場合のみ、プライバシー保護よりも園児の周囲の状況確認を優先し、非差分マイクによる録音データを確認できる。

3. 音声プライバシー保護システム

本デバイスに搭載された差分マイクにより、デバイス装着者から離れた周囲の音が抑制されることで、相対的に装着者の発声が強調された録音データを得る（図 3）。これより、そのデータを分析し、音声信号の平均振幅 [9] が、あらかじめ設定する閾値より大きい区間を装着者の発声区間とする。そして検出された発声区間

のみを家族に提供する。

3.1. 発声区間の検出

録音データをフレーム分割し、フレーム毎に平均振幅を求め、それが閾値より大きいフレームを発声区間とする。このときのフレーム長は、音声信号処理において 10~20 ミリ秒が実用的な長さとなることから [9]、本システムでは 20 ミリ秒のフレーム長を用いる。また、あらかじめ設定する閾値であるが、5.1 節で述べる録音実験において獲得した差分マイクの録音データを確認すると、装着者の発声のない区間の振幅はほとんどの場合、発声のある区間の振幅の 0.4 倍程度であったため、フレーム毎に求めた平均振幅の中で最大の値の 0.4, 0.5, 0.6 倍を閾値としてそれぞれ発声区間の検出を行った。その結果、0.5 倍のときに最も正確に発声区間が検出されたため、これを閾値とする。

3.2. 発声区間の訂正

2 人以上の装着者が至近距離にいる状況で、このうち 1 人が大声を出した際、他の装着者の差分マイクがこの声を抑制し切れず、実際は発声していない装着者の発声として検出される可能性がある。そこで発声区間の検出後、発声の始点と終点がともに一致する装着者が複数いる場合には、その区間における平均振幅を装着者毎に求める。そして、平均振幅が最大である装着者の発声であると判断して、それ以外の装着者については検出された発声区間を削除する。

なお、始点と終点の一致については、音声信号の遅延を考慮し、多少の誤差を見積もって設定している。

4. ウェアラブルデバイスの実装

差分マイクによる録音と、その録音データの送信を可能とするウェアラブルデバイスを実装した。本デバイスには、様々な種類のセンサ情報を統合可能なマイコン Arduino と、wav 形式ファイルを Arduino と組み合わせることで再生可能にする Wave Shield Kit [10] を搭載する。そして Wave Shield に録音機能を追加するライブラリ Wave RP [11] を Arduino に書き込むことで、マイク入力の音声を 8bit、最大 44.1kHz の wav ファイルとして Wave Shield に搭載された SD カードに保存できる。また、無線 LAN モジュールと Arduino を接続することで、保存された録音データのサーバへの送信も可能となる。

5. 実験

本研究で実装したデバイスによる録音データを用いた発声区間の検出性能を評価するために、4 名の被験者にデバイスを装着して録音実験を行った。

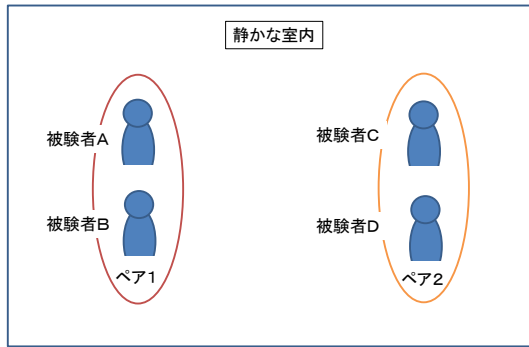


図5. 録音実験配置

表1. 実験結果

| | 被験者 A | 被験者 B | 被験者 C | 被験者 D |
|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 検出された 発声区間 [%] | 100.0 | 92.0 | 98.3 | 93.8 |
| 検出された 未発声区間 [%] | 16.9 | 55.3 | 40.2 | 37.9 |

5.1. 録音実験

図5に示すように,被験者4名を2組の2人ペアに分け,各ペアは交互に文章の音読を行い,会話をしているような状況の2組をつくった.ここで,抑制すべき周囲の音は他ペアの被験者の声とした.同ペアの会話の相手である被験者の声については抑制の対象とする必要はないが,至近距離における他者の発声が発声区間の検出性能にいかに関与するかを調べるために抑制の対象として評価をおこなった.

5.2. 結果と考察

発声区間の検出性能の評価には,装着者が実際に発声していた総時間のうち,発声区間として検出された合計時間の割合と,それとは逆に,実際は発声していない総時間のうち,発声区間として検出された合計時間の割合を調べる.その結果は表1のように,全被験者において実際に発声があった区間のほとんどが発声区間として検出された.一方,発声していないが発声区間として検出された区間に関しては個人差が見られた.被験者Aが最も良い結果となったが,これは声が4人中で最も大きかったこと,またペアの被験者Bが至近距離ではあるものの声が小さかったため,影響を受けなかった.これとは逆に,被験者Bは被験者Aの大きい声をほとんど抑制できなかったため,このような結果となったが,他ペアの発声についてはほとんど抑制されていたことより,距離の遠い音ほど抑制効果が大きい差分マイクの特徴を確認した.被験者CとDに関しては,前半は非常に良い結果であったが,後半に,実際は発声していない区間も発声区間として検出されるように

なった.考えられる原因としては,相手,または自身の差分マイクに対する体の向きや距離の変化などがあるが,今回の実験のみでは詳細な考察が難しいため,今後さらに実験を通して検証していく.

6. おわりに

就学前児童や高齢者を対象とした安全見守りシステムにおいて,差分マイクを搭載したウェアラブルデバイスを実装し,録音データ中の,デバイス装着者の発声区間のみを家族が確認可能な手法の構築により,周囲の会話が入力された場合のプライバシー問題を解決した.

今後は,装着者自身のプライバシーについても議論を重ね,対象を高齢者とした場合には,特定の場合の発声のみを家族が確認可能とするような方法についても検討する.

謝辞 本研究の一部は総務省による戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE) の支援を受けて行われた.

文 献

- [1] 三浦右士,浜中雅俊,岩本義輝,李昇姫,“ウェアラブルセンサを用いた子どもの行動識別,”情報処理学会第72回全国大会講演論文集,no.1ZD-6,pp.3-483-484,Mar.2010.
- [2] 宇佐美敦志,孫慈禧,浜中雅俊,李昇姫,“子どもの危険状態検出システムの構築に向けたウェアラブルデバイスの実装,”情報処理学会第72回全国大会講演論文集,no.3ZD-8,pp.3-523-524,Mar.2010.
- [3] 厚田和也,孫慈禧,浜中雅俊,李昇姫,“ウェアラブルデバイスにおける音声プライバシー保護システム,”情報処理学会第72回全国大会講演論文集,no.5U-1,pp.2-275-276,Mar.2010.
- [4] (株)船井電機新応用技術研究所,“話者音声のみを捉える微小で高性能な雑音カットマイクの開発に成功,”報道発表資料-2008.7.22
- [5] 牧野昭二,荒木章子,向井良,澤田宏,“畳込み混合のブラインド音源分離,”システム制御情報学会誌,no.48(10),pp.401-408,Oct.2004.
- [6] 浅野太,緒方淳,松坂要佐,山田実一,中村雅巳,“会議収録データにおける発話イベントの構造化と分離について,”日本音響学会研究発表会講演論文集,秋季,pp.1-2-15, Sep. 2006.
- [7] 高田晋太郎,勘場智之,小川哲司,赤桐健三,小林哲則,“減算型アレイ処理とスペクトラルサブトラクションを用いた音源分離技術とその携帯電話への応用,”電子情報通信学会技術研究報告.SP,音声,106(123),pp.7-12, June. 2006.
- [8] Arduino公式ホームページ, <http://www.arduino.cc/>
- [9] L.R.Rabiner, R.W.Schafer, “音声のデジタル信号処理(上),”鈴木久喜訳,コロナ社,1983
- [10] WaveShield - Add music to your Arduino-, <http://www.ladyada.net/make/waveshield/>
- [11] WaveRPLibrary, <http://code.google.com/p/waverp/downloads/list>