3-3　マルチメディア情報ハイディング

3-3 Multimedia Information Hiding

滝澤　修　　薗田光太郎　　吉岡克成　　鈴木誠史
TAKIZAWA Osamu, SONODA Kotaro, YOSHIOKA Katsunari, and SUZUKI Jouji

要旨

我々は、画像や音響などに対してデジタル情報を重畳するマルチメディア情報ハイディング技術（MIH）について研究してきた。MIH の防災応用として、救急車等の緊急車両が発するサイレン音に走行位置や事象の内容等の情報を重畳して、詳細な注意情報を周囲に伝えるための技術「PAIH」（Public Address Information Hiding）を開発した。MIH ではマルチメディアコンテンツが情報の重畳によって変質劣化しないことが一般に要求されるのに対し、PAIH ではサイレン音の変質劣化に対する許容度は大きい反面、音源の走行に伴うドップラー効果や環境騒音による影響に対して頑健な必要があるため、一般的な音信号電子透かしとは異なったテクニックが必要である。

We research the multimedia information hiding (MIH) which is a technology to overlay digital information on multimedia contents such as picture, sound, document, etc. As application to disaster management of MIH, we have developed a new technology called "PAIH" (Public Address Information Hiding) which is a technology to overlay information such as position or destination on siren sound of urgent vehicles. Siren sound is allowed to degrade of sound quality, but PAIH is required to decode correct information from siren sound with pitch shift (Doppler efect) or under noisy environment.

[キーワード]
電子透かし，ステガノグラフィ，情報ハイディング，音響，サイレン
Digital watermarking, Steganography, Information hiding, Public address sound, Siren

1　まえがき

画像、音響、テキストなどのマルチメディアコンテンツに対してデジタル情報を重畳する技術であるマルチメディア情報ハイディングは、マルチメディアコンテンツの生成と流通が激増している現代に重要なアプリケーションセキュリティ技術である[1]。情報を重畳する目的によって、コンテンツに著作権情報を付加して権利を主張するため等の電子透かし（digital watermarking）、配布先毎に異なる情報を付加して情報流出元を特定するため等の電子指紋（digital fingerprinting）、情報を重畳していること自体を秘匿しつつ特定の相手方に秘匿情報を安全に伝送するため等のステガノグラフィ（steganography）等に分類される。

我々は、ドキュメントを対象とした新しい情報ハイディング手法について、従来から研究を進めてきた[2][3]。さらに防災応用を目指し、救急車等の緊急車両が発するサイレン音に走行位置や事象の内容等の情報を重畳して、詳細な注意情報を周囲に伝えるための技術「PAIH」（Public Address Information Hiding）を開発した[4]-[7]。本稿では、PAIH の概要と評価について述べる。

2　PAIH の概要と意義

2.1　PAIH の概要

PAIH は、情報を重畳したサイレン音を生成して空気伝搬させ、それを受音した端末によって情報を取り出す技術である。ハードウェアは、情報を埋め込んだサイレン音を生成する送信装置と、受音したサイレン音から埋め込み情報を抽出して表示する受信装置とから成る。

2.2 音信号電子透かしとPAIHとの相違

PAIHは、単に注意喚起の目的しか持たない警報音を対象とするので、一般的な音信号電子透かしとは異なり、情報の重畳による原音の変質が知覚可能なほどに大きくても許容される。反面、音楽著作権保護等を主な目的とする一般的な音信号電子透かしが、デジタル化された音楽ファイルを対象とする場合が多いのに対して、PAIHは空気伝搬する音響を対象とするため、周囲の雑音や干渉による音質の劣化が起きても埋め込んだ情報が消えない、十分な頑健性が求められる。空気伝搬する音響を対象とした電子透かし技術として、放送音声に関連情報を重畳すること等を目的とした音響OFDMが提案されている[8]。音響OFDMは、放送する音信号のほとんどの基本周波数が集中する低周波数成分だけを本来の状態で残し、高周波数成分を情報により拡散信号で置換する手法である。音質劣化に対する制限を緩めたことで、空気伝搬に対する耐性の強化と、伝送可能な情報の増量を実現している。しかし、音響OFDMも基本的には音楽信号や音声信号のような、細工する余地の多い冗長な音を埋め込み媒体としている。それに対してPAIHでは、サイレンのようなごく単純な記号音を対象としており、これらの信号は音響的な特性が極めて単純で冗長性が少ない。このような音に対しては従来の音信号電子透かしの手法では十分な伝送可能情報量を実現することが困難なため、情報ハイディングの対象としてはこれまで検討されたことが無かった。

また緊急車両が発する警報音は、高速移動しながら発信され、また信号復号側も移動している場合が多いため、音響を受信する側では、音源の信号に「ドップラー効果」がかかったものを受信することになる。ドップラー効果は、音源の受信点方向への接近速度あるいは受信点の音源方向への接近速度によって音高が時間的に変動するピッチスケーリング効果である。音楽を対象とした電子透かしにおいても、耐性評価項目として、5%程度のピッチスケーリング攻撃に耐えること（すなわち音高を5%程度上下させても埋め込んだ透かし情報が消えないこと）が求められる[9]が、公道を高速走行する車両から受信した音に加わるピッチシフトはこれより大きい上に、時間的な変化も激しく、さらに交差の瞬間に不連続に変動する。例えば、時速80kmで受信点の目前を音源が通過する場合、±7%のピッチシフトが時変的に起こる。ピッチが不連続に変わる音質劣化をすると、音楽の場合はコンテンツとしての価値を失い、透かし検知をする必要性が無くなると判断されるため、音楽電子透かしでは音源と受音点が移動する場合を想定していない。

2.3 PAIHの活用

PAIHの応用としては、特定の相手方に情報を伝達する秘匿通信としての機能と、サイレンに関連する詳細な注意情報を周囲に伝える放送としての機能とが考えられる。前者としては、例えば携帯電話端末にPAIHを内蔵し、街を歩いていて消防車がサイレンを鳴らしながら通り過ぎて行った際に、サイレンの音からその消防車の出動先情報をいち早く知る応用が考えられる。後者としては、カーナビ等に組み込んだPAIHにより、サイレンを鳴らした緊急車両が近づいてきた際に、その進行方向等の情報を受信して、自分の車を退避させる参考にする応用が考えられる。

PAIHで行うような情報伝達は、音に情報を重畳せずとも、無線通信を利用することで容易に実現可能である。しかし、警報音と、伝達しようとする事象との関連を、人間に知覚できる形で結びつけることは、ユニバーサルな情報伝達の観点で重要である。つまりPAIHにより警報音それ自体に情報を埋め込むことで、聴こえている警報音とそれを受けて機械によって取り出した情報との関連を、人間は直感的に把握可能となる。また、受信対象者が警報音の届く範囲内にいる者だけで十分な場合に、無線通信によってそれ以上の範囲に情報が伝わることは無駄であるのみならず混乱の原因となる。また災害時や緊急時のような不測の事態において無線以外にも可能な限りさまざまな情報伝達手段を冗長に用意しておくことは重要であり、PAIHはその1つになり得ると考えられる。

我々は、救急車のいわゆるピーポー音を対象としたPAIHを開発した。ピーポー音は、消防庁長官告示[10]により、高低2音による繰り返し音で、基本周波数は高音が960Hz、低音が770Hz、音の長さは高音、低音共に0.65秒で1周期は1.3秒となっている。告示においてはこれらの数値は「概ね」とされているため、警報音としての音の成

分と長さの両方に多少の改変を加えることで、情報重畳の余地がある。

以下ではまず、ピーポー音を対象としたPAIHとして、複数の手法を比較検討した結果について述べる。

3　手法 1：継続時間長への埋め込み

3.1　概要

2.2 で述べたように、PAIH では、ピッチシフトの影響を受けにくい手法が求められる。空気伝搬中に受ける変形において顕著なのは、音響信号成分の変質であり、反射やドップラー効果により組成が変化する。しかし、信号の時間的な伸縮は高々数パーセントであり、変質は少ない。よって、発する純音の継続時間長（各音 0.65 秒）を埋め込み情報に合わせて伸縮させ、受音側でその伸縮を計測することで情報を取り出すことができると考えられる。図 1 に手法 1 の概念を示す。ここでは、0.65 秒の時間長を 0.55 秒にした場合は 0 を表し、0.75 秒にした場合は 1 を表すものとしている。約 0.65 秒当たりに 1bit を埋め込むため、伝送レートは 1.0/0.65［bit/sec］すなわち 1.8 bps 程度である。

3.2　評価

評価では空気伝搬音は用いず、計算機内でホワイトノイズによる SN +10 ～ −20dB の範囲でシミュレーションによる耐性評価実験を行った。またドップラー効果（移動音源 80km/h、受音点 5km/h、移動方向はランダム）を模擬した場合の実験も行った。結果を図 2 に示す。図 2 の縦軸は情報を正しく取り出せた率（検出率）で、ドップラー効果の無い場合を四角で示し、ある場合を丸で示している。

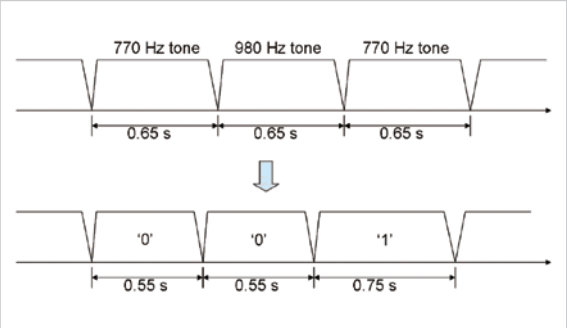


図 1　手法 1 の概念（横軸は時間）

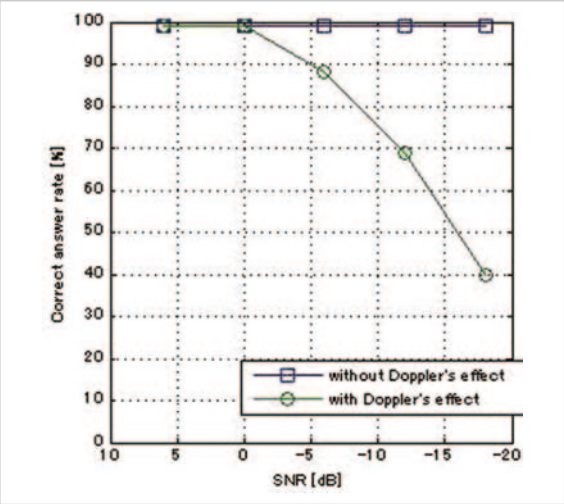


図 2　手法 1 の評価結果

実験結果をまとめると以下の通りとなる。

- ドップラー効果がない場合では、雑音が警報音より大きな音圧を持っていても（SN 比が負）、すべての情報を取り出せた。
- ドップラー効果がある場合でも、雑音が警報音より小さな音圧（SN 比が正）であれば、すべての情報を取り出すことができるが、雑音が大きいと急激に検出率が下がる。

シミュレーションでは、どの程度のドップラー効果を受けるのかを不明とした状態で評価した。そのため、受信した音に対して、770Hz の純音、980Hz の純音、それぞれとの相互相関を計算し、その値の高さの関係が持続する時間を継続時間として検出した。ドップラー効果を受けていない場合には鋭い相関値が出るが、受けているときには相関が低くなり、その結果、雑音に埋もれやすくなる。従ってドップラー効果が無い場合には雑音に頑健だが、ある場合には弱いという結果になったものと思われる。改善策としては、緊急車両の上限速度を想定し、ピッチシフトの範囲を考慮するなどの手法を基本周波数検出に盛込む工夫が考えられる。

検出率以外については、重畳できる情報量が少ないことと、サイレン音のリズムが崩れることによる聴覚上の違和感が大きいことが問題と考えられる。そのため我々は、手法 1 の採用は困難と判断した。

4　手法 2：倍音への埋め込み

4.1　概要

手法 1 は雑音に頑健であったが、ドップラー効果による影響には弱かった。ピッチの伸縮は、元の信号の周波数成分を全て m 倍する変化である。そこで我々は、サイレン音に、埋め込む情報に合わせた倍音を加える手法を検討した。倍音は、重畳されていてもいわゆる和音になり、聴覚的に違和感が少ない性質がある。情報“0”を表わす倍音比を m_0 とし、“1”を表わす倍音比を m_1 とする。救急車の場合、音源が発する音は元来単一の周波数成分 f_0 であるが、m_0 の倍音を加えると、周波数成分は f_0 と m_0f_0 の 2 つになる。一方、ドップラー効果により d 倍のピッチ伸縮を受けると、受音点の周波数成分はそれぞれ df_0 と dm_0f_0 になる。すなわち基本周波数と倍音の両方が同じピッチ伸縮 d を受けるため、情報を表わすこの成分間の関係 m_0 は保存されことになる。そこで情報抽出の際には、まず受音した信号を周波数分析にかけ、基本周波数である df_0 を同定する。次に df_0 の各倍音における成分の強さを各々調べ、最も強い成分を、情報重畳で加えられた dmf_0 と推定し、既に同定した df_0 との比である m を算出し、それを埋め込まれた情報とする。図 3 に本手法の概念を図示する。

4.2　評価

手法 2 についても、空気伝搬音は用いず、計算機内でホワイトノイズを加えた SN +20 ～ −10 dB の範囲でのシミュレーションによる耐性評価実験を行った。また、手法 1 と同じドップラー効果（移動音源 80 km/h、受音点 5 km/h、移動方向はランダム）を模擬した実験も行った。シミュレーション結果を図 4 に示す。実験では、7 種の情報ビットを 7 種の倍音で表わした。0.65 秒に 1 回の埋め込みを行うため、ビットレートは $\log_2 7/0.65$ bps となり、手法 1 よりも多くの情報を伝送できる。

実験結果をまとめると、以下の通りとなる。

- ドップラー効果の有無に関わらず、警報音が雑音より +10 dB 大きい音圧を持つ場合であれば、すべての情報ビットを取り出せた。70 % の検出率を得るためには、SN 比 5 dB 以上が必要である。
- ドップラー効果の有無について比較すると大きな差がないことから、ドップラー効果に対しては頑健と言える。

本手法は雑音耐性について手法 1 より劣るものの、ドップラー効果への耐性や聴覚上の違和感の少なさ、埋め込める情報量などの点で手法 1 より優れているため、本手法に改良を加えていくこととした。

5　手法 2 の改良

5.1　概要

手法 2 はドップラー効果に対して頑健だが雑音に弱いという欠点があった。そこで、手法 2 における送信符号列に、スペクトル拡散符号化と誤り

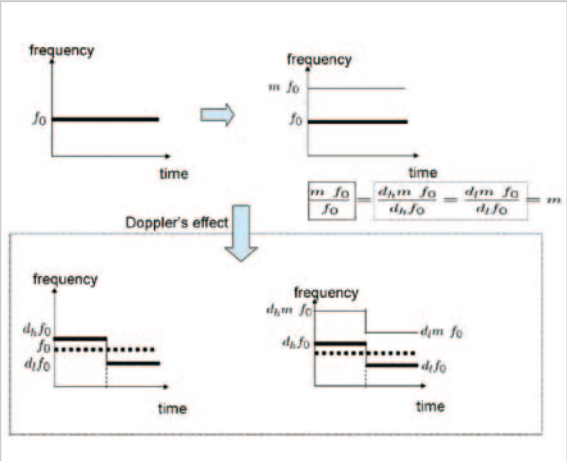


図 3　手法 2 の概念

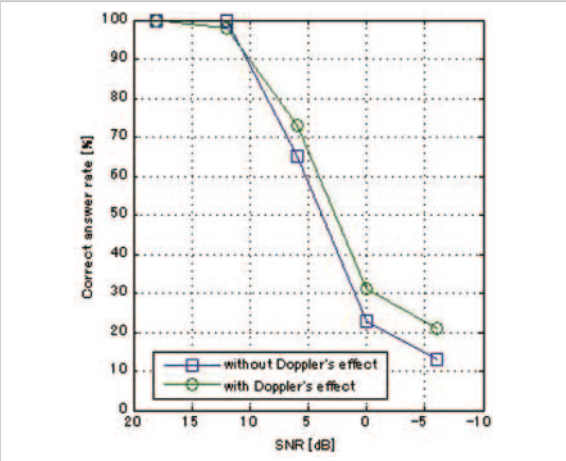


図 4　手法 2 の評価結果

訂正符号を導入し、雑音耐性を上げることを試みた。送信する符号列は0と1で表すものとし、0、1にそれぞれ対応する倍音比 k_0、k_1 を、それぞれ2、1/2とする。送信する各符号は、図5に示すように、信号生成側と信号復号側で共有する拡散符号列（PN系列）によって時間軸方向に拡散する。信号復号側では、このPN系列との内積をとることで送信された符号列を推定する。また、送信する符号列は（15,5）–BCH誤り訂正符号によって5ビット毎にパリティビット列を追加することとした。同誤り訂正符号は15ビット中3ビットまでの誤りを訂正可能である。

5.2　評価

本改良手法について、計算機シミュレーション実験により、ホワイトノイズ及びピッチシフト（音源移動によって信号復号側で受けるドップラー効果）に対する情報検出耐性を評価した。メッセージを4bpsで送信した場合の検出誤り率の結果を図6に示す。図中の p_w はサイレン信号が0.5秒おきに受けるピッチシフト係数の最大幅であり、送信した信号のすべての周波数成分が0.5秒おきに $1-p_w$ 倍から $1+p_w$ 倍されて、信号復号側に届くことを意味する。

実験結果より、−5db程度のホワイトノイズ環境下であっても p_w=0.1以下のピッチシフトであれば受信ビットの検出誤りは1割以下に抑えられることが確認された。**2.2**で述べた通り、音源が最大80km/hで移動をしている場合の p_w は0.07程度であることから、実用になる精度であると考えられる。

提案手法の評価では、当初は空気伝搬音を用いず、計算機内でホワイトノイズとピッチシフトを加えて評価を行った。その評価結果によって改良版手法2が有望であることがわかったため、続いて、改良版手法2に基づくプロトタイプシステムを構築して、実際の空気伝搬における検出率の評価を行った。空気伝搬における検出率を評価している実験の模様を図7に示す。右側のパソコンの外付スピーカからサイレン音を発し、左側のパソコンに接続したマイクロホンにより集音して検出した。

実験の結果、オープンな戸外では、ある程度の検出ができたものの、会議室のような閉空間では、ほとんど検出できないことがわかった。その原因として、反射波の影響が疑われた。閉空間のような音の反射がある環境では、送信音響の直接波とともに、ある遅延時間の後にその反射波（すなわち直接波の複製）が信号復号側に届くことになり、従って時間軸方向へ拡散された符号の復号処理に強い擾乱を与えることになると考えられる。

5.3　手法2の追改良と実装

5.2で述べた反射の影響を軽減するために、拡散符号化を時間軸方向ではなく周波数軸方向に行

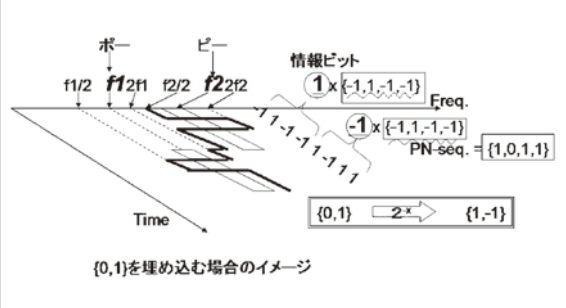


図5　手法2に対するスペクトル拡散の導入

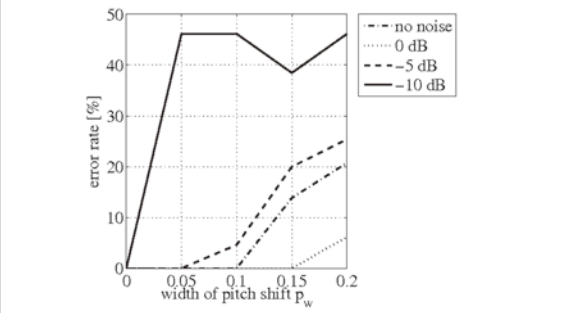


図6　改良した手法2によるホワイトノイズ及びピッチシフトに対する検出誤り率

図7　空気伝搬における検出率の評価実験

うための追改良を行うことにした。拡散された符号系列 m(n) に対する倍音比 k(n) を、次式のように定義する。（但し n=1…N）

$$k(n) = n + 1 + \alpha \times (-1)^{m(n)}$$

ここで α は、$0 < \alpha < 0.5$ の値をとるパラメータである。2 倍音を作る k(1) の場合、メッセージ m(1) が 0 ならば $k(1)=2+\alpha$、m(1) が 1 ならば $k(1)=2-\alpha$ となり、従って倍音が少し高くずれていれば 0、低くずれていれば 1 のメッセージを伝えることになる。情報を重畳したサイレン音は、サイレン自身の基本周波数に加えて、この N 個の倍音比の定める倍音成分の純音が同時に含まれる複合音となる。本手法により情報を埋め込んだサイレン音を、図 8 に示す。縦軸は周波数、横軸は時間である。各倍音は、0 と 1 のメッセージに応じて上下に震動していることがわかる。

開発を開始した当初は、任意のメッセージを伝送する用途を考えたため、重畳する情報として自由入力文を想定していたが、伝送レートの遅さや検出誤りにより、自由入力文では実用的な性能を得られないことがわかってきた。そこで、信号生成側と信号復号側でメッセージテーブルを共有し、伝送したいメッセージに対応して定義した記号列のみを伝送する方式で実装することにした。その結果、伝送できるメッセージの自由度は制約されるが、重畳される情報はメッセージテーブルで定義された短い記号列に限定されるため、見かけ上の伝送メッセージ量と検出正当率の両方の飛躍的な向上が期待できる。

以上の改善策を実装したプロトタイプシステムを、平成 21 年度に開発した。開発したシステムの構成を図 9 に示す。

本システムは、情報重畳サイレンを生成する信号生成部と、スピーカより流れる情報重畳サイレン音から情報を抽出する信号復号部とから成る。それぞれの詳細を以下に述べる。

(A) 信号生成部

①電子サイレン信号生成機能
消防庁長官告示[10]に基づいたサイレン信号の生成を行う。

②メッセージ情報選択機能
メッセージテーブルにより定義されたメッセージを選択可能な状態で提示する。

③誤り訂正符号付与機能（ECC）
誤り訂正符号の付与を行う。

④拡散処理機能（PN）
周波数軸方向へのビット列の拡散処理を行う。

⑤情報埋め込み機能
メッセージ情報選択機能により選択されたメッセージを、メッセージテーブルに基づいて記号列に変換し、それをサイレン信号に重畳する。

⑥音出力機能
情報重畳サイレン信号音の生成、および出力を行う。ここではシミュレーション用として、外乱（雑音、ドップラー効果）の重畳機能を有する。生成した信号音の出力は、音声ファイ

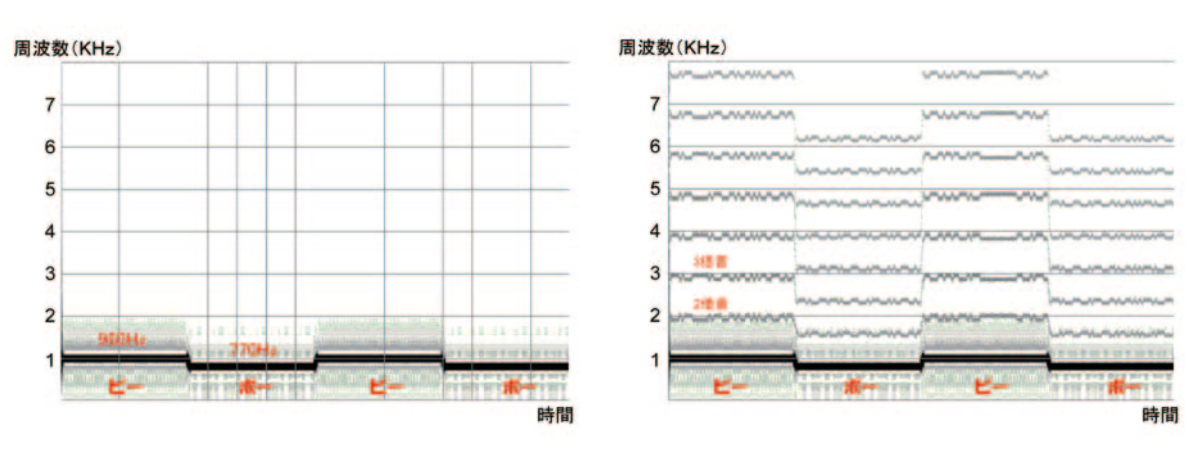


図 8 情報を重畳しないサイレン音（左）と追改良版手法 2 により情報を重畳したサイレン音（右）

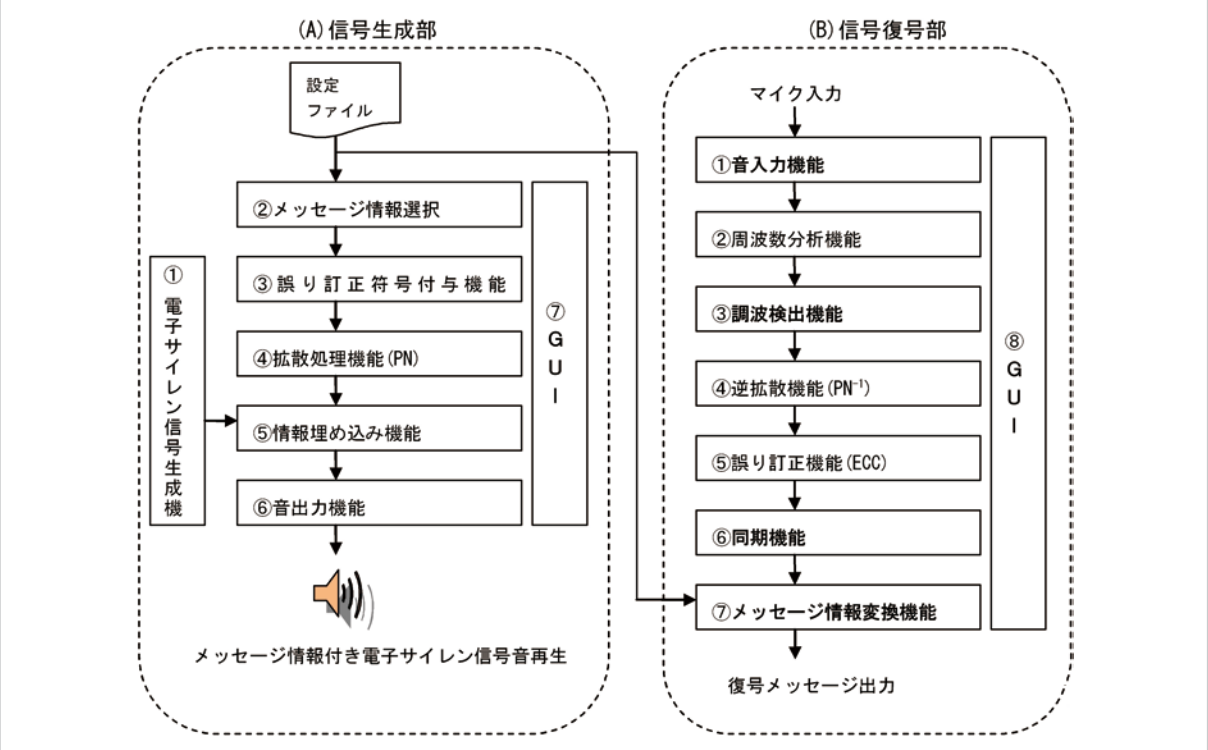


図 9　平成 21 年度に開発したプロトタイプシステムの構成

ル出力およびスピーカ出力により行う。

(B) 信号復号部

①音入力機能

マイク入力または音声ファイル入力により、音の入力を行う。

②周波数分析機能

入力音に対し、周波数分析を行う。

③調波検出機能

調波検出を行い、サイレン信号を判定する機能を有する。

④逆拡散機能(1/PN)

信号生成部における拡散処理方式に対応する、ビット列の逆拡散を行う。

⑤誤り訂正機能(ECC)

ビット列の誤り訂正を行う。

⑥同期機能

重畳された記号列の開始点を検出する同期処理を行う。

⑦メッセージ変換機能

復号した記号列を、メッセージテーブルによってメッセージに変換する処理を行う。

平成 21 年度版では、信号生成側で 3 つのメッセージを選択し、それを信号復号側で取り出す方式とした。具体的には、救急車の出動先、経路、搬送先の 3 つ組を選び、「○○町から、○○通りを経由して、○○病院へ搬送中」といったメッセージを伝送することになる。この平成 21 年度版においてサイレン音に重畳され伝送される情報は、その 3 つ組を表す文字列として、区切り文字としての＃記号に続けて 3 つの数字を並べた、合計 4 つの 2 バイト文字列とした。ピーポーが 2 周期繰り返される間に、この文字列 1 セットを載せる。図 10 に、平成 21 年度版アプリの画面を示す。図左の信号生成アプリの左上で 3 つ組を選択し、それに対応する 3 つの数字(メッセージテーブルで定義)が右上の窓に表示される。図右の信号復号アプリではその数字列を検出し、メッセージテーブルを参照してメッセージを右下の窓に表示する。

5.4　GPS 及び GIS との連携アプリケーションの開発

平成 22 年度には、**2.3** で述べたカーナビへの実装のイメージを実現するため、GPS レシーバ及び Google Map と連携するアプリケーションを開発し、Windows PC 上に実装した。

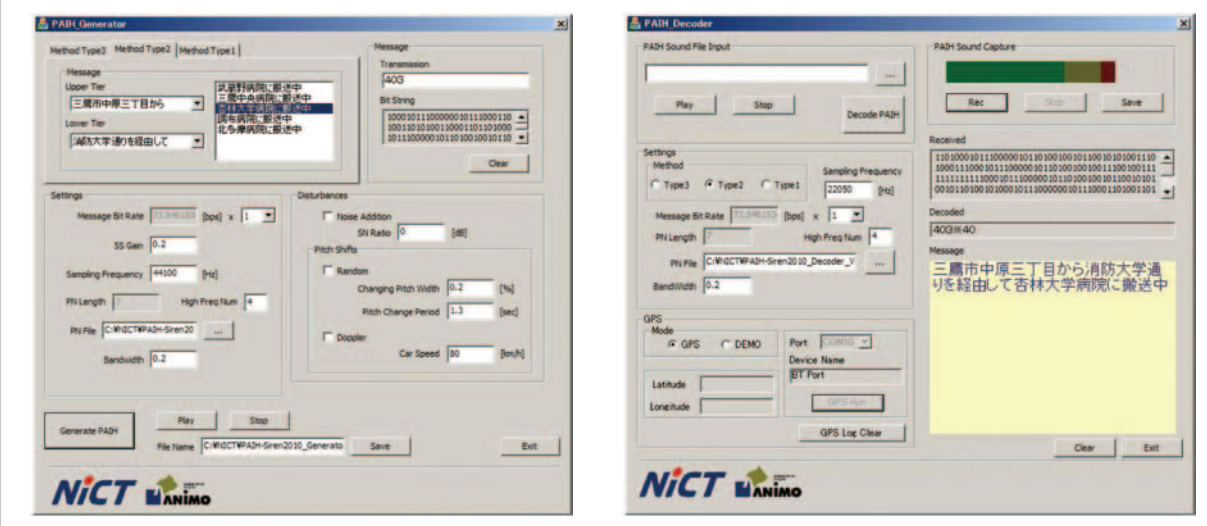


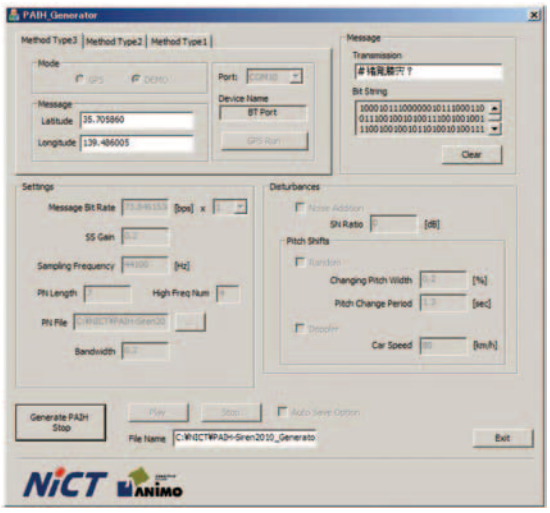
図 10 平成 21 年度版信号生成アプリの画面　平成 21 年度版信号復号アプリの画面

信号生成アプリは GPS レシーバから緯度経度情報を受け取り、それをサイレン音に載せて送信する。信号復号アプリは GPS レシーバによる自分の緯度経度情報と、サイレンから取り出した信号生成側の緯度経度情報とを重ねて、Google Map 上に表示する。位置の精度を 1 m とするためには、緯度経度共に小数点以下 5 桁まで送る必要があるため、必要な情報量は緯度（0 ～ 90 度）については 00.00000 から 90.99999 までの 24 ビット弱、経度（0 ～ 180 度）については 00.00000 から 180.00000 までの 25 ビット弱となる。一方、シフト JIS の文字体系では、スペース文字を含み DEL を含まないものとして、1、2 バイト文字の合計が 11,438 文字（Shift_JIS-2004 では 11,391 文字）となっており、誤検出を減らすためビット列が隣り合う文字を避けて 4,096 文字を使うとすると、1 文字当たり 12 ビットを表せることになる。そのため、緯度経度を送るのに必要な文字数は、(24+25) ÷ 12 すなわち 5 文字となる。従って、区切り文字としての＃記号に続けて 5 つの文字を並べた、合計 6 つの 2 バイト文字列を伝送することになる。ピーポーが 3 周期繰り返される間に、この文字列 1 セットを載せる。図 11 に、平成 22 年度版アプリの画面を示す。信号生成アプリでは、GPS で取得した自己位置の緯度経度（画面左上に表示）から変換した文字列が画面右上の窓に表示される。信号復号アプリでは、GPS で取得した自己位置（画面左下に表示）と、復号した文字列から変換した信号生成側の位置（画面右下に表示）を、Google Map 上に重ねて表示する。信号復号側の位置は緑ピンで、信号生成側の位置は赤ピンで表示する。信号生成側、復号側ともに移動している場合には、移動履歴がピン列として表示される。

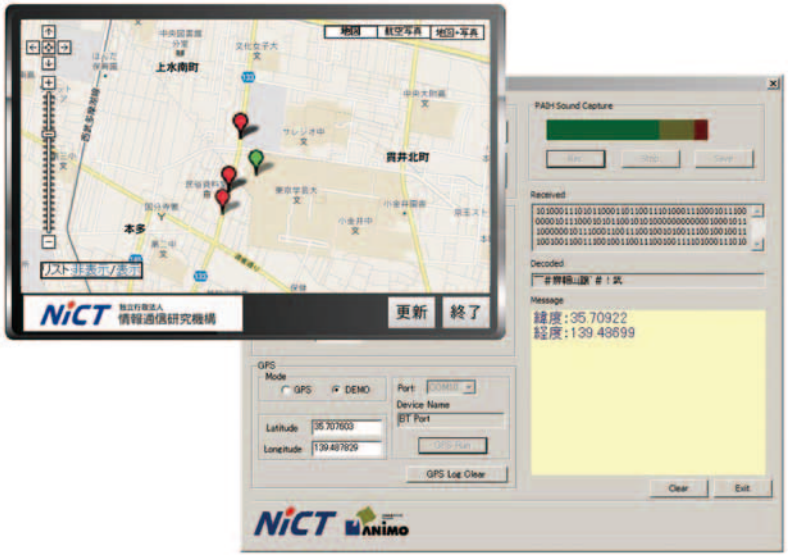
6 考察

PAIH については、実用的な検出性能が得られるようになった平成 21 年度版から、各種展示会や講演会で積極的にデモや紹介を行ってきた。例えば総務省消防庁消防大学校消防研究センター一般公開（2010 年 4 月 16 日）、G 空間 EXPO（2010 年 9 月 19 ～ 21 日）、危機管理産業展（2010 年 10 月 6 ～ 8 日）などの各種展示会に出展した。PAIH は類似技術が無く、直感的にイメージがつかみやすい技術であるため、マスコミにも頻繁に取り上げられた [11]-[13]。

車両の位置を把握して交通に寄与する技術としては、道路交通情報通信システム（VICS）などがあり、PAIH が目指しているような緊急車両の位置情報の発信は VICS によっても実現可能と思われる。しかし PAIH は、通信を行わず、センターによる情報の集中管理が不要で、送信車両と受信者の 1 対 1 の整備だけで実現できることから、導入へのハードルが低いという特長がある。例えば救急車を 1 台程度しか配備していない人口の少ない地方の消防本部に導入し、まずは周辺住民のカーナビにのみインストールするといったスモールスタートが可能である。この点は集中管理型シ



信号生成アプリの画面



信号復号アプリの画面

図１１　平成 22 年度版アプリの画面

ステムには真似できない特徴といえる。

7　むすび

本稿では、マルチメディア情報ハイディング技術（MIH）の防災応用として、救急車等の緊急車両が発するサイレン音を対象とした電子透かし技術「PAIH」について述べた。今後の普及展開に関して、まず送信側について、このサイレン音が実音量の場合に社会通念上許容される音質であるかどうか、サイレンメーカーと連携した検証評価が必要である。また受信側については、メーカーを巻き込む必要があるカーナビへの実装の前にまず、最近急速に普及しているスマートフォンへの実装を検討するのが現実的と考えられる。

謝辞

PAIH の開発に当たってご協力いただいた株式会社アニモに感謝する。

参考文献

1 中川裕志，滝澤修，井上信吾，“ドキュメントへのインフォメーションハイディング，”情報処理学会誌，Vol. 44, No. 3，pp. 248–253，2003 年 3 月.

2 滝澤修，松本勉，中川裕志，村瀬一郎，牧野京子，“改行位置の調整によるドキュメントへの情報ハイディング，”情報通信研究機構季報，Vol. 51，Nos. 1/2，pp. 153–169，2005 年 1 月.

3 滝澤修，牧野京子，“改行位置の制御によるプレーンテキストへの情報ハイディング「TextIH」の実装，”電子情報通信学会論文誌，J93-A，No. 2，pp. 100–103，2010 年 2 月.

4 K. Yoshioka, K. Sonoda, O. Takizawa, and K. Nakao. “Hiding information into emergency public address sound,” The 9th Western Pacific Acoustics Conference (WESPAC IX 2006), p. 86, 2006.

5 K. Sonoda, K. Yoshioka, and O. Takizawa,“Information Hiding for Public Address Audio Signal using FH/FSK Spread-spectrum Scheme,” The 3rd International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2007), pp. 279–282, 2007.

6 薗田光太郎，鈴木誠史，滝澤修，“移動する電子サイレン音における情報重畳，”電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング第 5 回研究会，2008 年 11 月 6 日.

7 薗田光太郎，吉岡克成，滝澤修，“同報音を用いた情報伝達方法および情報伝達装置，”特開 2009-128590.

8 中島悠輔，松岡保静，吉村健，“音響 OFDM の空中伝送特性，”信学技報 RCS 106（168），pp. 139–144，2006 年 7 月.

9（社）日本音楽著作権協会（JASRAC），“音楽「電子透かし」の世界的な普及に向けた技術の最終選定作業を実施，”http://www.jasrac.or.jp/release/01/06_1. html，2001 年 6 月 29 日.

10 消防防第 337 号消防庁長官告示，1970 年 6 月 10 日.

11 “災害時の情報伝達 実験中の新システム紹介，”ニュースステラス，NHK 総合テレビ（大阪），2009 年 3 月 6 日 18 時.

12 “サイレン音に情報忍ばせ 救急車の接近 カーナビ表示 情報通信研究機構が開発，”産経新聞（大阪本社版），2010 年 12 月 4 日夕刊 1 面.

13 “音響電子透かし技術，”DIME，Vol. 26，No. 3，p. 88，小学館，2011 年 2 月.

（平成 23 年 3 月 30 日 採録）

滝澤　修[†1]（たきざわ　おさむ）
情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループグループリーダー（2006年4月～2011年3月）/ セキュリティ基盤グループグループリーダー（2008年5月～2010年3月）　博士（工学）
非常時防災通信、コンテンツセキュリティ

薗田光太郎（そのだこうたろう）
長崎大学工学部情報システム工学科助教 / 元情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ専攻研究員（2006年4月～2009年9月）　博士（情報科学）
音情報科学、マルチメディア情報エンリッチメント

吉岡克成[†2]（よしおかかつなり）
横浜国立大学学際プロジェクト研究センター助教 / 元情報通信セキュリティ研究センターインシデント対策グループ研究員（2006年4月～2007年11月）　博士（工学）
情報システムセキュリティ、ネットワークセキュリティ、マルウェア対策

鈴木誠史（すずきじょうじ）
元情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ特別研究員 / 招聘専門員（2006年4月～2010年3月）/ 郵政省通信総合研究所元所長
工学博士
音声情報処理

[†1] 現在、社会還元促進部門技術移転推進室　マネージャー
[†2] 現在、横浜国立大学大学院環境情報研究院　准教授