

令和 2 年 6 月 24 日現在

機関番号：32714

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00163

研究課題名（和文）デジタルサイネージへの多重情報埋め込み技術に関する研究

研究課題名（英文）Technique for embedding multiple information into displayed image on digital signage

研究代表者

海野 浩（UNNO, Hiroshi）

神奈川工科大学・情報学部・助教

研究者番号：40387080

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：デジタルサイネージのディスプレイに表示される動画像の中に多数の情報を不可視に埋め込むこと、および、それに表示された動画像をビデオカメラで撮像した動画像からその情報を選択的に抽出することを可能にするディスプレイ技術を提案し評価した。最初に、表示動画像の中に埋め込まれた情報の不可視性と可読性の両方を満たす条件を明らかにした。次に、表示動画像の中に多数の情報を埋め込むことを可能にする情報のビデオフォーマットを定義した。さらに、表示動画像を撮像した動画像の中に不可視に埋め込まれた情報を、選択的に抽出する方法を提案し、提案方法の実現可能性を実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果の学術的意義は、ディスプレイに表示される画像の中に情報を埋め込み、この表示画像を撮像した画像から埋め込まれた情報を読み出す点にある。特に、複数の情報を多重化して埋め込み、その中からユーザが必要な情報を選択的に読み出すための基盤技術を実現した点にある。本研究成果の社会的意義は、デジタルサイネージの表示画像中に複数の言語を埋め込むことができ、表示文字が読めない者にも情報伝達が可能になる基盤技術を提供した点にある。この技術は旅行者への情報伝達を支援するツールの基盤となる。

研究成果の概要（英文）：We proposed and evaluated a display technique which enables invisibly embedding multiple information into a displayed video image on a digital signage and extracting the information from the displayed video image on the display captured with a video camera. Information was embedded in a single color component of the displayed video image with a temporally and spatially color-intensity modulation. First, we revealed conditions that satisfies both the invisibility and the readability of embedded information in the displayed video image. Next, we proposed information video format which enables embedding multiple information into a displayed video image. We also proposed and examined a method that enable us to extract and select information which invisibly embedded in displayed video image captured with a video camera. We demonstrated the feasibility of the method we proposed.

研究分野：画像工学

キーワード：マルチメディア情報生成 情報ハイディング 輝度変調 フラットパネルディスプレイ 透かし

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

近年の情報のデジタル化の進展とともに、従来の紙による情報の媒体が電子媒体に変わりつつある。電子ディスプレイを用いるデジタルサイネージはその代表例である。特に最近の電子ディスプレイの薄型化、高解像度化、大型化がデジタルサイネージの普及に拍車をかけている。その結果、屋内はもとより屋外や電車・バスの車内などにも多数のデジタルサイネージを見かけるようになり、デジタルサイネージは広く公共の情報伝達手段として今後ますます多方面での利用が予想される。

デジタルサイネージは、表示コンテンツの切り替えが簡単であるなど、紙媒体にはない長所がある。しかし、表示された文字が利用者の母国語の文字ではない等の理由により、それが読めない者には情報を伝達できないという紙媒体と変わらない本質的な問題がある。例えば、日本語表示の場合、日本語が読めない外国人に対して情報伝達の役割を果たすことができない。

本研究の代表者らはこれまで実物体を照らす光に情報を埋め込み、その撮像画像に情報を埋め込む研究を行ってきた。同様の考え方がデジタルサイネージの上記の問題の解決に応用できないかと考えた。すなわち、デジタルサイネージの表示画像の中に別の言語による同じ意味の情報を埋め込み、これを必要に応じて読み出すことができれば、上記問題の解決法となると考えた。デジタルサイネージを用いるとき、電子ディスプレイがもつ種々の機能を活用して、高度な情報埋め込みや読み出しが可能であることが期待される。その一つは、表示画像の中に不可視に、文字や音など複数の種類の情報を多重に埋め込むことである。また、情報の読み出しにおいても携帯端末の情報処理機能を利用することにより高度な読み出しが期待できる。たとえば、ユーザが好みの言語を選択して読み出すことである。

2. 研究の目的

本研究は、デジタル化時代において広く多くの人への情報伝達の役割を担い、今後ますます重要性が増すと思われるデジタルサイネージについて、その発する情報をより多くの人に伝えることのできる技術を提供することを目的とする。特に、デジタルサイネージに表示される文字が読めない外国人にも携帯端末等を利用して表示内容を伝達できる手段を実現する。

この実現のため、複数の情報をデジタルサイネージの表示画像中に不可視に埋め込み、携帯端末のカメラで撮像された表示画像からそれに埋め込まれた情報を選択して読み出すことが可能な情報伝達技術を実現する。

3. 研究の方法

本研究で用いる基本技術は、表示側において、デジタルサイネージのフラットパネルディスプレイ（以下 FPD と記す）に表示されるオリジナルの画像としてカラー画像を用いる。それは「カバー画像」と呼ばれる。この技術はそのカバー画像に埋め込まれる情報として二値画像を用いる。それは「メタ画像」と呼ばれる。そしてメタ画像の情報が埋め込まれたカバー画像は「ステゴ静止画像」と呼ばれる。二値のメタ画像の情報は、カバー画像の一つの色成分に輝度の変調を用いることにより、色成分の信号として埋め込まれる。この情報の埋め込み処理は、正と負に変調されたステゴ静止画像を生成する。そして、正と負に変調されたステゴ静止画像は、交互に FPD 上に表示される。このように連続的に FPD に表示される画像列を「ステゴ動画」と呼ぶ。なお、このステゴ画像列は、一つの情報に対する時間的同期方法として本研究の予備実験で用いた 4 フレーム法で構成される。4 フレーム法で構成されるステゴ画像列は、正に変調されたステゴ静止画像 2 フレームの後ろに、負に変調されたステゴ静止画像列 2 フレームが続く、全 4 フレームから構成される。次に撮像側では、このステゴ動画をビデオカメラで動画として撮像する。撮像した動画から、それに埋め込まれたメタ画像の信号を画像処理により抽出する。この画像処理は、動画の連続するフレームにおいて、フレーム間の絶対差の画像を総和する。この処理結果の画像を「総和画像」と呼ぶ、この画像はグレースケール画像としてのメタ画像の推定値である。この基本技術を前提として、次の方法で研究を行った。

(1) 最適な情報の埋め込み法の明確化

研究の基盤となる一つの情報（メタ画像）をカバー画像に埋め込むときの最適な埋め込み方法を明確化するために、人間の眼に対する不可視性とビデオカメラに対する可読性の両方の性質を同時に満たす条件を実験により明らかにする。実験では、情報を文字列（英字 4 文字）とし、変調は時空間変調方式、FPD は 24 インチの液晶ディスプレイを用い、ステゴ動画の表示・撮影のフレームレートを 30fps とした。不可視性の実験は視距離を 50cm、視聴時間を 10 秒、被験者数を 20 人として行った。実験変数である輝度変調値 ΔB は 1 から 20 まで変化させた。可読性の実験は撮影距離 80cm、総和画像の計算対象フレーム数は 16 を用いた。

(2) 複数の情報の多重化埋め込み法の明確化

複数の情報をカバー画像に埋め込むための多重化方式として、時分割多重化法を採用する。具体的には、複数の情報を格納するための情報フォーマットを形式的に定義する。この情報フォーマットの定義においては、複数の情報を格納することのみならず、表示側と撮像側の時間的同期をとるための仕組みも持たせる。これらのために「シーン」「開始ブロック」「情報ブロック」という概念を定義することにより情報フォーマットを定めた。

(3) 表示系と撮像系の同期方法の提案・評価

一つの情報に対する時間的同期方法として、4フレーム法を拡張したN+1フレーム法を採用する。この方法では、N個のフレームは4フレーム法に基づきステゴ静止画像を配置し、最後の1フレームは情報を持たないカバー画像を配置するものである。そして複数の情報に対する時間的同期方法は新たに検討・提案する。具体的にはステゴ動画像の中に、同期信号に相当するフレーム列（開始ブロック）を設けた。さらに、撮影されたステゴ動画像からこの開始ブロックに相当するフレーム列の先頭フレームを検出する方法を提案し、その実現可能性を検証する。実験では情報の数を3、輝度変調値 ΔB を9とした。

(4) 情報の選択的読み出し法の提案・評価

上記(3)の同期法に基づいて、開始ブロックに相当するフレーム列の先頭フレームが検出されたとき、そのフレーム番号と情報ブロック内のフレーム数N+1に基づいて、撮影されたステゴ動画像からそれに埋め込まれた複数の情報のうち任意の情報を選択抽出する方法を提案する。具体的には、撮影したステゴ動画像から、第k番目の情報ブロック（第k番目の情報が格納されたフレーム列）の総和画像を計算し、それが第k番目の情報としてステゴ動画像に埋め込まれたものと一致することを実験により検証する。

(5) 情報の読み出し精度の評価

ステゴ動画像を撮影した動画像から情報を読み出すとき、撮像する時間は短い方が実用的である。情報を読み出すことが可能であれば、より高いフレームレートを採用することが望ましい。同様に、一つの情報ブロック内のステゴ静止画像列の数はより少ない数であることが望ましい。

①表示・撮影フレームレートと読み出された情報の精度

フレームレートが30と60fpsで表示されるステゴ動画像をそれぞれ作成し、そのフレームレートに合わせて動画像を撮影し、撮影した動画像から総和画像を計算する。そして、それぞれのフレームレートで読み出された情報の精度を比較する。実験では、輝度変調値 ΔB を9、Nを4とした。

②一つの情報ブロック内の静止画像列の数と読み出された情報の精度

一つの情報ブロック内のステゴ静止画像列の数Nを実験変数として読み出された情報の精度の検証を行う。Nを4、6、8とした。なお、表示・撮影フレームレートは上記①の実験結果に基づき60fpsとした。

4. 研究成果

(1) 最適な情報の埋め込み法の明確化

一つの情報をカバー画像に埋め込むときの最適な埋め込み方法を明確化するために、人間の眼に対する不可視性とビデオカメラに対する可読性の両方の性質を同時に満たす条件を実験により明らかにした。不可視性の実験結果は、情報の埋め込み先がカバー画像の青色成分であるとき、輝度変調値が9以下で不可視性が90%以上であった。一方、埋め込み先が赤・緑色成分のとき不可視性は極めて低く、実質的に埋め込み先として利用できないことを明らかにした。可読性の実験結果は、輝度変調値 ΔB が4以上のとき情報を抽出できることを示した。従って、不可視性と可読性が両立する条件は、情報の埋め込み先が青色成分のとき輝度変調値 ΔB の範囲は4以上9以下であることを明らかにした。

(2) 複数の情報の多重化埋め込み法の明確化

時分割多重化法を用いて複数の情報をカバー画像に埋め込むために、複数の情報を格納するための情報フォーマットを形式的に定義した。定義したフォーマットでは、n個の情報が格納される情報のひと固まりを「シーン」と呼ぶ。一つのシーンは「開始ブロック」と一つ以上の数nの「情報ブロック」から構成される。それぞれのブロックのフレーム数はN+1とした。開始ブロックはN+1フレームのカバー画像から構成される。情報ブロックは、ステゴ静止画像列の後ろにカバー画像が1フレーム続く。ここでNフレームから成るステゴ静止画像列は4フレーム法のフレーム構成法に基づくものとした。

(3) 表示系と撮像系の同期方法の提案・評価

複数の情報が埋め込まれたステゴ動画像がFPDに表示され、その表示された動画像がビデオカメラで撮像されたとき、撮像された動画像から開始ブロックに相当するフレーム列の先頭フレームを検出する方法を提案した。具体的には、総和画像の平均輝度値の変化から決定する。実験の結果、提案方法を用いて先頭フレームの検出が可能であることが示された。

(4) 情報の選択的読み出し法の提案・評価

上記(2)の情報フォーマット、上記(3)の方法に基づき検出した開始ブロックに相当するフレームの先頭フレーム番号、および、撮像された動画像から、それに埋め込まれた複数の情報のうち任意のk番目の情報を抽出する方法を提案した。実験の結果、提案方法を用いて、第k情報ブロックに対応する総和画像が、第k番目の情報としてステゴ動画像に埋め込まれたものである

ことが示された。

(5) 情報の読み出し精度の評価

①表示・撮影フレームレートと読み出された情報の精度

実験の結果、フレームレート 60 fps のときも、それが 30 fps のときとほぼ同等な品質で埋め込まれた情報を読み出すことができることが明らかになった。なお、埋め込まれた情報において、読み出すことができた部分と読み出すことができなかった部分（情報が欠損した部分）は同じ位置であった。

②一つの情報ブロック内の静止画像列の数と読み出された情報の精度

N=4 でステゴ動画像に埋め込まれた情報を読み出すことが可能であることが明らかになった。ただし、情報が埋め込まれるカバー画像の画素の青色成分の輝度を考慮することが必要であることも明らかになった。また、N=8 であってもカバー画像の画素のうち輝度が高い画素は、埋め込まれた情報を読み出すことは困難であった。すなわち、N が大きい場合と異なり、N が小さい（少なくとも 8 以下の）ときは、情報の埋め込みはカバー画像の色成分の輝度を考慮することが必要であることが明らかになった。

これらの読み出し精度の実験結果から、情報をカバー画像の全領域に埋め込むことは一般に難しいことが示唆された。情報の埋め込みに最適なカバー画像の領域の条件を明らかにすること、および、正確な情報の読み出しを可能にする方法を明らかにすることが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Unno Hiroshi, Uehira Kazutake	4. 巻 2018
2. 論文標題 Invisibility and readability of temporally and spatially intensity-modulated meta-image for information hiding on digital signage display system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Ind. Appl. Soc. Annu. Meeting	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/IAS.2018.8544629	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Unno Hiroshi, Uehira Kazutake	4. 巻 55
2. 論文標題 Invisibility and Readability of Temporally and Spatially Intensity-Modulated Metaimage for Information Hiding on Digital Signage Display System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 6559 ~ 6566
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TIA.2019.2930940	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 海野 浩, 上平 員丈	4. 巻 第292回研究会予稿集
2. 論文標題 デジタルサイネージの表示画像に不可視に付与された情報の時分割多重伝送方法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 画像電子学会	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 海野 浩, 上平員丈
2. 発表標題 時空間的に強さを変調させたメタ画像を用いたデジタルサイネージ・ディスプレイ上の情報ハイディング技術
3. 学会等名 画像電子学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroshi Unno, Kazutake Uehira
2. 発表標題 Invisibility and readability of temporally and spatially intensity-modulated meta-image for information hiding on digital signage display system
3. 学会等名 IEEE (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 海野 浩, 上平 員丈
2. 発表標題 デジタルサイネージの表示画像に不可視に付与された情報の時分割多重伝送方法
3. 学会等名 画像電子学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	上平 員丈 (UEHIRA Kazutake) (50339892)	神奈川工科大学・情報学部・教授 (32714)	