

電子透かしによる無線センサネットワークのデータ転送量削減方式

新船 二郎[†]
東京電機大学[†]

三井 浩康[‡]
東京電機大学[‡]

1. 研究背景

機械と機械の通信を利用した M2M(Machine to Machine)サービスの 1 つにセンサネットワークがある。センサネットワークは無線通信端末を使用し、多くのデバイスを分散配置するため、コストの問題から端末の計算資源や通信資源に限られる。電源としてバッテリーを用いる場合には、寿命を最大限に延ばす工夫も必要となる^[1]。そのため、省電力化と計算資源や通信資源の節約のためのデータ転送量の削減が求められる。機密データが存在する場合には、セキュリティ対策も必要である。

特に画像を扱う無線センサネットワーク（以下、WSN と略す）では、160×120 [pixel]の無圧縮画像でも、温度、湿度などの 1 バイトでも表せる他のデータと比べて、57600 倍以上の転送量となる。

従来手法においては JPEG 変換などの不可逆圧縮技術を用いてデータ量を 10 分の 1 以下に削減する。画像に関連するセンサデータ群も同時に発信したい場合、各データは画像とは別に発信する。そのため、センサデータ量が増加するほど、全体のデータ転送量も増加するという問題がある。

2. 研究目的

本研究の目的は画像センサデバイスを搭載した複数のセンサノードを扱う WSN において、データ転送量を削減し、センサノードの通信負担を削減することである。データ転送量の削減には、送信データ量を減らす必要がある。

本研究では送信データ量を減らす手段として電子透かしの技術を用いて、データ転送量の削減とセキュリティを確保できる転送方法を提案し、実機を構築して検証する。

3. 関連技術

電子透かしとは、著作権保護を目的として著作権情報を知覚されない形で画像等に埋め込む技術である。何らかの副情報（以下、透かし情報と記す）を知覚されない形で画像等に埋め込む技術として、データハイディングがある。特に秘密情報を第三者にわからないように埋め込む手法をステガノグラフィという^[2]。

情報処理学会では過去にコンピュータセキュリティ研究会のコンピュータセキュリティシンポジウムな

どで扱われた。現在も電子情報通信学会のマルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究専門委員会が主体となって研究が継続されている。

4. 研究提案の概要

ステガノグラフィでは画像データのファイル容量と透かし情報のデータ容量を足したデータ容量より少なくできる場合が多い。本研究では、この特徴を生かして、JPEG 画像に透かし情報としてセンサデータを埋め込み、WSN 上のデータ転送量を削減することを提案する。以下、画像データと各センサデータを埋め込んで送信する場合を提案方式と呼び、個別に送信する場合を従来方式と呼ぶ。

本提案は電子透かしの基となる技術を用いるため、今後、継続的に提案される他の電子透かし技術すべてが応用できる。埋め込まれたセンサデータは、埋め込み方式を知らなければ抽出することが困難であるため、従来の暗号化技術によるデータ隠蔽と併用すれば、一層の機密性の向上が図れる。

4.1 提案方式とプロトタイプ構築

JPEG 画像用のステガノグラフィには複数の方式がある。今回は量子化係数の偶奇による埋め込み方式を採用した。8×8 サイズの各ブロック（輝度、青色差、赤色差）に対して、ブロック内の任意の位置の DCT (Discrete Cosine Transform) 係数に透かし情報 1 ビットを埋め込む方式である。埋め込みは、DCT 係数を量子化する際、透かし情報が 0 か 1 に従って最も近傍の偶数あるいは奇数に DCT 係数を設定することで行う。すなわち量子化後の DCT 係数の最下位ビットを透かし情報のビットに置換する方法である^[2]。

本提案が WSN 上のデータ転送において有効であるか検証するために試作した実機の構成を図 1 に示す。

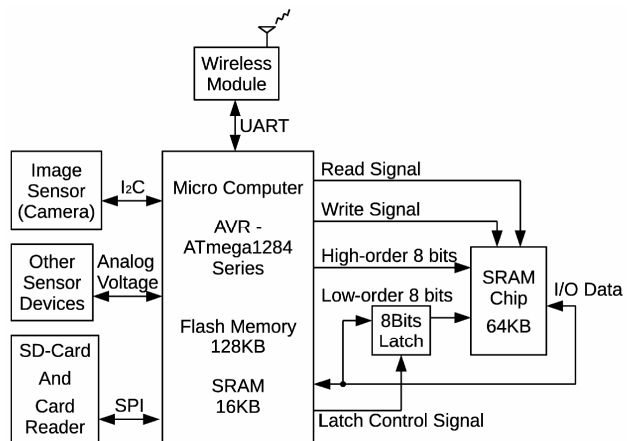


図 1 プロトタイプのシステム構成

A Method to reduce data transmission in Wireless Sensor Network using Digital Watermarking Technology

[†] Jiro Arafune, Tokyo Denki University

[‡] Hiroyasu Mitsui, Tokyo Denki University

実際にプロトタイプを構築した写真を図 2 に示す。無圧縮画像データは既に SD カードに格納されているものとし、パソコンからサンプルデータを書き込んだ。

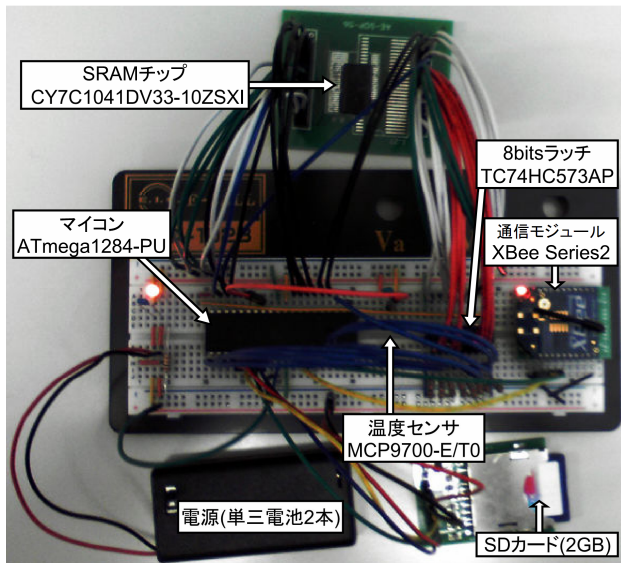


図 2 プロトタイプの構築結果

マイコン上で無圧縮画像データを JPEG 画像データに変換し、任意のセンサデータを埋め込み、XBee で送信する C 言語プログラムを作成した。間引き方式は YUV420 に従い、輝度成分を 4 ブロック、色差 (青) を 1 ブロック、色差 (赤) を 1 ブロックとした。量子化係数の偶奇による埋め込み方式での 1 ブロックに対しての埋め込みビット数は 4 ビットとし、位置は量子化係数配列の先頭から 4 つ目までとした。

4.2 性能評価と考察

本研究の目的はデータ転送量を削減し、センサノードの通信負担を減らすことである。そのため、従来方式と比べたときの提案方式の消費電力および処理負担、転送データ容量を測定し、総合的に評価する。検証に用いた画像データは解像度 160×120 [pixel] のものを使用し、240[byte]の温度センサデータを埋め込んだ。

処理状態別の電流・電圧値の測定結果を表 1 に示す。動作電圧は 2.8[V]から 2.9[V]で安定し、JPEG 変換時の電流値は従来方式と提案方式で変わらなかった。

表 1 電流・電圧の測定結果

処理状態	電流[mA]	電圧[V]
JPEG 変換(従来方式)	84	2.9
JPEG 変換(提案方式)	84	2.8
データ送信	75	2.9

従来方式と提案方式の処理時間の計測結果を表 2 に示す。従来方式の合計データ送信時間は JPEG 画像データとセンサデータの送信時間を足したものである。

従来方式と提案方式の処理時間は、ファイル変換、JPEG 変換、画像データ送信では変わらなかった。しかし、提案方式は従来方式と比べてセンサデータ送信

の 0.328[秒] が省略できた。合計データ送信時間では、提案方式は従来方式と比べて 0.33[秒] 減少した。

表 2 従来方式と提案方式の処理時間

処理内容	従来方式[秒]	提案方式[秒]
JPEG 変換	111	111
画像データ送信	6.68	6.68
センサデータ送信	0.328	—
合計データ送信	7.01	6.68

提案方式の画質劣化が肉眼で認識できるか従来方式の画像と比較し、認識できないことを確認した。従来方式の画像を図 3 に、提案方式の画像を図 4 に示す。



図 3 従来方式の画像



図 4 提案方式の画像

表 1 より、JPEG 変換では提案方式で画像データにセンサデータを埋め込む処理を追加しても、従来方式の消費電力・処理時間と変わらなかった。すなわち、追加する埋め込み処理の負担は無視できる。

一方、表 2 より、合計データ送信時間ではセンサデータを個別に転送する時間が少ない分、従来方式と比べて提案方式の転送時間は減少した。

その結果、提案方式では従来方式の JPEG 変換を含むファイル変換の負担を増やすことなく、データ転送量を削減することができた。画像センサデバイスを搭載した複数のセンサノードを扱う WSN において、電子透かしの技術を用いて画像データにセンサデータを埋め込むことでデータ転送量を削減し、センサノードの転送負担が削減できることを立証できた。

5. まとめと今後の課題

画像を扱う WSN で、電子透かしの技術を用いて JPEG 画像データにセンサデータを埋め込むことで、データ転送量を削減する方法を提案し、実装・評価を行った。提案方式ではデータ送信時間が減少し、センサノードの通信負担を軽減できることを確認した。

今後の課題として JPEG 画像以外のマルチメディアデータでもデータ容量が削減できることを確認し、実装が可能か検証することが挙げられる。

参考文献

- [1] 安藤繁, 田村陽介, 戸辺義人, 南正輝: センサネットワーク技術 -ユビキタス情報環境の構築に向けて-, 東京電機大学出版局, 2007
- [2] 小松尚久, 田中賢一: 電子透かし技術 -デジタルコンテンツのセキュリティ-, 東京電機大学出版局, 2004
- [3] 小野定康, 鈴木純司: わかりやすい JPEG/MPEG2 の技術, 株式会社オーム社, 2001