

# 観測データの相関を利用した符号化テーブルの削減手法

伊藤 裕作<sup>1,a)</sup> 小林 健太郎<sup>2</sup> 岡田 啓<sup>2</sup> 片山 正昭<sup>2</sup>

**概要:** センサネットワークにおいてノードが通信するデータ量を削減することを考える。1つの方法としてデータを情報源符号化して圧縮する方法がある。効率の良い情報源符号化の方法としてハフマン符号がある。しかし、ハフマン符号を用いるにはノードとベースステーション (BS) の双方に符号化テーブルが必要であり、テーブルの送受信に必要なデータ量も考慮する必要がある。本稿では、全てのノードで共通の符号化テーブルを作成する手法を提案し、ノード個別の符号化テーブルを作成する手法と総テーブルサイズと圧縮率により比較評価を行う。提案手法は総テーブルサイズを大幅に削減しつつ高い圧縮率を保つことが可能であることを示す。

**キーワード:** センサネットワーク, ハフマン符号, 共通テーブル, 個別テーブル

## Reduction of Code Table Using Correlation of Observed Data

YUSAKU ITO<sup>1,a)</sup> KENTARO KOBAYASHI<sup>2</sup> HIRAKU OKADA<sup>2</sup> MASAOKI KATAYAMA<sup>2</sup>

**Abstract:** Our goal is the reduction of the amount of transmitted data in sensor networks. One method to reduce the transmitted data is source coding. One of efficient source coding methods is Huffman coding. When we employ Huffman coding in sensor network, each sensor node and a base station (BS) need the same code table. So, we need to consider the amount of code table size transmitted between each sensor node and the BS. In this paper, we propose a method which makes a common code table at the BS for all nodes. By comparing a method which makes individual code tables for all nodes, we show that the proposed method achieves very small code table and maintains high compression rate.

**Keywords:** sensor network, Huffman coding, common table, individual tables

### 1. はじめに

センサネットワークとはセンサノードで観測した情報を無線通信によってBS(ベースステーション)へ送ることで広範囲の情報を取得する技術である。センサネットワークではセンサ機能と無線通信機能を持つ多数のセンサノードとセンサノードから伝送されたデータを集約する少数のBSで構成される。センサノードは温度や湿度、照度などの情報を取得する小型端末であり、電池駆動によって配線を必要としない自由度の高い配置が可能になる。そのため、センサネットワークの用途は環境測定、省エネ管理、セキュ

リティなど多岐にわたる。

一般的にセンサネットワークではセンサノードは高密度で多数配置され、定期的に観測したデータをBSに送信するという特徴がある。このことから収集された情報は時間的、空間的に似たような分布を持つ。時間的に似た分布を持つというのは物理的な距離が近いノード同士のデータが似たような値を持つこと、空間的に似た分布を持つというのはあるノードが $T$ 回目にセンシングして得たデータと $T+1$ 回目にセンシングして得たデータが似たような値を持つということである。このことから、適切な符号化を行うことでセンサノードが送受信するデータ量を削減することが可能であると期待できる。データ量の削減手法としては情報源符号化 [1,2] を用いる方法、データ集約 [3,4] を用いる方法などがある。前者はセンサ個々のデータを圧縮し、

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院 工学研究科 電子情報システム専攻

<sup>2</sup> 名古屋大学エコトピア科学研究所

<sup>a)</sup> ito@katayama.nuee.nagoya-u.ac.jp

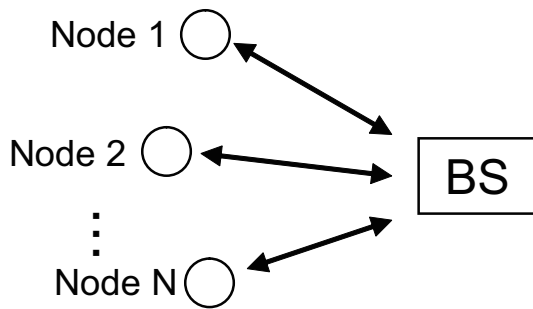


図1 ノードの配置

後者はセンサのデータ1つにまとめることでデータ量を削減する。本研究では前者を扱う。符号化の方法として、文献 [5] でハフマン符号を用いている。ハフマン符号はアルゴリズムが比較的単純かつ整数の符号長においては最適な符号が作成できる。文献 [5] では実測した温度データを用いてセンサネットワークにハフマン符号を適用した場合に削減できるデータ量を評価している。しかし文献 [5] では符号化テーブルのサイズに関しては考慮されていない。ハフマン符号では予めデータの出現頻度を知る必要があるという特徴を持つ。センサネットワークにおいてハフマン符号を適用するにはBS、センサノードの両方にデータと符号を対応付けしたテーブルが必要となる。BSとセンサノードの間で符号化テーブルのやりとりも必要であるため、符号化テーブルも削減が必要である。

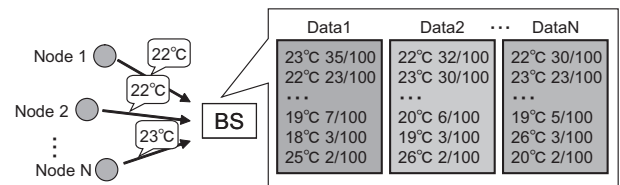
本稿では符号化テーブルについて評価を行う。その作成手法において、センサノード共通の符号化テーブルを作成することを提案する。符号化テーブルを共通にすることでセンサノード毎に個別のテーブルを作成する方法と比較してセンサノードの数の増加に対して総テーブルサイズの増加を抑制できることを示す。同時に削減できるデータ量(圧縮率)から提案手法においても効率良くデータを圧縮できることを示す。

## 2. システムモデル

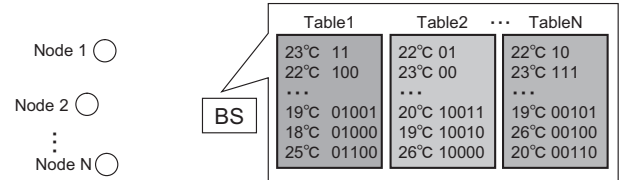
本稿では図1のように1個のBSに対してN個のノードが配置されているシステムを考える。符号化テーブルは $T_0$ 秒間観測を行って得られたデータから作成する。全てのノードは一定の間隔 $T$ 秒毎に符号化テーブルに基づいてデータを符号化しBSに送信するものとする。各ノードが観測したデータはBSにて必ず受信に成功するものとする。符号化テーブルはBSにて作成を行い、各ノードに配信するものとする。BSが配信する符号化テーブルは各ノードにて必ず受信に成功するものとする。ノード間でデータのやりとりは行わない。

### 2.1 個別のテーブルを用いたハフマン符号化

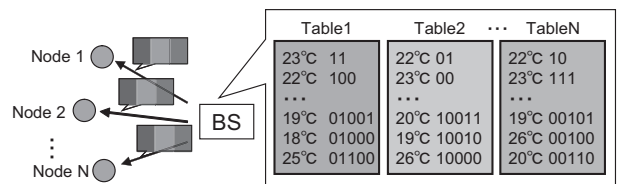
図2に個別の符号化テーブルを作成する手法について示す。まず、各ノードは観測を行いデータを取得しデータ



(a) ノード毎のデータの集計



(b) 符号化テーブルの作成



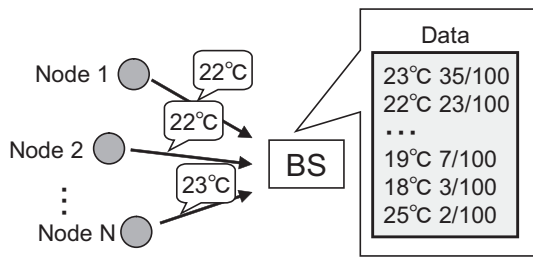
(c) 符号化テーブルの配信

図2 個別のテーブルを用いた符号化

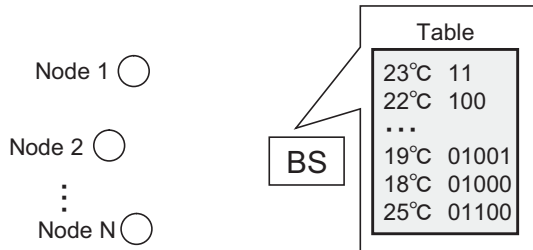
をそのままBSに送信する。次に、図2(a)のようにBSはノード別にデータの出現する回数を集計する。例えば、図2(a)ではNode1において27°Cのデータが100回中35回発生している。 $T_0$ 秒後、図2(b)のようにBSは符号化テーブルをノード別に作成する。作成したテーブルは図2(c)のように各ノードへブロードキャストされる。符号化テーブルを受信したノードはその後受信した符号化テーブルを用いて観測したデータを符号化しBSに送信する。この手法はノード毎に最適な符号化テーブルが作成できるが、ノードの数が増加すると総テーブルサイズも同時に増加してしまう。故に、BSのメモリリソースや符号化テーブルのブロードキャストに必要なネットワークリソースを圧迫すると思われる。

### 2.2 共通のテーブルを用いたハフマン符号化

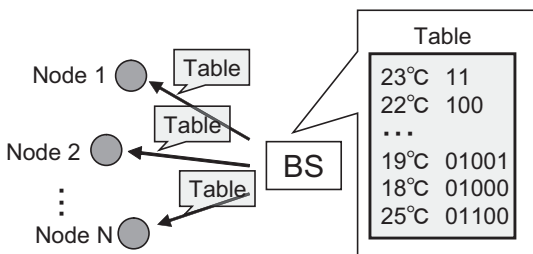
図3に共通の符号化テーブルを作成する手法について示す。前節と同様にまず、各ノードは観測を行いデータを取得しデータをそのままBSに送信する。次に、図3(a)のようにBSは全てのデータをまとめて集計する。例えば、図3(a)では全てのノードにおいて23°Cのデータが100回中35回発生している。 $T_0$ 秒後、図3(b)のようにBSはノード共通の符号化テーブルを作成する。作成したテーブルは図3(c)のように各ノードへブロードキャストされる。符号化テーブルを受信したノードはその後受信した符号化テーブルを用いて観測したデータを符号化しBSに送信する。この手法はノード毎にみた場合、最適な符号化テーブルとならないので個別の符号化テーブルを作成する手法と比較



(a) 全ノードのデータの集計



(b) 符号化テーブルの作成



(c) 符号化テーブルの配信

図3 共通のテーブルを用いた符号化

表1 実験諸元

測定場所	名古屋大学 IB 電子情報館 9F
ノード数 $N$	14
データ収集期間 $T_a$	2012/2/16~2012/2/22
データ送信間隔 $T$	5分
観測対象	温度
データ長 $L$	10ビット

して圧縮率が低下することが考えられる。しかしノードの数が増加しても総テーブルサイズを小さく保つことができると期待される。

### 3. 性能評価

#### 3.1 データの実測

ノードには Crossbow 社の Iris mote XM2110J にセンサ基板 MTS400 を搭載したものをを用いた [6]。ノードの配置を図4、実験諸元を表1に示す。収集した温度データを用いて3.3節及び3.4節で総テーブルサイズ及びデータの圧縮率を計算機シミュレーションにて評価する。

#### 3.2 総テーブルサイズの比較

総テーブルサイズ  $S$  を次式で定義する。

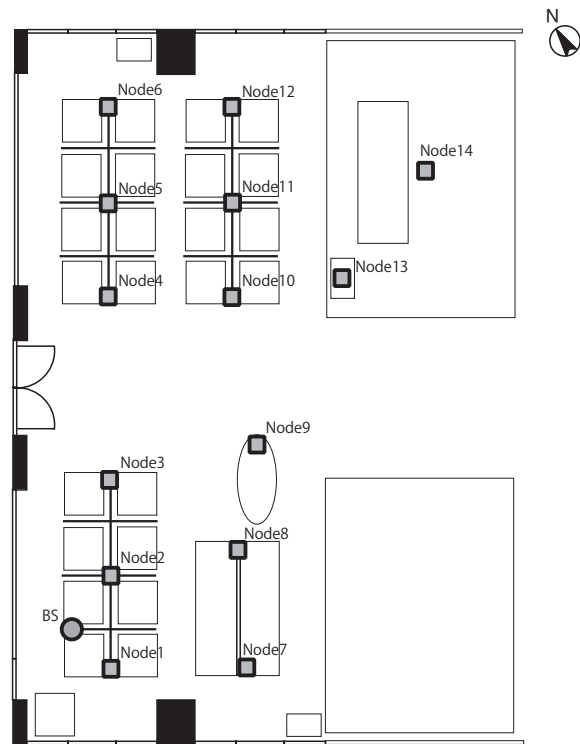


図4 ノードの配置

$$S = \begin{cases} \sum_{i=1}^N p_i \times L & \text{Individual Tables} \\ p_a \times L & \text{Common Table} \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $p_i$  は  $i$  番目のノードの総データパターン数、 $p_a$  は全ノードでのデータパターン数を示す。図5にノード数  $N$  と総テーブルサイズ  $S$  の関係を示す。横軸はノード数  $N$ 、縦軸は総テーブルサイズ  $S$  である。

図5より、個別に符号化テーブルを作成した場合(図中の Individual Tables) はノード数の増加に対して総テーブルサイズが比例的に増加する。一方で共通の符号化テーブルを作成した場合(図中の Common Table) はノード数が増加しても総テーブルサイズはほとんど増加しない。例えば、 $N = 14$  のとき、個別のテーブルを作成した場合と比較して91%テーブルサイズを削減できる。このことから提案手法においては総テーブルサイズを大幅に削減できるのでBSのメモリリソース及びネットワークリソースを節約できることがわかる。

#### 3.3 データの圧縮率の比較

データの圧縮率  $R$  は次式で定義される。

$$R = \frac{\sum_{j=1}^{T_0} l_j}{L \times \frac{T_0}{T}} \quad (2)$$

ここで、 $l_j$  は  $j$  番目の符号化後のデータ長を示す。図6にノード数  $N$  と圧縮率  $R$  の関係を示す。横軸はノード数  $N$ 、縦軸は圧縮率  $R$  である。

図6より、個別に符号化テーブルを作成した場合はノード

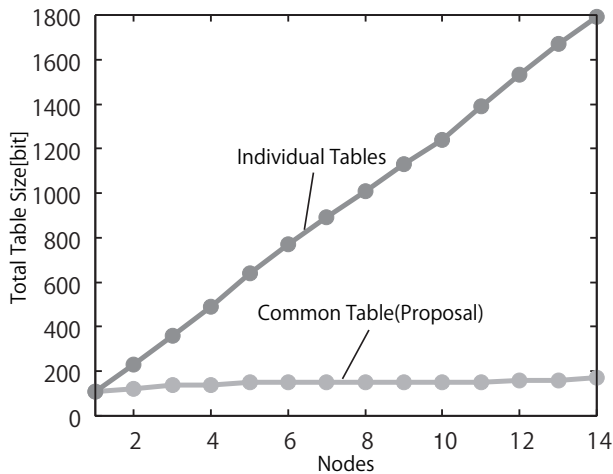


図5 総テーブルサイズの比較

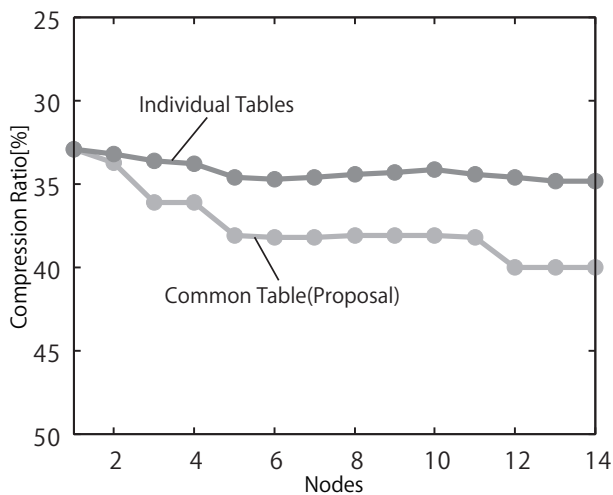


図6 データの圧縮率の比較

ド数の増加に対して圧縮率はほぼ一定である。一方で共通の符号化テーブルを作成した場合はノード数の増加とともに圧縮率が低下する。例えば  $N = 14$  のとき、個別の符号化テーブルを作成した場合と比較して 5%程度圧縮率が低下するが依然高い圧縮率を保っている。このことから提案手法においても効率良くデータが圧縮できることがわかる。

#### 4. まとめ

本稿ではセンサネットワークにおいてハフマン符号を用いるにあたって共通の符号化テーブルを作成することを提案し、総テーブルサイズ及び圧縮率の2点で評価を行った。提案手法は総テーブルサイズを大幅に削減しつつ高い圧縮率を保つことが可能であることを示した。

謝辞 本稿をまとめるにあたり熱心にご指導くださった名古屋大学教養教育院教授山里敬也博士に感謝する。

#### 参考文献

- [1] Z. Xiong, A.D. Liveris, and S. Cheng, "Distributed source coding for sensor networks," IEEE Signal Processing Magazine, vol.21, no.5, pp.80–94, Sept. 2004.
- [2] C. Tharini and P.V. Ranjan, "Energy efficient low power architecture for distributed source coding in wireless sensor networks," 2010 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC), pp.1–4, Dec. 2010.
- [3] H. Jiang, S. Jin, and C. Wang, "Prediction or not? an energy-efficient framework for clustering-based data collection in wireless sensor networks," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol.22, no.6, pp.1064–1071, June 2011.
- [4] Y. Ma, Y. Guo, X. Tian, and M. Ghanem, "Distributed clustering-based aggregation algorithm for spatial correlated sensor networks," IEEE Sensors Journal, vol.11, no.3, pp.641–648, March 2011.
- [5] D.I. Sacaleanu, R. Stoian, and D.M. Ofrim, "An adaptive Huffman algorithm for data compression in wireless sensor networks," 2011 10th International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), pp.1–4, June 2011.
- [6] "Moteview マニュアル," [http://www.xbow.jp/mv\\_manual\\_a\\_j.pdf](http://www.xbow.jp/mv_manual_a_j.pdf).