

# 一次マルコフモデルを用いた最小エネルギー符号化法

石原 瞳\*, 和田山 正, 内匠 逸 (名古屋工業大学)

Modified Minimum Energy Coding Based on 1st Order Markov Model  
Hitomi Ishihara, Tadashi Wadayama, Ichi Takumi (Nagoya Institute of Technology)

## 1. はじめに

センサーネットワークにおいて利用されるセンサーノード間では、消費電力の少ない通信方式が必要とされている。低消費電力通信への符号化方式からのアプローチとして、Harry らは、生起確率の高い情報源シンボルにエネルギーの低い符号語を割り当てる ME (Minimum Energy) Coding (最小エネルギー符号化法、以後 ME 符号化と呼ぶ) を提案した (1)。Harry らは無記憶情報源を対象としていたが、実際にセンサーノードにおいて取得される情報は、記憶性の情報源からの出力であると考えるのが自然である。そこで本稿では、記憶性の情報源を仮定し、ME 符号化に一次マルコフモデルを組み合わせた符号化方式を提案する。

## 2. 最小エネルギー符号化法

ここでは通信方式として on-off 変調を仮定する。送信器の消費電力を削減するためには、送信シンボル (0,1) 中の 1 の個数を減らす必要がある。

無記憶情報源  $S$  を仮定する。そのアルファベットは  $\mathcal{X} = \{s_1, s_2, \dots, s_q\}$  であり、それぞれの生起確率は  $P(s_i) (s_i \in \mathcal{X})$  で与えられる。もし、1 対 1 写像  $\varphi: \mathcal{X} \rightarrow \{0, 1\}^K$  が次の性質

$$P(s_i) > P(s_j) \rightarrow n(s_i) < n(s_j) \quad (s_i, s_j \in \mathcal{X}, s_i \neq s_j) \quad (1)$$

を満たすならば  $\varphi$  による符号化は ME 符号化と呼ばれる。ただし  $n(s_i)$  は  $\varphi(s_i)$  のハミング重みである。このとき平均重み  $N_{ave}^{(ME)}$  は

$$N_{ave}^{(ME)} = \sum_{i=1}^q n(s_i) P(s_i) \quad (2)$$

と与えられる。

## 3. 一次マルコフモデルを利用した符号化方式

今回提案する手法では、状態遷移確率行列が  $T = \{p(s_i|s_j)\} (s_i, s_j \in \mathcal{X})$  で与えられる一重マルコフ情報源を仮定する。提案手法では、次の性質

$$p(s_{i1}|s_j) > p(s_{i2}|s_j) \rightarrow n(s_{i1}|s_j) < n(s_{i2}|s_j) \quad (s_{i1}, s_{i2}, s_j \in \mathcal{X}, s_{i1} \neq s_{i2}) \quad (3)$$

を満たす  $\varphi_{s_j}$  による符号化を行う。ただし  $n(s_i|s_j)$  は  $\varphi_{s_j}(s_i)$  のハミング重みである。このとき平均重み  $N_{ave}^{(Markov)}$  は

$$N_{ave}^{(Markov)} = \sum_{i=1}^q P(s_i) \sum_{j=1}^q p(s_i|s_j) n(s_i|s_j) \quad (4)$$

と与えられる。

アルファベット数  $q = 4$  の場合の符号化例を Fig.1 に示す。ここでは  $s_1$  がすでに符号化された状態で次に  $s_2$  を送りたいものとする。図に示した状態遷移確率行列  $T$  に従い  $p(s_i|s_1)$  の昇順に 1 の少ない符号語を割り当てる (図中の表参照)。この場合  $s_2$  を 01 に符号化して送信する。

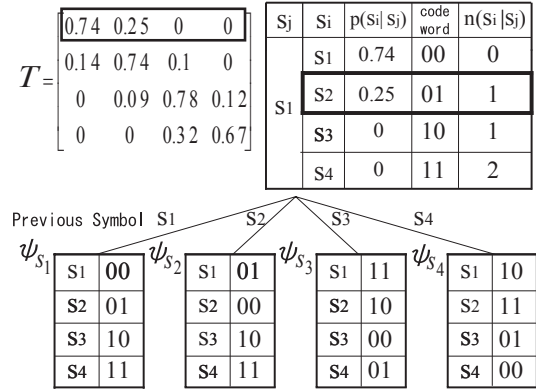


Fig.1. Example of Encoding Procedure ( $q = 4$ )

## 4. 従来法と提案法の性能比較

ここでは従来の ME 符号化と今回提案した手法とを消費電力の減少率

$$\Delta N_{ave} = \frac{N_{ave}^{(ME)} - N_{ave}^{(Markov)}}{N_{ave}^{(ME)}} \quad (5)$$

について比較する。

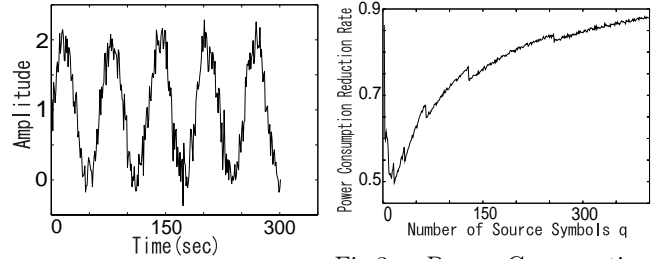


Fig.2. Sampled Data

Fig.3. Power Consumption Reduction Rate  $\Delta N_{ave}$

サンプルデータ (Fig.2) として正弦波にガウス雑音を付加して得られるデータを用い、量子化レベル数  $q$  を変化させて  $\Delta N_{ave}$  を求めた (Fig.3)。Fig.3 をみると、従来法と比べて少なくとも 49.6% の減少を達成できることが見てとれる。またシンボル数が増えると減少率が大きくなるのが分かる。

## 5. まとめ

本稿では、一次マルコフモデルを用いた ME 符号化を提案した。比較実験の結果、提案法は従来の ME 符号化に比べて電力削減効果が高いことが分かった。今後の課題として提案法を用いた電力削減の限界の考察が挙げられる。

## 文 献

- (1) H. Harry Asada, Kai-Yeung Siu, and Cem Erin, "Minimum Energy Coding with Application to RF Transmission," <http://darbelofflab.mit.edu/ProgressReports/HomeAutomation/Report2-2/Erin.pdf>, 1998.
- (2) 汐崎 陽, "情報・符号理論の基礎," オーム社, 1991.