

準周期パケット送信のための非同期センサネットワークの提案と解析 Proposal and Analysis of Asynchronous Packet Transmission for Sensor Network

木村 紘樹[†]
Hiroki Kimura

服部 武[†]
Takeshi Hattori

小川 将克[†]
Masakatsu Ogawa

岡田 洋侍[‡]
Yoji Okada

[†]上智大学大学院 理工学研究科
[〒]102-8554 東京都千代田区紀尾井町 7-1
Faculty of Science and Technology, Sophia University
7-1 Kioicho, Chiyoda-ku Tokyo, 102-8554 Japan

[‡]住友電気工業株式会社
Sumitomo Electric Industries, LTD

E-mail: hiroki_tstt@cc.sophia.ac.jp

1. はじめに

近年、環境モニタリングなどにおいてセンサネットワークに対する需要が高まっている。センサは外部からの電源供給を受けられないため、省電力化が課題である。さらに、大量のセンサからのデータ送信に伴うパケット衝突回避も課題である。従来から、パケット衝突回避に関する制御プロトコルとして Pure ALOHA, Slotted ALOHA が研究されている[1]。これらのプロトコルでは、パケットの発生がポアソン過程に従うと仮定した場合のスループットによる性能評価が行われており、センサネットワークのように周期的にパケットが発生するモデルでは、ポアソン過程による解析は適さない。

本研究の目的は、センサネットワークで利用されているアクセス制御方式であるキャリアセンスや受信応答などの機能を省いた簡易な制御プロトコルとすることで省電力化を行い、パケット衝突確率を数値解析によって評価を行うことである。

2. 提案モデル

本研究では、各センサが準周期性を持ってパケットを発生させるセンサネットワークモデルを提案する。ここで準周期性とは、複数のセンサで一定の時間間隔の周期を同期し、各センサは周期内のランダムな時間を選択することである。本提案モデルにおける周期パケット送信の構成を図1に示す。各センサは1周期の間で1つのパケットを発生させるものとする。1周期は短いスロット間隔で区切られており、各センサはランダムにスロットタイミングを選択することで、パケット衝突を回避させる。この際、パケット送信中に1スロットでも、他のパケット送信と重なった場合を衝突とする。さらに、境界条件として、パケットの発生は次の周期に跨らないとすることで、1周期内でのパケット衝突パターンに関して数値解析を行える。

本提案モデルにおいて、パケット発生がスロットタイミングで一様分布に従う場合、パケット衝突確率を導出する。スロット間隔を限りなく短くすることで、周期内における仮想的な非同期パケット送信に近づけた際のパケット衝突確率の特性を評価する。

3. パケット衝突確率の理論式の導出

次に示すパラメータを設定してパケット衝突確率の導出を行う。

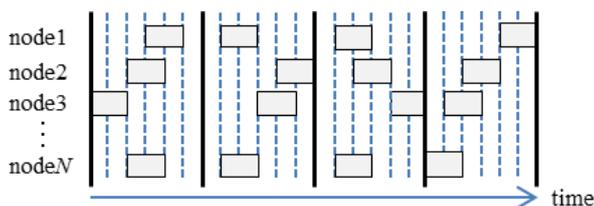


図1 本提案モデルにおける周期パケット送信

M : 1周期のスロット数

n : パケット長(1パケットが占めるスロット数)

K : パケットが発生し得る位置の数

T : パケットが発生するスロットタイミング

N : センサ端末数

i : パケットの衝突パターン数

境界条件より, パケットが発生し得る位置の数 K について, 下式が成り立つ.

$$K = M - n + 1 \tag{1}$$

パケットの衝突パターン数より導出したパケット衝突確率の理論式を下式に示す.

$$P_c = 1 - \frac{1}{K} \left\{ 2 \cdot \sum_{i=n}^{2n-2} \left(1 - \frac{i}{K}\right)^{N-1} + \{K - 2(n-1)\} \left(1 - \frac{2n-1}{K}\right)^{N-1} \right\} \tag{2}$$

式(2)は, 各スロットタイミングでパケットが1つ発生したと仮定した場合において, 他パケットとの非衝突確率を求め, その平均の非衝突確率からパケット衝突確率を導出した.

4. 理論式による特性評価

表1に示すパラメータを用いて, スロット間隔を変化させた際のパケット衝突確率の特性を図3に示す. スロット間隔が短くなることで, パケット衝突確率が一定の値に収束しており, 周期内における仮想的な非同期を実現できた.

5. まとめ

センサネットワークのための準周期的パケット通信において, 数理解析によりパケット衝突確率を導出した.

参考文献

- [1] N. Abramson, "The ALOHA System - Another Alternative for Computer Communications," AFIPS Conference Proceedings, Vol. 37, pp.281-285, November, 1970.
- [2] 木村紘樹, 服部武, 小川将克, 岡田洋侍, "周期的パケット送信のための非同期センサネットワークの提案と解析", 電子情報通信学会総合大会, 2014年3月

表1 評価パラメータ

	評価1	評価2	評価3	評価4	評価5
送信時間間隔	10分/1パケット				
パケット長(bit)	160				
変調方式	BPSK				
伝送速度(kbps)	1				
パケット伝送時間(ms)	160				
スロット間隔(ms)	0.1	1	10	40	160
1周期のスロット数 M	6.0×10^6	6.0×10^5	6.0×10^4	1.5×10^4	3.75×10^3
パケット長 n	1600	160	16	4	1
センサ端末数 N	0-200				
総送信パケット数(個/日)	0-28800				

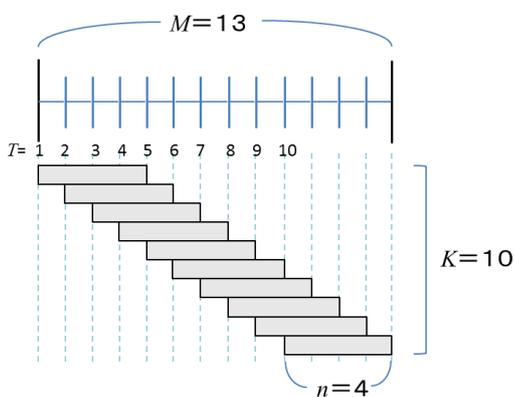


図2 数値解析におけるパラメータ例

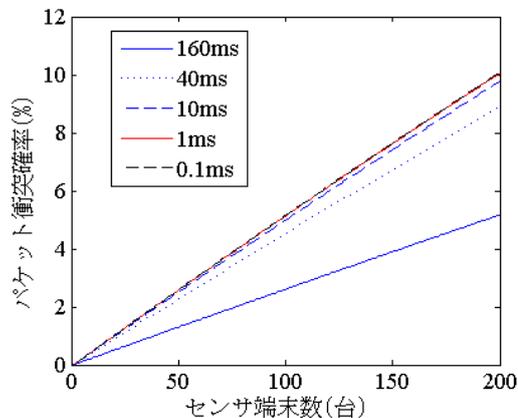


図3 スロット間隔によるパケット衝突確率の特性の変化