OA3-1

無線センサネットワークにおける トラヒック均一化クラスタリング方式

水谷　隆太　（指導教員：森　香津夫，内藤　克浩，小林　英雄）
三重大学　工学部　電機電子工学科

1．まえがき

無線センサネットワーク(WSN)では，センサノード(SN)の省電力化が必要不可欠である．クラスタリングは近隣の SN がクラスタを形成し，クラスタヘッド(CH)が情報をまとめて送信することで省電力化を実現できる．しかし，トラヒックが空間的に不均一な環境では，クラスタ間の消費電力とデータ収集特性(送信成功率)に不均一性が発生する問題がある．これまでに，SN の消費電力を考慮して CH を交代させるクラスタリング手法 HEED (Hybrid, Energy-Efficient Distributed clustering) [1]が提案されているが，この手法はトラヒック不均一環境を想定していない．また，CH 交代により CH 配置に偏りが生じるため，SN が孤立し，データ収集特性が悪化する問題もある．

本稿では，十分な電力資源を持つ SN を CH として固定配置して孤立 SN 問題を解消し，同時にトラヒック不均一環境においてクラスタトラヒックを均一化させることで，送信成功率の均一化と向上，さらには SN の消費電力削減を目的とするトラヒック均一化クラスタリング方式を提案する．従来の固定クラスタリング(従来方式)と提案方式を比較し，評価を行う．

2．トラヒック均一化クラスタリング

提案方式では，クラスタトラヒック不均一問題に対応するため，CH が自律的にクラスタ領域(面積)を制御し，領域内のトラヒックを均一化する．

ネットワーク規格には IEEE802.15.4[2]を仮定し，CH の送信するビーコン中最大の受信電力を得るクラスタに SN は接続するため，周辺のトラヒックが低い CH はビーコン送信電力を上げ，高トラヒックの CH はビーコン送信電力を下げるビーコン送信電力制御を行うことで，トラヒックの均一化を実現する．クラスタ内のトラヒックは IEEE802.15.4 で規定される競合アクセス期間(CAP)を CH がキャリアセンスすることで得られる CAP 使用率 R により推定する．定期的に観測した CAP 使用率 R と閾値 α とを比較することでビーコン送信電力 P を以下のように決定する．

$$P = \begin{cases} P + \Delta E \ ; R < \alpha \\ P - \Delta E \ ; R \geq \alpha \end{cases} \qquad (1)$$

上記のビーコン送信電力制御により，クラスタトラヒックの不均一が解消されるため，各クラスタの送信成功率が均一化し，かつ，ネットワーク全体の平均送信成功率は従来方式と比較して向上する．しかし，CAP 長は各クラスタで一定長であるため，提案方式での SN における消費電力削減効果はほとんどない．

この結果から，従来方式で得られる送信成功率を所要値とした場合，提案方式では CAP 長の削減が可能となる．そこで，各トラヒック負荷において，この所要値を達成する最小 CAP 長を設定した提案方式(CAP 設定)を考える．本方式により，提案方式では消費電力の削減が可能となる．

3．計算機シミュレーション

提案方式の特性比較を行うために以下の条件でシミュレーションを行った．7CH を固定配置し，各 CH の周辺に SN をそれぞれ 8,16,24,32,40,48,56 個ランダム配置したトラヒック不均一環境のクラスタ型トポロジーの WSN を想定する．各 SN のパケット生起はポアソン分布に従い，無線チャネルは自由空間伝搬とし，伝送路上の伝送失敗はパケット衝突のみとする．表 1 に主要パラメータを示す．

シミュレーション結果を図 1，2 に示す．図 1 に提案方式(CAP 一定)，提案方式(CAP 設定)，従来方式，均一トラヒック環境のパケットの送信成功率を示し，図 2 に同様の場合の SN のパケットあたりの平均消費電力を示す．提案方式では各クラスタでトラヒックが均一化されるため，送信成功率は均一トラヒック環境と同程度まで向上している(図 1)．しかし，CAP 長が固定であるため SN の消費電力に変化は見られない(図 2)．CAP 設定を行うと CAP 長を小さくできるため，消費電力削減効果を得られている(図 2)．

表 1:主要パラメータ

CAP 使用率閾値 α	0.1
ビーコン電力増減幅⊿E	0.5 [dBm]
ビーコン電力上限値，下限値	-5，-15 [dBm]
CAP 長(CAP 一定) CAP 長(CAP 設定)	10 [slots] 3 ~ 10 [slots]

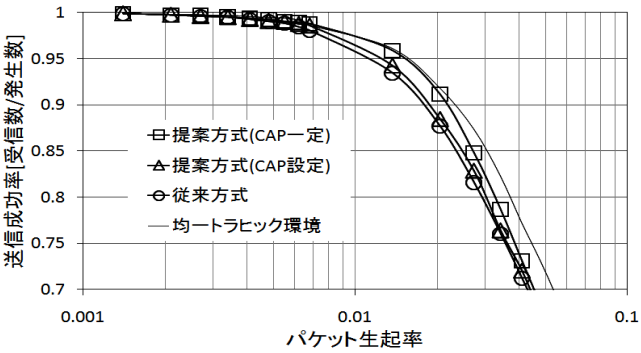

図 1．送信成功率

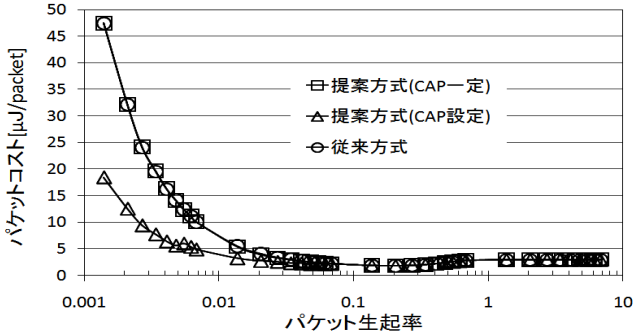

図 2．センサノードの 1 パケット送信にかかる消費電力

参考文献

[1]O.Younis and S.Fahmy, “Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach,” Proc. of IEEE INFOCOM 2004, March 2004.
[2]IEEE802.15.4,Part15.4:Wireless MAC and PHY Specifications for Low-Rate WPANs,Sept.2006.