

所属専門分野	電子情報工学分野 (川原研究室)		
学生番号	09674011	氏名	梶谷 拓矢
論文題目	センサノードにおける自律分散スケジューリング機構を利用した MAC 層通信方式に関する基礎研究		

1 はじめに

無線 LAN の MAC 層通信方式である CSMA/CA は，センサネットワークのようなマルチホップ通信を用いる環境では，複数センサ間のフレーム衝突の増大や隠れ端末問題などにより通信性能が劣化する恐れがある．シングルチャネルの利用を前提としてこれらを緩和する手法として，フレーム転送の自律的なスケジューリングが挙げられる．そこで，本研究では周辺ノードとの情報交換によりスケジューリングを行う二つの機構について調査を行い有効な送信タイミング決定方式について検討する．さらに，センサノードが静止している場合を仮定して異なる規模のネットワークにおいて有効性を検討する．

2 自律分散スケジューリング機構

センサノードは一定時間毎に制御信号やデータの送信を行う周期的な動作を全邸とする．以下で各ノードの周期的な動作を位相 $\theta_i (0 \leq \theta_i < 2\pi)$ で表す．

2.1 位相拡散時分割 (PDTD) 方式

衝突する可能性のないノードを同じタイミングで送信するように調整する PDTD 方式について述べる．図 1 に分割数 $p = 5$ の時のタイミング調整のイメージを示す．PDTD 方式ではデータ通信のための時間を通信可能期間 ϕ_c と定義し，各センサの ϕ_c は同一とする．各ノードは $\theta_i = 0$ の時に制御信号を送信し，それを受信したノードにより調整が行われる．この時，衝突する可能性のないノードは予め設定する分割数に従い，決定する分割点にまとめるように調整される．各ノードが分割点に収束し衝突が発生しない状態となるとき安定状態となり，図 1 のような送信タイミングが形成される．以上の動作が (1) により実現する．(1) の第 2 項が位相調整の特性を決定し，第 3 項は位相調整の均衡状態を回避するためのものである．

$$\frac{d\theta_i}{dt} = \omega_i + \frac{k}{N} \sum_{j \in k_i} R(\Delta\theta_{ij}) + \xi(S_i) \quad (1)$$

2.2 蛙の発声行動に着想を得た方式

各ノードが等間隔でデータを送信するように調整を行う，蛙の発声行動に基づく方式について述べる．図 2 にタイミング調整イメージを示す．PDTD 方式と同様に $\theta_i = 0$ となる時に制御信号を送信して，それを受信したノードが調整を行う．このとき，各ノードは制御信号を送信したノードとの位相差の絶対値が大きくなるように位相を調整する．全てのノードが連続して送信するノードとの位相差が等しくなったとき安定状態となり，図 2 の右のような送信タイミングが形成される．以上の動作が 2 により実現する．式中の第 2 項が位相調整の特性を決定するものである．

$$\omega_j^+ = \omega_0 + \sum_{k \in N} \alpha \sin(\Delta_{jk}) \exp(-\delta(\Delta_{jk})) \quad (2)$$

3 シミュレーションモデル

センサノード 100 個を正規格子状に配置し，データ収容ノードへ 160[bit] のデータをマルチホップ通信により転送するものとする．ノード間の距離は 10m とし各ノードの通信距離は 10m とした．送信タイミングの決定には前述の二つの機構と既存の方式である CSMA/CA を用いた．二つの機構は予め収束時間が最小となるパラメタにより決定したタイミングを用いる．CSMA はデータ送信の要求を全ノード同時に発生させキャリアセンスにより衝突を回避するものとする．また，各方式の再送数の上限値は 7 と設定しこれを越える場合フレームが破棄される．評価指標は以下を用いる．

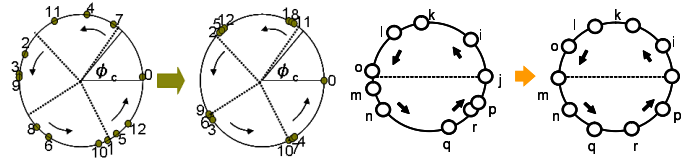


図 1: PDTD 方式:調整イメージ 図 2: 蛙に基づく方式:調整イメージ

表 1: 各方式の性能比較

方式	収束時間 [sec]	到達率 [%]	平均遅延時間 [sec]
PDTD(P=13)	27	76.0	4.97
蛙	186	70.7	5.17
CSMA/CA	-	98.9	59.8

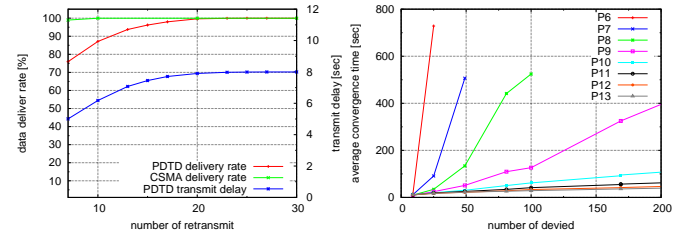


図 3: ノード数と分割数による収束時間の影響 図 4: ノード数と分割数による到達率の影響

- 平均収束時間：初期の位相状態から安定状態となるまでの時間
- 到達率 [%]：送信したデータの内収容ノードまで到達した割合
- 平均到達遅延時間 [sec]：データが収容ノードに到達するまでに要した時間

4 シミュレーション結果及び考察

4.1 送信タイミング決定方式の検討

各方式においてマルチホップ通信を行った場合の性能について表 1 に示す．表 1 より全ての評価指標において蛙の発声行動に基づく方式より PDTD 方式の方が有効であることが分かる．PDTD 方式の到達率は 76% であり，既存の CSMA の 98% と比較すると劣化している．しかし，遅延時間をみると PDTD 方式の約 5 秒であるのに対し，CSMA は約 60 秒も要している．調整のための時間が 27 秒必要であることを考慮しても PDTD 方式の方が少ない遅延でデータを転送できるといえる．ここで CSMA と同程度の到達率とする場合の再送数と遅延時間について調査を行った．その結果を図 3 に示す．図 3 より CSMA と同程度の到達率のためには再送数の上限を約 20 回に設定する必要があることが分かる．その時の遅延時間は約 8 秒であり CSMA より低遅延である．以上の結果から PDTD 方式が有効な送信タイミング決定方式であるといえる．

4.2 ノード数による収束時間への影響

図 4 にノード数と分割数による収束時間の影響について示す．図 4 よりノード数が増加すると収束時間も増加することが分かる．特に分割数が小さい場合，その傾向がみられるためノード数が多い場合に収束時間を小さく抑えるためには分割数を大きく設定する必要があるといえる．

5 まとめ

PDTD 方式と蛙の発声行動に基づく方式について調査を行い，PDTD 方式が既存の CSMA/CA より有効であることを示した．そして，ネットワークの規模が大きい場合においても分割数の調整により対応できることを示した．

6 研究業績

”センサノードにおける自律分散スケジューリング機構を利用した MAC 層通信方式に関する基礎研究” 情報処理学会火の国シンポジウム Mar. 2011 投稿予定