

L-005

省電力端末を用いた無線センサネットワークにおける高信頼通信の提案 Proposal on Reliable Communication for Wireless Sensor Network using Low Power Terminal

泉井 雄仁[†] 後藤 邦夫[†]
Izui Takehito Goto Kunio

1. はじめに

近年開発されている、ある種の低価格省電力無線センサ[2]は周期的に短時間だけ起動し、処理機能も限られる。通信の高信頼性を確保した上でシステムの長寿命化を可能にすることが重要である。当研究室における先行研究では、RIP[1]の応用と GAF(Geographic Adaptive Fidelity)[2]によるルーティングで構成したネットワークにおける通信成功率と電力消費を評価した。

その結果、GAF は非常に密なネットワークにのみ適切で、RIP 応用も、隣接端末間の通信の信頼性が低いことがわかった。電力消費については、想定仕様で十分なバッテリー寿命余裕があり、端末起動時のビーコン送信が電力消費の9割以上を占めることから、データ送信を相対的に増やして、end-to-end の通信成功率を高めることが適切であると判明した。

そこで本研究では、50 ノード以下の小規模ネットワークにおいて、無線端末は通信の際に一意に通信する端末を決めるのではなくすべての隣接ノードに中継を求めることで、end-to-end の通信成功率を上げることが目的とする。端末の電力消費と通信成功率をもとめ、他のルーティング方式と比較する。

大規模ネットワークの場合、放送には無駄が多くなるので、放送方向を限定するなどの制約を付加した拡張が必要となる。

2. システムアーキテクチャ

本章ではシステムアーキテクチャについて説明する。

● ネットワーク構成 (通信モデル)

本研究における小規模ネットワーク構成は図1の様な集合住宅におけるセキュリティシステムのネットワークを想定している。ネットワークの中の任意のノードを基地局として外部のネットワーク繋ぐことによって集合住宅内の情報を外部へ報告することができる。

住宅内のネットワークでは隣接ノード間で通信を繰り返すことで end-to-end の通信を確立する。

実験の周期性をなくすために時間差で起動させる。

無線通信においてデータを送信する際に必要な電力は距離の2乗に比例し各無線端末間の距離は遠すぎると大きな電力消費の原因となってしまう。そこで隣接端末間の10m程度とした。通信の成功率は距離の2乗に反比例している。10mで成功率は約90%だが15mでは70%になる。

ノード間の距離を空けすぎるとは適切ではない。

● 通信における定義事項

ノードの送受信の電力について以下の項目についてパラメータを設定する。

(1)休止時 1.2 μ A 程度(2)受信待機時 1.2mA 程度(3)受信時 25mA 程度(4)送信時 20mA 程度(5)バッテリー容量 7560mAh 程度、ノードはバッテリー容量から(1)~(4)までの

値を単位時間毎に減らし、バッテリー容量が0になった時点でのネットワーク寿命を比較する。各値は一般的な無線端末を参考にした値である。

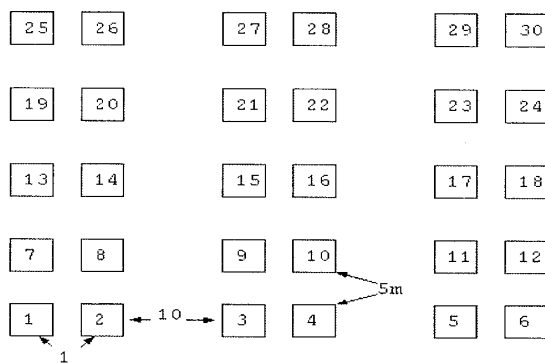


図1 ネットワークの構成例

3. ルーティング方式

本節ではルーティング方式について説明する。

3.1 ルーティング方式の概要

ノードは通信の際に一意に通信するノードを決めるのではなく起動している全ての隣接ノードに送信したいデータを送る。これにより送りたいデータが複数、ネットワーク上に存在するため、送信データが欠損を生じた場合でも別のノードから正しいデータを得る事で高信頼性を維持できる。

ノードの状態は大きく分けて sleep 状態と通信可能状態がある。この二つの状態を遷移することによって特に仕事が無いノードまたは一定時間通信可能状態であったノードは sleep 状態となり電力を節約する。通信可能状態にあるノードはデータ受信状態の場合は自分の状態を伝えるために隣接ノードに対してビーコンを送信する。データ送信状態にあるノードは受信したビーコンを送ってきたノードに対して送信を行う。

3.2 ルーティング方式の流れ

図2では通信を経過時間に合わせて表現してある。N3に送信が必要なデータが存在すると仮定する。N3はデータを送信するためビーコン受信状態になる。隣接ノードであるN2からビーコンを受信したらN2に対してデータ送信をする。N3はその後も他の隣接ノードに対してデータ送信を続ける。N2はN3から受信したデータが自分宛では無かったので中継をする。N2は隣接ノードであるN1からビーコンを受信したのでデータ送信をする。N2はN3からビーコンを受信したが、例外処理をしてデータ送信をしない。送信をしない例外処理の例としては図2のようにデータの発信源への送信することのほかに既に中継をしたデータの再度の中継要求などが当てはまる。N1はN2

から受信したデータをさらに中継するために隣接ノードに対してデータ送信をする。

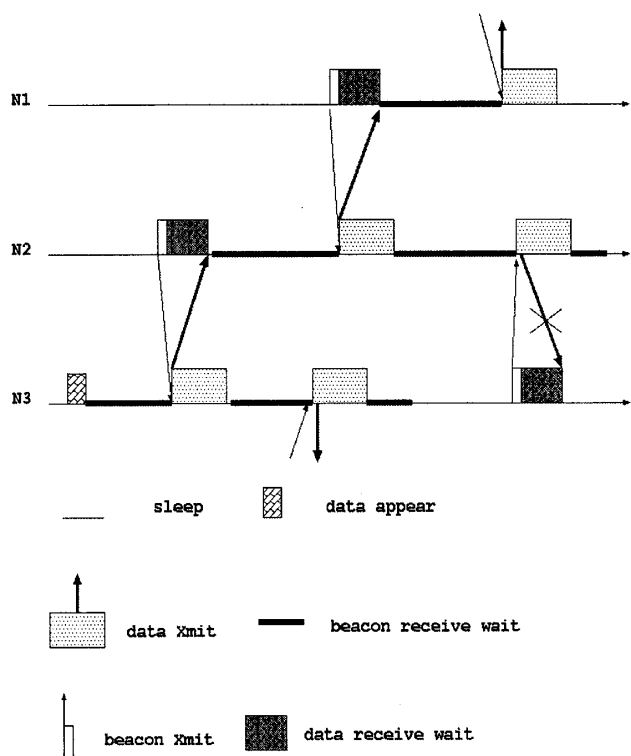


図2 ルーティング方式

3.3 ルーティング方式の状態遷移

提案するルーティング方式を図3の状態遷移図を用いて説明する。sleep状態は決められた時間分、休止することで電力を節約する。状態を遷移するときはデータの発生またはデータを持っている場合、beacon receive wait状態へ遷移する。またタイムアウトの場合、beacon Xmit状態へ遷移する。主にデータを受信するための状態としてbeacon Xmit状態、data Receive wait状態、data receiving状態がある。beacon Xmit状態は受信可能状態であることを知らせるため隣接端末へビーコンを送信する。data Receive wait状態は送ったビーコンを受信したノードからデータが送られてくるのを待つ状態である。data receiving状態は届いたデータの受信処理をする状態である。受信処理が終了すればprocess状態へと遷移する。process状態は受信したデータ送信が必要か不必要かを判断する。必要な場合、beacon receive wait状態へ遷移する。不必要な場合、受信したデータを確認して既に受信したことがあるデータの場合、送信する必要が無いのでデータを破棄してsleep状態へ遷移する。またprocess状態は通信機能以外の処理もする。主にデータ送信をする状態としてbeacon receive wait状態、beacon receiving状態、beacon receiving状態がある。データ送信をするときはこれらの状態を繰り返しデータを送信する。beacon receive wait状態はノードがデータを送信するため受信可能な隣接端末からビーコンが送られてくるのを待つ。一定時間ビーコンを受信できなかった場合、タイムアウトしてsleep状態へ遷移する。beacon receiving状態は届いたビーコンの受

信処理をする状態である。送信が必要な場合 data Xmit 状態へと遷移する。送信が不必要な場合、もう一度 beacon receive wait 状態へと遷移する。data Xmit の状態は受信したビーコンを送信した端末に対してデータの送信を行う。

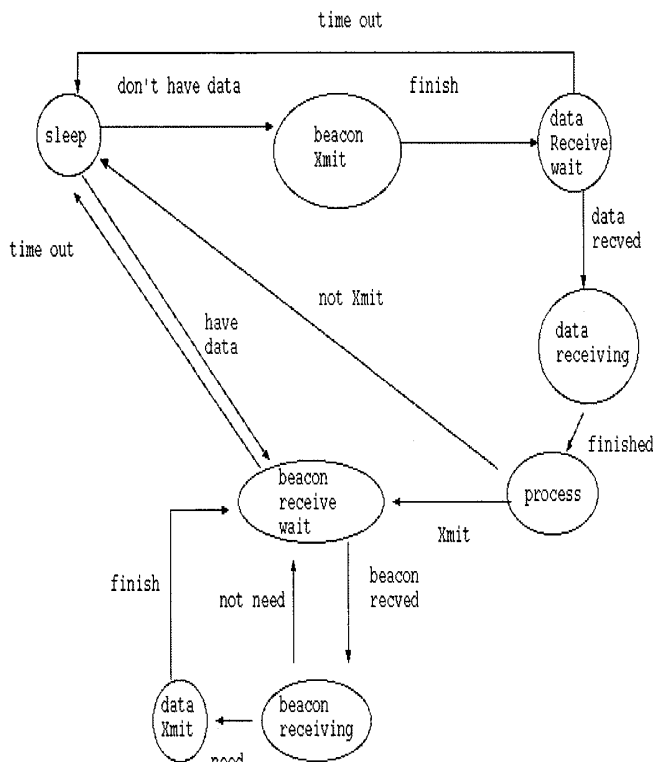


図3 ノードの状態遷移

4. 結果

先行研究であるRIPの応用はネットワーク寿命として6年程度である。しかし半数のノードへの通信が確立されていない。パラメータによっては改善されるが全てのノードとの通信は確立できていない。本研究では相対的にデータ送信を増やすことによって問題点を解決し、信頼性の向上が予想される。

5. おわりに

本研究ではプログラムでネットワークエミュレータを試作し実験することでルーティング方式の評価を考えている。現段階ではプログラムはまだ完成していない。また今後は大規模ネットワークにおける制約も深く考察をする必要がある。

参考文献

- [1]C. Hedrick: "Routing Information Protocol", RFC1058, June 1988
- [2]T. Hatauchi: "PHY and MAC Proposals for battery-operated SUN" <https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/09/15-09-0285-00-004g-mac-and-phy-proposal-for-802-15-4g-for-smart-utility-networks.ppt>, May 2009
- [3]Y. Xu, J. Heidemann and D. Estrin: "Geography informed Energy Conservation for Ad Hoc Routing," in Proc. of the International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom'01), 2001.

† 南山大学 数理情報研究科
Graduate School of Mathematical Science and Information Engineering, Nanzan University