

遅延耐性ネットワークを応用した BAN 高信頼化手法の評価

日大生産工(学部) ○桐井 誠倅
日大生産工 新井 雅之

1. はじめに

ネットワークを利用した近未来医療において期待されている無線ネットワーク技術の一つに BAN (Body Area Network) が存在する[1]. しかし, BAN では人体表面または内部に小型端末を配置するため, 端末の位置や人体の動作によってデータ送受信の遅延や損失が生じる可能性がある.

本研究では, 継続的な接続が不可能な環境においてもデータ転送を可能にするネットワーク手法の一つである遅延耐性ネットワーク (DTN: Delay Tolerant Network) [2]を用いて, BAN の通信を高信頼化する手法について検討する. BAN の評価モデルを作成し, モデルに基づいてシミュレーションによる評価を行う.

2. 関連研究

2-1. BAN (Body Area Network)

BAN とは, 人体の表面または内部に配置された小型端末を無線通信で結ぶことで結成される無線ネットワークでのことである[1].

図 1 に BAN の人体モデル図を示す. 一般的に BAN は一つのハブと複数個のセンサノードから構成されている. ハブは通信範囲内に存在するセンサノード全てと通信することが出来る. ノードは各自が持っているデータをハブに

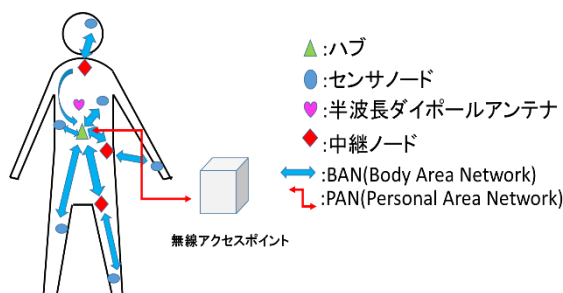


図1. BAN 人体モデル図

送信する役割を持ち, 中継ノードはハブと通信範囲外のノードとの通信を中継する役割を持つ. 基本的に中心にあるハブとセンサノードの双方向通信が行われるが, ハブとノードの距離が遠い時や, 人体の動作によってはハブ, センサノード間の通信が阻害され受信レベルが低下する[3].

また, BAN は個人周辺のコンピュータデバイス間の通信に使われるネットワーク (PAN: Personal Area Network) とも通信を行うことが可能である. センサノードが収集した情報は, PAN 及び無線アクセスポイントを経由して外部機器で監視可能である.

2-2. DTN (Delay Tolerant Network)

遅延耐性ネットワーク (DTN: Delay Tolerant Network) とは, 継続的なネットワーク接続が不可能な状況においてもエンドホスト間でのデータ転送を実現するコンピュータネットワーク手法の一つである. DTNでは, ノード間をストアアンドフォワード方式でルーティングする. スタアンドフォワード方式とは, 情報を一旦中継ノードに保持して目的地あるいは別の中継ノードに転送する方式のことである.

3. 評価モデル

本研究ではまずBANの評価モデルを作成した. 図2(a)に, 本研究で仮定したBANのネットワークモデルを示す. $n_1 \sim n_k$ の k 個のノードが存在する. またノード n_x と n_{x+1} の間のリンクを L_x と表す. n_1 を送信者(センサノード), n_k を受信者(ハブ)とする.

図2(b)に示す通り, リンクはあるクロック毎に接続状態または切断状態にあるものとし, 確率 p_x , 確率 q_x に従って2状態を遷移する. この時,

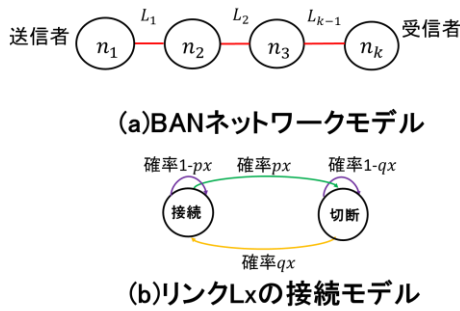


図2. BAN ネットワークモデルと接続モデル

平均切断率 D_x は $D_x = q_x / (p_x + q_x)$, リンク L_x の平均連続切断クロック数 λ_x は $\lambda_x = 1/q_x$ として求められる. データを保持するノードと次のノードの間のリンクが接続状態の時データを次のノードに送信し, リンクが切断状態の時は接続状態になるまでデータを保持し続けることで, 受信者までデータが転送される.

4. シミュレーションによる評価

Processingを用いてシミュレータを作成し, 評価を行った. シミュレーション条件は以下の通りとした. ノード数 $k=4$ とした. すなわち $L_1 \sim L_3$ の3本のリンクが存在する. このうち L_2, L_3 は切断されにくい状態を仮定し, $D_2 = 0.05$, $D_3 = 0.01$ とした. また, パラメータ p_2, p_3 は0.01に, q_2 は0.19, q_3 は0.99に固定した. プログラムの実行開始時刻を0クロックとして n_1 から n_4 へデータ送信を開始し, 受信完了までにかかる遅延時間を1000回計測した.

図3に, $D_1 = 0.1$ として, λ_1 を10から100まで変化させて行った場合の遅延時間の変化を示す. 図3において, λ_1 の増加に伴って最大遅延時間, 平均遅延時間ともに増加している. これは, $n_1 \sim n_2$ 間の平均連続切断クロック数 λ_1 の増加によって切断状態にある時間が増加し, 遅延時間が延びたためであると考えられる.

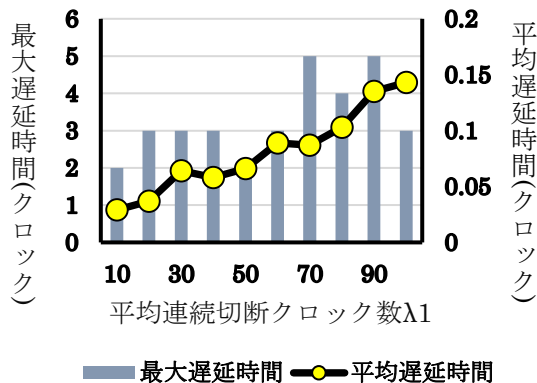


図3. 連続切断クロック数 λ_1 を変化させた場合の最大及び平均遅延時間

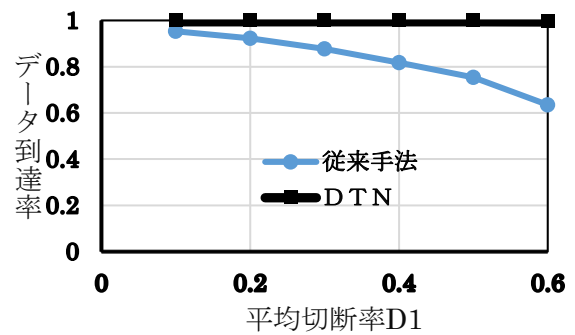


図4. 平均切断率 D_1 を変化させた場合のデータ到達率

次に, 遅延時間が上限値 t_{limit} 以下のデータのみ正しく到達したものと考え, データ到達率の評価を行った. 図4に, $\lambda_1 = 4$ と固定し, D_1 を0.1から0.6まで変化させた場合のデータ到達率の結果を示す. DTNに対しては, $t_{limit} = 10$ とした. また, 従来手法は $t_{limit} = 0$ と等価である.

図4において平均切断率 D_1 の増加に伴って従来手法ではデータ到達率が減少しているが, DTNを用いた場合, データ到達率の減少がほぼ見られないことが分かる. このため, データ送信にリアルタイム性が不必要な場合にはDTNを用いた方が通信の安定性を確保できると考えられる.

5. まとめ

本研究では, 4 個のセンサノードが存在するBAN環境を想定し, 連続切断クロック数を変化させた場合の最大及び平均遅延時間の変化と, 平均切断率を変化させた場合の従来手法とDTNを用いた時のデータ到達率の比較について評価した. 今後の課題として, さらにシミュレーション条件を変えて評価を行うことと. 実際にBANを装着した人体の動作データに基づいた評価をすることが挙げられる.

参考文献

- [1] 杉本千佳, 河野隆二, “最先端医療を実現する生体内外センサネットワーク技術,” 情報処理, Vol. 54, No. 6, pp. 606-611, 2013 年.
- [2] 鶴正人, 内田真人, 滝根哲哉, 永田晃, 松田崇弘, 巳波弘佳, 山村新也, “DTN 技術の現状と展望,” 通信ソサイエティマガジン, No. 16, pp. 57-68, 2011 年.
- [3] 青柳貴洋, 金ミンソク, 高田潤一, 浜口清, 河野隆二, “様々な人体動作時における動的ウェアラブル WBAN 伝搬チャネルのシミュレーション計算,” 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会通信講演論文集 1, pp. 73-74, 2010 年.