

WSNにおけるコンテンツ指向型データ配信手法の導入

國安 哲郎[†] 重安 哲也[‡]

県立広島大学大学院 総合学術研究科[†] 県立広島大学 経営情報学部[‡]

1 はじめに

近年, WSN[1] にコンテンツ指向型ネットワーク [2] 技術である NDN[3] を適用したデータ収集手法の実現が希求されている. 本稿では, 新たな WSN 用 NDN 転送制御手法を提案する. 具体的には, 冗長な PIT の登録を削減し, また, リンクごとの輻輳を検知し, Interest の適切な転送経路選択を実現する適応的な転送制御機能を導入することで, コンテンツの取得率とネットワーク全体のスループットの双方が向上することを明らかにする.

2 NDN

2.1 基本動作

NDN では, Interest と Data の 2 つで通信を実施する. ユーザは要求するコンテンツ名を Interest に記載し隣接ノードに送信する. 各ノードは受信した Interest の情報を PIT (Pending Interest Table) に登録し, 次のノードへ転送する. コンテンツを保持するノードが Interest を受信すると, PIT に従って対応する Data を転送する. この際, 各中継ノードは Data を一時的に CS (Content Store) にキャッシュする. また, 各中継ノードは受信した Data の情報を FIB (Forwarding Information Base) に登録し, 以後, 同じコンテンツ名の Interest を受信した際は FIB に従って転送する.

2.2 WSN への NDN の適用

NDN は元々, 有線ネットワーク環境での使用を目的として開発された. しかし, 本研究では, WSN へ適用するため, 無線ネットワーク環境における基本的な NDN プロトコルを以下に定義する.

- IEEE802.11 を通信方式とする.
- PIT と FIB に MAC アドレスを登録し, 転送先を識別する
- FIB に一致しない Interest はブロードキャスト, FIB と一致する Interest と返送する Data はユニキャストで転送する.

3 WSN 向け NDN プロトコル

3.1 ブロードキャスト転送制御

FIB にエントリがない Interest はブロードキャストにより転送される. しかし, 図 1 左上に示すように, 純粹

A Study for Implementing Content-oriented Data Collecting Technology on WSN

Tetsuro Kuniyasu[†] Tetsuya Shigeyasu[‡]
 Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima[†]
 Faculty of Management and Information Systems, Prefectural University of Hiroshima[‡]

なフラディングはノード 1, 2 間とノード 2, 3 間で互いのノードを PIT に登録することで不要なトラフィックを増加させる.

文献 [4] では, 図 1 右に示すように, ある Interest を受信したノードが, その受信直後に同名の Interest が自身の隣接ノードから送信されたことを傍受した場合, 同一 Interest を受信したと判断し, その重複転送を回避するために, 自身はその Interest の転送を中止する DDF (Discard Duplication Forwarding) を提案している. しかし, DDF では結果として得られる中継経路の候補数が減少する危険性がある.

そこで, これから転送を試みる Interest と同じ Prefix をもつ他の Interest を既に受信済みであっても, 転送そのものは中止せず, 受信側でその Interest による PIT の登録必要性を判断する BPF (Best PIT Forwarding) を提案する.

例えば図 1 左下に示すように, ノード 2 が最初に中継を行った場合, ノード 1, 3 はノード 2 の MAC アドレスをパケットに付加する. ノード 2 は自身の MAC アドレスが記載されていることを確認し, ノード 1, 3 を PIT に登録しないことで, 冗長な PIT 登録を回避しつつ, コンテンツの探索エリアの減少を防ぐ.

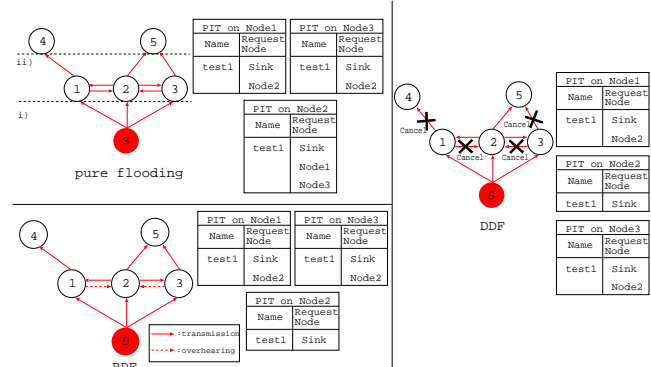


図 1: フラディング (左上), DDF (右), BPF (左下)

3.2 適応的経路選択制御

本節では, 各ノードは FIB 確立後に, ネットワーク内のトラフィック変動に対して転送する Interest の宛先を動的に変更する DCF (Dynamic Change Forwarding) を提案する. 各ノードは複数の最短経路を転送経路として確保している場合に, 現在選択中の転送先のトラフィック負荷に応じて適応的に他の候補に転送先を変更する. DCF は Interest 送信に対する L2ACK の返信率で宛先の判定を行う方式となっている.

a) DCF_{rate1} ACKを受信するごとに、直近 N 回の Interest に対する平均 ACK 返信率により判定する。定数 N はオペレータによって指定される値とする。

b) DCF_{rate2} 直近 N 回の Interest 送信に対する平均 ACK 返信率により判定する。ただし、ACK 返信率の算出とそれによる判定は、Interest を N 回送信する度に行う。

4 性能評価

4.1 BPF の評価

BPF, DDF, フラッディングの3方式のデータ取得率と、シミュレーション経過時間ごとのデータ取得数を評価した結果を示す。表1に評価に用いたシミュレーション諸元を示す。また、図2にシミュレーショントポロジを示す。各ノードは50mごとの等間隔に配置し、図中の3つのノードSをシンクノードとする。また、四隅の4つのノードはそれぞれ異なるPrefixのデータを保持するノードとする。各シンクノードは4つのPrefixからランダムに選択したコンテンツを要求するInterestを送信する。複数の経路がFIB上に登録された場合は、その中から最短経路となるノードを転送先として選択する。これを実現するために、Dataのヘッダにホップ数を記録させることで対応する。

図3左にデータ取得率を示す。ここで、取得率はシンクノードが実際に送信したInterestに対して取得できたデータの割合である。同図より、どの生成レートにおいても、提案手法は概ね2つの既存手法より高い取得率を達成していることがわかる。

次に、図3右にInterest生成レートを1000[pkt/sec]とした場合の1秒間あたりのデータ取得数の変化を示す。同図より、0秒~1秒、1秒~2秒間のFIBが確立される前までのデータ取得数は既存手法であるDDFが最も多いことがわかる。これは、他の2方式と比較して、Interestを中継する際の衝突が少ないためである。しかし、FIB確立後のユニキャスト中継のフェーズになると、DDFは最短経路で中継している2方式と比較して、データ取得数が下回ることがわかる。

表 1: シミュレーション諸元

Parameter	Value
Data Rate	11Mbps
Communication Range	75m
Contention Window Size	Min:31, Max:1023
DATA and INTEREST Payload	512Byte
Simulation Time	10sec
Available Cache Size	5
Arrival Process	Poisson Arrival
Number of Nodes	81

4.2 DCF の評価

DCF_{rate1} , DCF_{rate2} , 宛先を固定する方式の3方式で比較する。ここで、各ノードはFIB上に最短経路の宛先が複数登録されているとき、判定結果を元にその中から宛先を動的に変更することとする。

図4左、右にInterestの総送信回数、総データ取得数をそれぞれ示す。同図において、動的に宛先を変更する

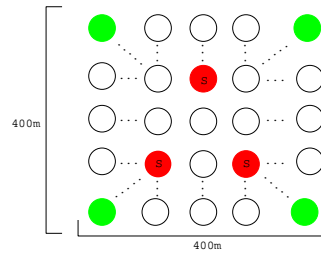


図 2: シミュレーショントポロジ

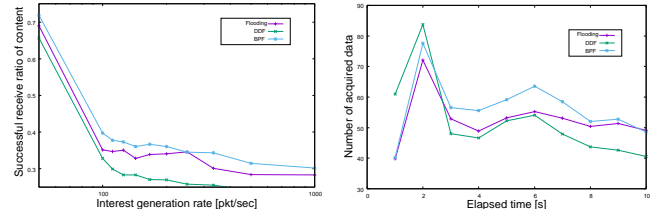


図 3: データ取得率 (左), 時間あたりのデータ取得数 (右)
2方式は、fixedを上回っており、ネットワーク全体のスループットが向上していることがわかる。これは、各ノードは現在使用している経路の輻輳を検知した場合は、別の最短経路を用いることで効率的なInterestの転送とコンテンツの配送を行っているためである。

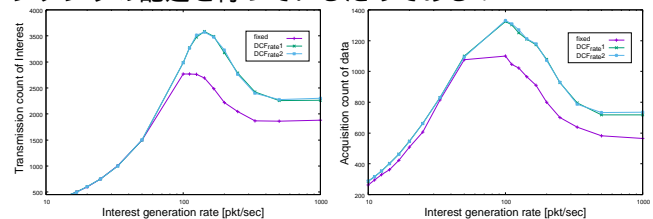


図 4: Interest 総送信回数 (左), 総データ取得数 (右)

5 まとめ

本稿では、適応的な転送制御手法としてBPFとDCFを提案し、コンテンツの取得率とネットワーク全体のスループットの双方が向上することを明らかにした。

参考文献

- [1] 戸辺義人: 無線センサネットワークの技術動向, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J90-B, No.8, pp. 711-719, (2007).
- [2] 山本幹: [特別招待講演] コンテンツオリエンテッドネットワークの研究動向, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 114, No.18, pp. 35-40, (2014).
- [3] Named Data Networking (NDN) - A Future Internet Architecture (online), available from <https://named-data.net> (accessed 2016-07-13).
- [4] M. Amadeo, C. Campolo, A. Molinaro and N. Mitton: Named Data Networking: a Natural Design for Data Collection in Wireless Sensor Networks, Wireless Days (WD), 2013 IFIP, Valencia, pp. 1-6, (2013).