

通信負荷均等化のための P2P型センサデータストリーム配信手法の評価

川上朋也[†] 義久智樹[†] 石 芳正[†] 寺西裕一[‡]

[†]大阪大学 [‡]情報通信研究機構

1 はじめに

ライブカメラや環境モニタリングなどの用途によるセンサの普及に伴い、観測データが連続的に流れるセンサデータストリームの配信に対する注目が高まっている。筆者らの研究グループでは、複数の配信先ノードがそれぞれ異なる周期でセンサデータを収集する環境を想定し、P2P技術を用いて配信先ノードの通信負荷を分散するP2P型センサデータストリーム配信システムを研究してきた[1, 2]。これまで、1つあたりのセンサデータの送信および受信による負荷が等しい単純な通信負荷モデルを想定し、P2P型センサデータストリーム配信手法を提案および評価してきたが、環境によっては送信および受信による負荷が異なる通信負荷モデルが考えられる[3]。そこで本研究では、送信および受信による負荷が異なる通信負荷モデルにおいて、通信負荷均等化のためのP2P型センサデータストリーム配信手法を評価する。

2 P2P型センサデータストリーム配信手法

筆者らの研究グループでは、複数の配信先ノードが異なる周期で収集する環境を想定し、配信元ノードの負荷を分散するLCF (Longest Cycle First; 最長周期優先) 法 [1] およびLLF (Lowest Load First; 最小負荷優先) 法 [2] を提案した。

LCF法では、収集周期の長い配信先ノードが他の配信先ノードへ送信することで、配信元ノードの負荷を分散する。4つの配信先ノード $D_1 \sim D_4$ の収集周期が表1の場合、LCF法における配信元ノード S からの配信経路を図1に示す。図1の配信経路上の丸数字は、その時刻でのセンサデータを示している。しかし、LCF法では、長周期で受信による負荷が低い配信先ノード

表 1: 収集するセンサデータの例

Time	1	2	3	4	5	6	7	...
D_1 (Cycle=1)	○	○	○	○	○	○	○	...
D_2 (Cycle=2)		○		○		○		...
D_3 (Cycle=2)			○		○			...
D_4 (Cycle=3)				○			○	...

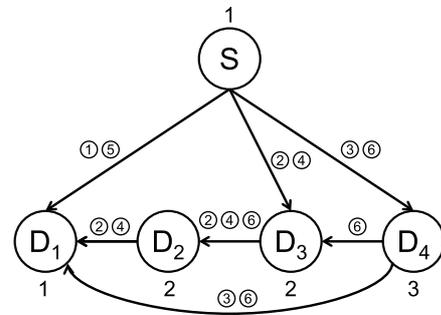


図 1: LCF 法における配信経路の例

が他の配信先ノードへ多く送信するため、同じ時刻に配信先ノードが多い場合、長周期の配信先ノードの送信負荷が増大する可能性がある。また、1つあたりのセンサデータの送信および受信による負荷が異なる環境では、負荷分散の効果が低下する。

LLF法では、各配信先ノードの負荷を推定し、その時点で最小負荷の配信先ノードが他の配信先ノードへ送信するように時刻表の生成および配布を行うことで、LCF法の問題を解決する。1つのセンサデータを送受信するための負荷を係数として通信負荷を推定することで、送信および受信による負荷が異なる環境においても、負荷分散を目的とした配信経路を決定できる。LLF法では、初めに収集周期などから各ノードの負荷推定を行った後、未決定の配信経路を各時刻および各配信先ノードごとに決定する。配信経路はその時点で推定される負荷が最小のノードから送信するように選択し、負荷推定の結果に反映しつつすべての配信経路を決定し、最終的な時刻表を全ノードへ配布する。

An Evaluation of P2P-Based Sensor Data Stream Delivery Methods for Communication Load Balancing

Tomoya Kawakami[†], Tomoki Yoshihisa[†], Yoshimasa Ishi[†] and Yuuichi Teranishi[‡]

[†]Osaka University, Japan

[‡]NICT, Japan

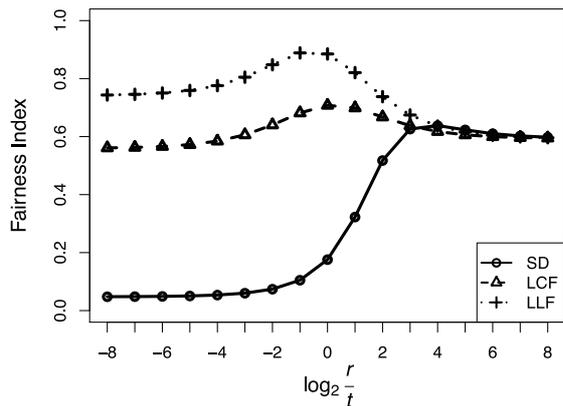


図 2: $\log_2 \frac{r}{t}$ による FI の変化

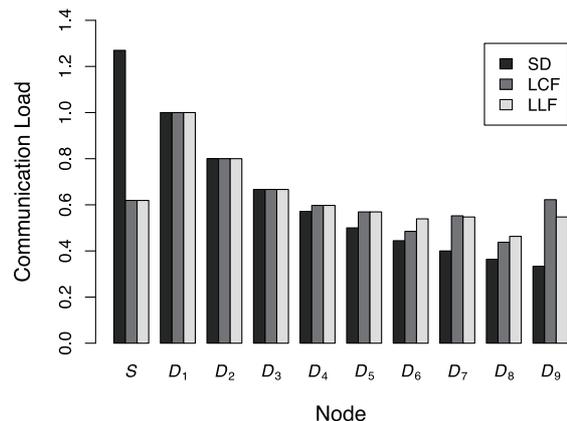


図 3: $\log_2 \frac{r}{t} = 2$ の場合の通信負荷

3 送信および受信による負荷が異なるモデルでの評価

本研究では、送信および受信による負荷が異なる通信負荷モデルにおいて、2章で述べた LCF 法および LLF 法、さらに、文献 [1, 2] でも述べている配信元ノードがすべてのノードへ配信する SD 法をシミュレーションにより評価する。

3.1 負荷の定義

本研究では、ノード N の通信負荷 $C(N)$ を以下で与える [3].

$$C(N) = rR(N) + tT(N) + S(N)$$

$R(N)$ はノード N が単位時間あたりに受信するデータ数、 $T(N)$ は単位時間あたりに送信するデータ数、 $S(N)$ は定常的な通信負荷である。 r および t は 1 つのデータをそれぞれ受信および送信する負荷であり、ノードの性能に依存して決まる比例定数である。

3.2 評価結果

比例定数 r, t の比率を変化させた場合の Fairness Index (FI) を図 2 に示す。Fairness Index は負荷分散の指標として縦軸に示し、1 に近いほど公平を示す。横軸は r, t の比率として r/t を対数で示しており、例えば横軸が -2 の場合は $r/t = 2^{-2} = 1/4$ で、1 つのデータを受信する負荷が送信する負荷の $1/4$ である。本シミュレーションでは、配信元ノードは 1 台、配信先ノードは 20 台で行った。また、各配信先ノードの収集周期は $1 \sim 10$ でランダムに決定し、10 回の試行結果を平均した。現実的には、受信および送信による負荷の比率は大きくとも 2 倍程度と考えられる。図 2 より、横軸が $-2 \leq \log_2 r/t \leq 2$ の範囲では、LLF 法が最も FI が高く、負荷分散ができていていることがわかる。

配信先ノード数を 9 台、収集周期をそれぞれ $4, 5, \dots, 12$ に固定し、 $\log_2 r/t = 2$ の場合の各ノード

の通信負荷を図 3 に示す。縦軸が各ノードの正規化された通信負荷を、横軸がノードを示している。ノード S は配信元ノードであり、それ以外の配信先ノード D_i の収集周期は $i+3$ となる。図 3 より、特に長周期の配信先ノードにおいて、LLF 法が負荷を均等化できていることがわかる。

4 おわりに

本研究では、送信および受信による負荷が異なる通信負荷モデルにおいて、通信負荷均等化のための P2P 型センサデータストリーム配信手法を評価した。筆者らの研究グループでは P2P 型センサデータストリーム配信手法を用いた実システムを構築しており、今後、構築システム上で配信手法を評価する予定である。

謝辞

本研究の一部は、NICT・大阪大学共同研究「大規模分散コンピューティングのための高機能ネットワークプラットフォーム技術の研究開発」による成果である。

参考文献

- [1] 川上朋也ほか: 収集周期の異なるセンサデータストリームのための通信負荷を考慮した配信手法, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS 2012) 論文集, pp. 136–143 (2012).
- [2] 川上朋也ほか: 収集周期からの負荷推定に基づくセンサデータストリーム配信手法, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 350, pp. 7–12 (2012).
- [3] 義久智樹ほか: P2P 型センサデータストリーム配信システムのための通信負荷モデル, 第 75 回情報処理学会全国大会論文集, 1E-3 (2013).