

メッセージ優先度を考慮した配送を実現する Pub/Sub 機構

1275100 北 雄太 【分散処理 OS 研究室】

Pub/Sub Mechanism for Realizing Message Delivery With Consideration for Priority

1275100 Yuta KITA 【Distributed System and Operating System Lab.】

1 はじめに

近年、災害発生時の迅速な予測と状況把握を目的として、導入コストの低い IoT センサの活用が求められている。土砂災害対策では、コストが高く設置箇所が限定される専用システムに代わり、安価な IoT センサを活用した研究が進められている。IoT のデータ収集には、Pub/Sub モデルが広く利用されている。Pub/Sub モデルは、送受信者が中継サーバ (Broker) を介してデータのやり取りを行う通信モデルである。多数の IoT デバイスからなる大規模システムでは、Broker に負荷が集中する。Skip Graph をベースとした分散型トピックベース Pub/Sub 手法 [1] (以降 SG-TBPS と呼ぶ) では、配信経路長がトピック参加ノード数 M に対し $O(\log M)$ に削減されている。文献 [2] は、SG-TBPS における各ノードに経路表を保持させ、低負荷時にはシングルホップによるメッセージ配信が可能な手法 (以降 ATM-TBPS と呼ぶ) である。しかし、既存手法では、重要度の高いメッセージのリアルタイム性については考慮されていない。提案手法では、Publisher から発行されるメッセージ優先度によって探索手法を変えることで、重要度の高いメッセージのリアルタイム性を向上させる。

2 Skip Graph を用いたトピックベース Pub/Sub 手法

SG-TBPS は、トピックベースの Pub/Sub メッセージングにおいて配信経路の短縮による遅延削減と価値密度の低いデータの削減を実現するために提案された、Skip Graph [3] を用いた手法である。Skip Graph を用いた広域ネットワークのエッジに配置した多数の Broker がオーバーレイネットワークを形成する。各ノードはトピックおよびノード識別子 (Publisher/Subscriber) を Key とし、Skip Graph を用いたトポロジを形成する。このことから、配信経路長は参加ノード数 M に対し、 $O(\log M)$ となる。ATM-TBPS では、SG-TBPS を拡張し、経路表構築アルゴリズムを導入することで、負荷分散性と低遅延性を両立する手法を提案している。この手法では、Subscriber 数が経路表サイズよりも十分に小さいトピックに対して、関連する Broker 群を利用してシングルホッ

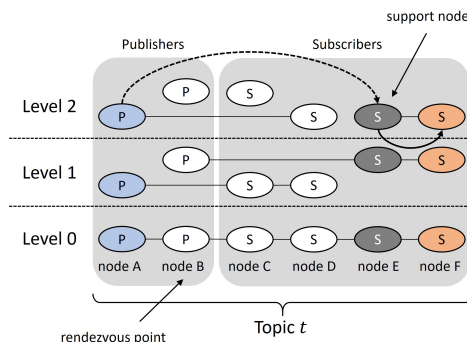


図 1 優先度を考慮したメッセージ配送

プの局所オーバーレイネットワークを構築し、低遅延性を重視した効率的な配送を実現している。

3 提案手法

3.1 既存手法の問題点

IoT デバイスでは絶え間なくデータが生成・送信されている。突発性の高い土砂災害等において、災害発生時の状況把握や被害予測に IoT センサを用いる場合、送信されるメッセージの重要度を考慮し、重要度の高いメッセージについては優先的に処理する必要がある。SG-TBPS は、Publisher 群が同一トピックに対応する Subscriber の不在を検知し、絶え間なく生成されるデータの中から無駄な配送を削減する仕組みを提供している。しかし、この手法ではメッセージの優先度を考慮した配送制御が行われていない。そのため、IoT デバイスから大量のメッセージが送信される環境下では、重要度の高いメッセージを優先的に配送することができないという課題がある。

3.2 優先度を考慮したメッセージ配送手法

メッセージ優先度を考慮し、メッセージ配送において重要度の高いメッセージのリアルタイム性を向上させる手法 PSG-TBPS を提案する。まずメッセージに優先度情報領域を確保する。優先度情報領域には、IoT デバイスがメッセージを発行する際に、優先度情報を格納する。国土交通省では、天候の状態に応じて、土砂災害の危険度を示す土砂災害警戒情報が制定されている。メッセージ優先度は、土砂災害警戒情報の警戒レベルを参考

に、レベル5を最も重要度の高いものとし、5段階の優先度メッセージが存在すると仮定する。図1に本手法の概要を示す。本手法ではメッセージ優先度に応じて、同一トピック内の Publisher から Subscriber への探索手法を変化させる。重要度の高いメッセージでは、サポートノードを用いて並列探索する。サポートノードの数量は、メッセージの優先度レベルと Skip Graph の最大レベル数に応じて決定される。これにより、重要度の高いメッセージでは同一トピック内の Subscriber までの配信経路長が短縮される。重要度の最も低いメッセージでは SG-TBPS と同等の効果が見込まれるよう、サポートノードは利用されず、SG-TBPS と同様に自身のノードのみから探索を開始する。

3.3 経路表によるシステム負荷の削減手法

PSG-TBPS では、高優先度メッセージの配送時に、Subscriber への探索手法が要因で、転送メッセージ数の増加によるシステム負荷が問題となる。そのため、ATM-TBPS[2] での経路表構築アルゴリズムに優先度情報組み合わせた手法 PATM-TBPS を提案する。これにより、システム全体の負荷削減と重要度の高いメッセージのリアルタイム性を両立させる。ATM-TBPS では、経路表にエンTRIES を無条件に追加し、経路表サイズを超えたとき、経路表からエンTRIES をひとつ選択し削除する。そのため、エンTRIES 削除に伴う、経路表の更新が必要となる。ATM-TBPS では、経路表の更新の際、定義した経路表間の順序関係を用いて優良な経路表を選択することで削除するエンTRIES を決定する。以下のポリシーの順で、優良な経路表であると判断される。

1. Skip Graph の各レベル隣接ノードに相当するノードをエンTRIES として保持
2. 同一トピックの subscriber ノードをエンTRIES として保持
3. 各レベルで同数のエンTRIES を保持
4. 高レベルのノードをエンTRIES として保持
5. 自ノードに近いキーを持つノードをエンTRIES として保持

提案手法では、以上の順序条件の最上位に、「高優先度トピックに属する Subscriber を優先的に保持」という条件を追加する。これにより、高優先度トピックの Subscriber ノードが経路表で優先的に保持される。高負荷のトピックでは、優先度の高いメッセージを優先した負荷分散行われ、低負荷トピックについては、シングルホップの低遅延性を優先した配送が実施される。

4 評価

提案手法の有用性をシミュレーション環境により評価する。物理ノード数を 10,000 とし、各ノードが平均 5 つのトピックに Publisher または Subscriber として参加

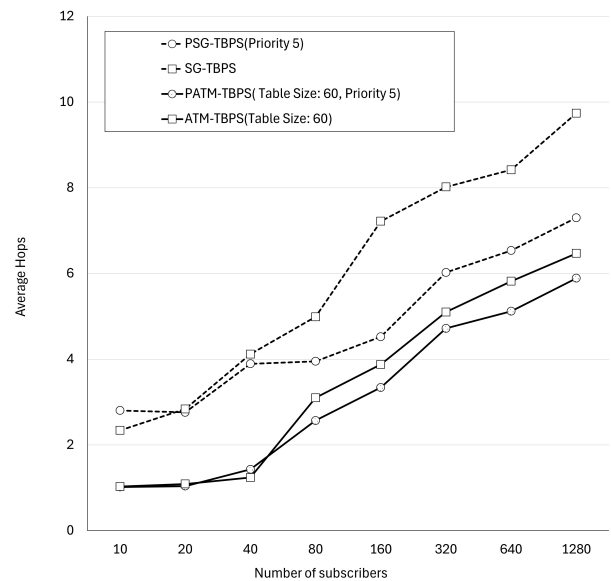


図2 平均配信経路長

する。各トピックは Publisher 数を 1 とし、Subscriber 数を 10 から 1280 まで変化させたときの、平均配信経路長を測定した。図2は、各手法の平均配信経路長を測定したものである。図2より、SG-TBPS と提案手法 PSG-TBPS では、提案手法の方が平均配信経路長が少ない傾向にあることが分かる。また、ATM-TBPS と提案手法 PATM-TBPS では、平均配信経路長に大きく差は出なかった。このことから、優先度を考慮した環境においても、定義した経路表間の順序関係を用いて優良な経路表を選択す手法は有効であると考えられる。

5 おわりに

災害発生時等、IoT デバイスからのメッセージがひっ迫する環境下で、重要度の高いメッセージのリアルタイム性を向上させる手法として、PSG-TBPS および PATM-TBPS を提案し、その有用性を評価した。

参考文献

- [1] R Banno, S Takeuchi, M Takemoto, T Kawano, T Kambayashi, M Matsuo: Designing Overlay Networks for Handling Exhaust Data in a Distributed Topic-based Pub/Sub Architecture, Journal of Information Processing, Vol.23, No.2, 2015.
- [2] R Banno, K Shudo: Adaptive topology for scalability and immediacy in distributed publish/subscribe messaging. In Proceedings of the 2020 IEEE 44th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Madrid, Spain, 13–17, 2020.
- [3] J. Aspnes and G. Shah: Skip Graphs, ACM Transactions on Algorithms (TALG), vol.3, no.4, pp.37:1–37:25, 2007.