

2018 年度若手研究者共同研究プロジェクト実施報告書

法政大学総長 殿

以下のとおり研究実施報告書を提出します。

基 本 情 報	研究課題名：大規模分散システムにおける不正情報流防止方式の研究
	研究代表者 氏名： 中村 繁成
	(在籍者) 研究科・専攻・学年：理工学研究科・システム理工学専攻・博士後期課程 2 年 (修了者) 所属・職種：
	指導教員(所属・職・氏名)： 滝沢 誠 1 (※在籍者のみ記入)
	共同研究者(所属・職・氏名)： (※指導教員と同人の場合は記入不要)
	その他 研究分担者：
	研究期間： 2018 年度 ～ 2019 年度 (※研究修了年度を記載)
年 間 の 研 究 実 施 概 要	※研究計画の進捗状況を中心に今年度の研究実施状況を記載してください。 ネットワークに接続した複数のデバイスが協調動作を行う分散システムは、世界的規模で広く利用されてきている。分散システムでは、イベント駆動型のトピックベースな Publish/Subscribe (PS) モデルが分散システムの新しいモデルとして着目されている。subscriber プロセスは、興味があるイベントをトピック集合等により示す(subscribe)。これに対し、publisher プロセスはsubscriber によって示されたトピックに関する応用レベルのイベントメッセージを発行(publish)する。イベントメッセージは、そのイベントに興味のあるsubscriber のみに届けられる。PS モデルでは、各プロセスは、イベントを発行するpublisher とイベントメッセージを受け取るsubscriber のいずれかの機能しか持たない。これに対して、各プロセスがpublish とsubscribe の両方を行えるピア(プロセス)から構成されるpeer-to-peer (P2P) 型の分散型PSモデルにおいて、オブジェクトに着目した Peer-to-Peer Publish/Subscribe with Object concept (P2PPSO) モデルを考える。P2PPSO モデルでは、各イベントメッセージが運ぶ情報をオブジェクトとして考える。各オブジェクトに含まれる情報は、トピックの集合により示される。各ピアが持つ情報は、ピアの保持するオブジェクトのトピック集合により示される。各オブジェクトは、そのオブジェクトを保持するピア間で同期される。故に、あるピアが保持するあるオブジェクトの内容の変更は、他のピアが保持する同一のオブジェクトにおいても適用される。 P2PPSO モデルでは、ピアはイベントメッセージを受信した後に、イベントメッセージを発行できる。故に、あるピア p_i がイベントメッセージ e_i を受信した後にイベントメッセージ e_i を発行することで、e_i が運ぶオブジェクトが e_i により他のピア p_j に届けられることによる情報流が生じる。このような P2PPSO モデルでは、あるピア p_i が subscribe 可能でないトピックに関するオブジェクトが、ピア p_i に流れてしまう不正情報流が生じてしまう問題がある。これに対して、研究代表者の先行研究では、最初に、トピックベースアクセスコントロール(TBAC)モデルを考えている。各ピアには、あるトピック t に対して何の操作 op を行えるか、即ちpublish、subscribeを行えるかを示すアクセ

ス権 $\langle t, op \rangle$ が付与される。各ピア p_i がpublishとsubscribeを行えるトピックの集合をそれぞれ p_i, P, p_i, S としている。次に、TBACモデルに基づいてピア間での情報流関係を論理的に明確に定義している。このような定義に基づいて、不正情報流の生じる可能性のあるオブジェクトの配送を行うピアにおいてこれを禁止することにより、不正情報流を防止するTopics-of-Objects-Based Synchronization (TOBS)方式を以下の論文で新たに提案している。

S. Nakamura, T. Enokido, M. Takizawa: Information Flow Control in Object-Based Peer-to-Peer Publish/Subscribe Systems, accepted for publication at *Concurrency and Computation: Practice and Experience (CPE)*, 2019.

本論文では、不正情報流を生じさせるイベントメッセージ数、オブジェクト数の観点で TOBS 方式をシミュレーションにより評価している。配送されたイベントメッセージの内のおよそ 80%が不正情報流を生じさせる可能性があるが、オブジェクトの観点では、配送されたオブジェクトの内のおよそ 25%が不正情報流を生じさせる可能性があることを示している。

P2PPSO モデルでは、各ピアにおいて受信されたイベントメッセージが因果順序順に配送される必要がある。TOBS 方式では、各イベントメッセージは、発行された順番で受信されることを仮定し、受信されたイベントメッセージはすぐに配送される。したがって、各ピアにおいて受信されたイベントメッセージは因果順序順に配送される。しかし、全イベントメッセージが必ず発行された順番で受信されるとは限らない。例えば、あるピア p_i がイベントメッセージ e_i を発行した後に、他のピア p_j がイベントメッセージ e_j を発行したとしても、 e_j を e_i より先に受信するピアが存在する可能性がある。このような場合、各ピアにおいて受信されたイベントメッセージが因果順序順に配送されるとは限らない。したがって、イベントメッセージがどのような順番で受信されたとしても、各ピアにおいて受信されたイベントメッセージを因果順序順に配送しながら不正情報流を防止する方式である TOBS with Causally Ordering delivery (TOBSCO)方式を以下の論文で新たに提案している。

S. Nakamura, T. Enokido, M. Takizawa: Causally Ordering Delivery of Event Messages in P2PPSO Systems, accepted for publication at *Cognitive Systems Research (CSR)*, 2019.

本論文では、因果順序順に配送されないイベントメッセージ数と配送時間(イベントメッセージが受信されてから配送されるまでにかかる時間)の観点で TOBSCO 方式をシミュレーションにより評価している。発行されるイベントメッセージの増加に伴って因果順序順に配送されないイベントメッセージ数が線形に増加する TOBS 方式に対して、TOBSCO 方式では因果順序順に配送されないイベントメッセージが一切生じないことを示している。一方で、各イベントメッセージの遅延時間が増加しても配送時間が一定に保たれる TOBS 方式に対して、TOBSCO 方式では配送時間が線形に増加してしまうことを示している。

TOBSCO 方式では、各オブジェクトは、そのオブジェクトを保持するピア間で同期される。したがって、あるピアが保持するオブジェクトの内容の変更は、他のピアが保持する同一のオブジェクトにおいても適用される。このとき、当該オブジェクトがどのように変更されたかを示すイベントメッセージが発行される。ここで、あるピアがオブジェクトを変更しても、当該オブジェクトのトピックが変わらない場合を考える。このとき、「ピアはオブジェクトを alter する」と定義する。TOBSCO 方式では、オブジェクトのトピックとピアが subscribe 可能なトピックに基づいて不正情報流を防止している。したがって、トピックの変更を伴わないオブジェクトの更新を、他のピアが保持する同一オブジェクトに対しても適用することは、不正情報流を防止する観点では無意味なものである。したがって、各ピアが保持するオブジェクトを alter されたオブジェクトと同期させるために発行されるイベントメッセージは、不正情報流を防止する観点では無意味なものとなる。以下の論文では、各ピアにおいて無意味なイベントメッセージを発行することを禁止することで、システム全体で交換されるイベントメッセージ数を低減できる Efficient TOBSCO (ETOBSCO)方式を新たに提案している。

S. Nakamura, T. Enokido, L. Barolli, M. Takizawa: Efficient Information Flow Control by Reducing Meaningless Messages in P2PPSO Systems, *Proc. of the 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA-2019)*, Matsue, Japan, Mar. 2019, pp.108-119.

本論文では、配送されるイベントメッセージ数と更新遅延時間(オブジェクトが alter されてから他のピアが保持している同一オブジェクトが同期されるまでにかかる時間)の観点で ETOBSCO 方式をシミュレーションにより評価している。ETOBSCO 方式では、TOBSCO 方式に比べて、システム内で配送されるイベントメッセージ数を低減できる一方で、alter されたオブジェクトの更新遅延時間が増加してしまうことを示している。

研 究 業 績	成果発表（学会・論文・研究会等）		
	学会・論文・研究会等の別	タイトル	発行または発表年月
	Concurrency and Computation: Practice and Experience (CPE) (accepted)	Information Flow Control in Object-Based Peer-to-Peer Publish/Subscribe Systems	筆頭, 査読有
	International Journal of Web and Grid Services (IJWGS) (accepted)	A Fault-Tolerant Tree-Based Fog Computing Model	査読有
	Cognitive Systems Research (CSR) (accepted)	Causally Ordering Delivery of Event Messages in P2PPSO Systems	筆頭, 査読有
	Proc. of the 13th International Conference on Broad-Band Wireless Computing, Communication and Application, pp. 125-134	Evaluation of Object-Based Information Flow Control in P2PPS Systems	2018 年 10 月 筆頭, 査読有, 口頭
	Proc. of the 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications, pp.108-119	Efficient Information Flow Control by Reducing Meaningless Messages in P2PPO Systems	2019 年 3 月 筆頭, 査読有, 口頭
研 究 業 績	その他（アピールすることがあればご記入ください。）		
	上記以外に、国際会議論文に 8 件(査読有, 口頭)の論文が採録されている。		