

トークンリングアルゴリズムを用いた 複製オブジェクト環境におけるメッセージ配送方式

A Message Delivery Method to Replicated Objects Utilizing the Token Ring Algorithm

笠井 康寛[†]
Yasuhiro Kasai

植田 亘[‡]
Wataru Ueda

高田 秀志[†]
Hideyuki Takada

1. はじめに

企業を始めとした組織では、複数人で協調して行われる作業が多い。また、教育機関においても、複数の学習者が協調して学習するような授業も見られる。このような中で、リアルタイムな協調作業は、例えば、作業の効率化や、参加者間のインタラクションを通じたアイデアの創造などの効果が見込める。しかし、協調作業を支援するシステムの開発には、通信処理やノード管理など、多くの協調システムに共通する煩雑な機能を実装する必要がある。したがって、このようなリアルタイムな協調作業システムの開発基盤が存在すれば、システム開発者の負担を減らすことができる。

そこで我々は、リアルタイムな協調システムの開発基盤である、“CUBE”の構築を行っている [1]。CUBEは、オブジェクトの共有を行う複製オブジェクト環境を提供する。複製オブジェクト環境とは、各端末にオブジェクトの複製を配置し、ある端末上でのオブジェクト間のメッセージパッシングを他の全ての端末に伝達することにより、端末間でオブジェクトの共有を実現する環境である。複製オブジェクト環境においては、複数の端末上で同時にメッセージパッシングが発生した場合など、メッセージパッシングの到達順が各端末で異なり、複製の一貫性が破綻する可能性がある。そこで、一貫性を保障するために、メッセージパッシングを伝達するメッセージが、各ノードに一樣な順で到達する配送方式が必要となる。

本稿では、複製オブジェクト環境において、トークンリングアルゴリズムを利用した、メッセージの到達順が保障されるメッセージ配送方式を提案する。トークンリングアルゴリズムを利用することで、メッセージの発行を行う端末は1つに限られ、メッセージは、複製オブジェクト環境全体での発行順でトークンに保持される。更に、全ての端末がトークンに保持された順番でメッセージを処理することで、メッセージの処理の順序を全ての端末で共有することができる。

2. 複製オブジェクト環境

複製オブジェクト環境とは、端末間のオブジェクト共有を実現する環境である。複製オブジェクト環境では、各端末に、複製されたオブジェクトが配置されている。その上で、各端末において複製オブジェクトに行われた更新は、他の全ての端末に伝達される。

2.1 オブジェクト複製の仕組み

オブジェクト複製の仕組みを図1に示す。各端末それぞれに、オブジェクトの複製が配置される。ある端末に

おいてメッセージパッシングが発生すると、発生したメッセージパッシングの情報は他端末に通知される。通知を受けた端末はローカルで同じ内容のメッセージパッシングを発生させる。こうして、すべての端末上の複製されたオブジェクトの状態が同一に維持される。

このように、常に状態が同一に保たれた複製オブジェクトが配置されているということは、すなわち論理的に一つのオブジェクトが共有されているということに言い換えられる。

どの複製オブジェクトも同一の状態を保持するので、オブジェクトの複製によるオブジェクト共有では、特定の複製オブジェクトにアクセスが集中することがない。また、オブジェクトの共有に関して、単一障害点ができにくい。

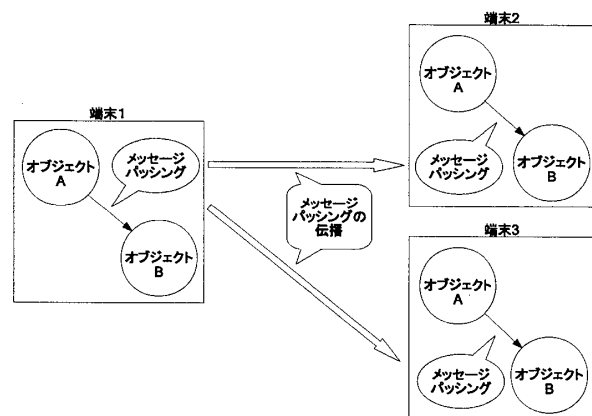


図1: オブジェクト複製の仕組み

2.2 複製オブジェクト環境における複製一貫性の破綻

複製オブジェクト環境において、同時に複数のメッセージパッシングが発生した場合を考える。この時、同時に発生したメッセージパッシングは、各端末において異なる順番で処理される。更に、メッセージパッシングが、各端末において異なる順序で処理されると、多くの場合、同一に保たれるべき複製オブジェクトの状態が端末ごとに異なってしまう。このような複製の一貫性破綻を防ぐために、各端末で発生したメッセージパッシングの処理の順番を保障する仕組みが必要となる。

[†]立命館大学大学院 理工学研究科

[‡]立命館大学 情報理工学部

3. トークンリングアルゴリズムを利用したメッセージ配送方式

各端末で発生したメッセージパッシングの処理順を全ての端末で同一にするためには、まず、メッセージパッシングを伝達するメッセージが、すべての端末に同じ順で配送される必要がある。メッセージの到達順を保障するためには、システム全体において発行された順にメッセージを順序づけ、その順番通りに各端末に配送すればよい。このような条件を満たすメッセージ配送方式として、トークンリングアルゴリズムを利用したメッセージ配送方式を用いる。

3.1 メッセージ発行の順序づけ

まず端末は、図2に示されるように、あらかじめ決められた順番に、リング状に配置される。その上で、リングに沿って順にトークンが受け渡される。また、端末で発行されたメッセージはトークンに乗せられ、他の端末に配送される。ただし、メッセージの発行が許されるのは、トークンを所持している端末に限られる。

このような方法を取り、更に、リング上を巡回するトークンをただ1つに限定する。そのような状況では、1つの端末がメッセージを発行するとき、他の端末はメッセージの発行を行うことができない。加えて、トークンは決められた順番で移動することから、メッセージは1つずつ順番に発行されることになる。そこで、メッセージは、発行されるごとにトークンに追加されることで、システム全体で発行された順に、トークンに保持されることとなる。

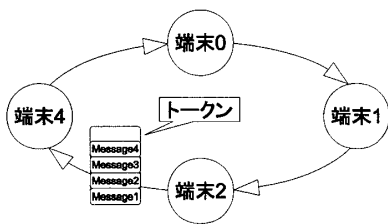


図2: リング状に配置された端末

3.2 メッセージ発行順の共有

順序づけたメッセージを全ての端末で共有する仕組みを考える。本手法ではトークンがメッセージとその順序を保有することで、全ての端末に到達するメッセージの順序が同一になる。端末がトークンを受信する過程を図3に示す。トークンを受信した端末は、まず、トークン上のメッセージバッファを取得する。メッセージバッファには、各端末で発行されたメッセージが、発行順に格納されている。続いて、端末はバッファから取り出したメッセージを発行順に処理する。ただし、メッセージが重複して処理されるのを防ぐために、端末は、もし受信したトークンに以前に自分の発行したメッセージがあれば、トークンから破棄する。こうして、トークンに乗っていたすべてのメッセージの処理が終わると、端末はメッセージの発行が許される。

図4は、メッセージを発行した端末が、トークンを送信するプロセスを図示したものである。メッセージを発行した端末は、ローカルでメッセージを処理する。次にその端末は、トークン上のキューに自分の発行したメッセージを追加する。最後に、リングの順にしたがって、次の端末にトークンを送信する。トークンを送信した端末は、メッセージの発行権を失う。

このようにして、メッセージは全ての端末に、発行された順番で到達する。したがって、メッセージは全ての端末で同一の順で到達することになる。更に、端末は到達順通りにメッセージを処理するため、全ての端末でメッセージの処理順が同一になる。

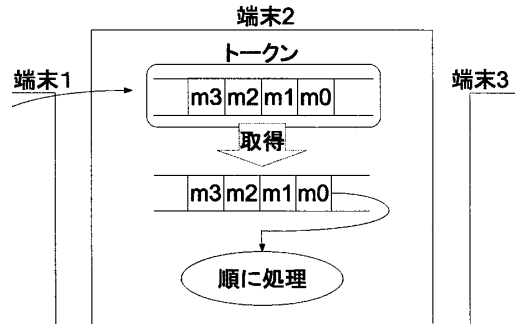


図3: トークンの受信

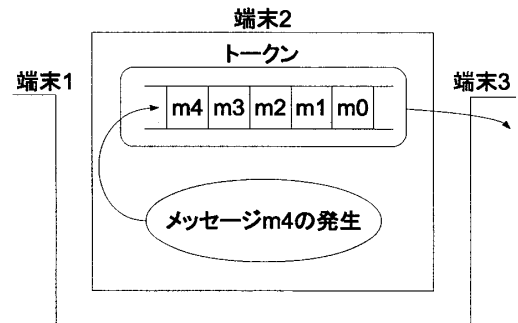


図4: トークンの送信

4. おわりに

本稿では複製オブジェクト環境における、トークンリングアルゴリズムを用いたメッセージ配送方式を提案した。本手法を用いることで、複製オブジェクト環境において、複製の一貫性を保障することができる。今後は、実装、および性能評価を行い、トークンの最適な滞在時間の決定や、トークンリングの構築機能の付加などを行う。

参考文献

[1] Shogo Noguchi, Hideyuki Takada "CUBE: A Synchronous Collaborative Applications Platform Based on Replicated Computation," Proceedings of the Fifth International Conference on Collaboration Technologies, pp.19-24, CollabTech2009, 2009.