

Raft入門

Riku Mochizuki

moz at sfc.keio.ac.jp

Raft

Raftはノード間でステートマシンの一貫性を担保するためのアルゴリズムです。

Raftは線形化可能性を保証します。

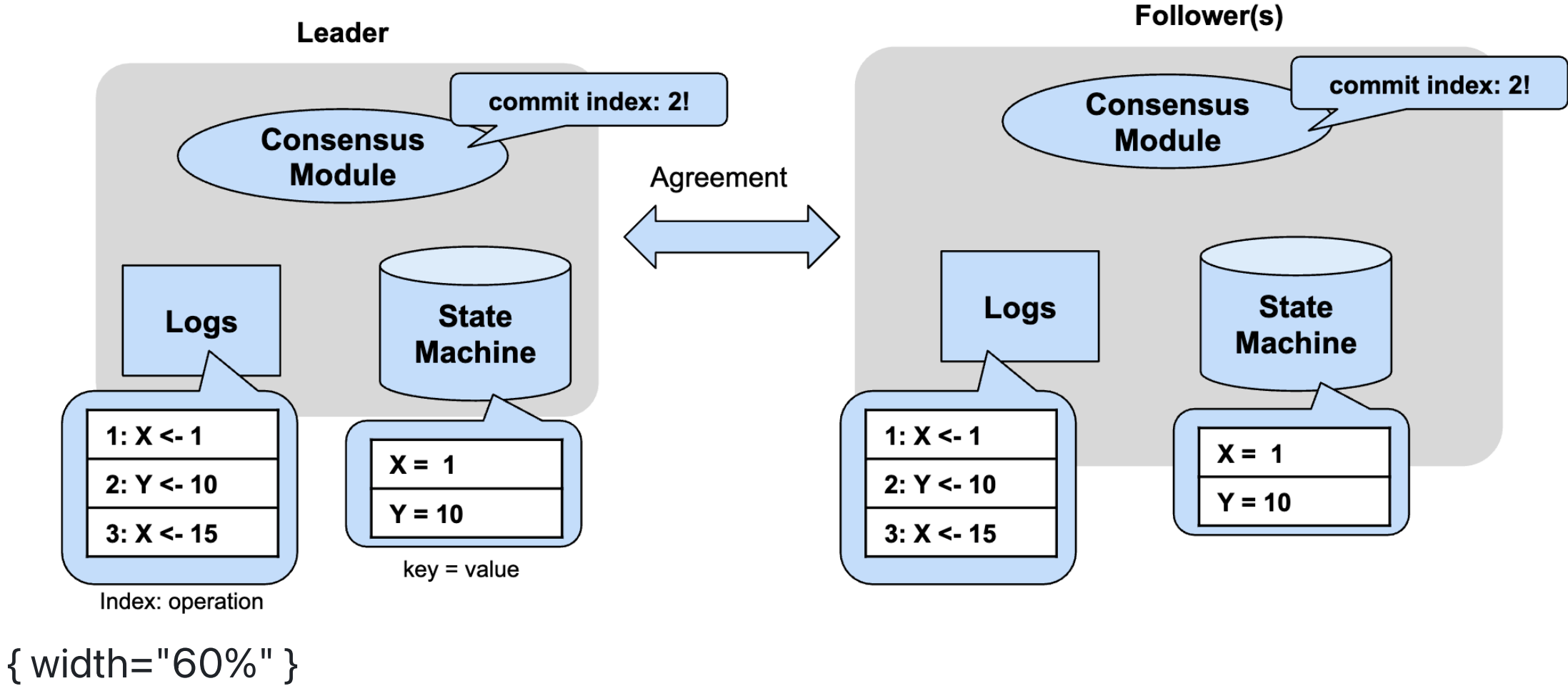
このアルゴリズムは分散型データベースやブロックチェーン、コントロールプレーンなど、様々なデータストアで利活用されています。

元論文: [In Search of an Understandable Consensus Algorithm - USENIX'14](#)

Raftの構造

Raftは主に3つのパーツから成り立っています。

1. **コンセンサスモジュール**: 他のノードと通信を行い、合意アルゴリズムを実行する。
2. **ログ**: 合意を獲得した/獲得するログエントリを保存する。
3. **ステートマシン**: 合意を獲得したログエントリを実行したキーバリューストア。ステートマシンの状態はすべてのノードで同じになる(ただし、ノードがアクティブな場合に限る)。



ノードの状態

1. フォロワー (Follower)

クラスター内のデフォルトの状態、リーダーからの指示を待ち、リーダーや候補者になるまで受動的な役割を果たします。

2. 候補者 (Candidate)

リーダー選挙に参加するためにフォロワーから昇格した状態で、リーダーになることを目指して他のノードに投票を依頼します。

3. リーダー (Leader)

クラスター内の単一のノードで、クライアントからのリクエストを処理し、フォロワーにログエントリを複製してクラスター全体の操作を調整します。

一般にフォロワー -> 候補者 -> リーダーという順に推移します。

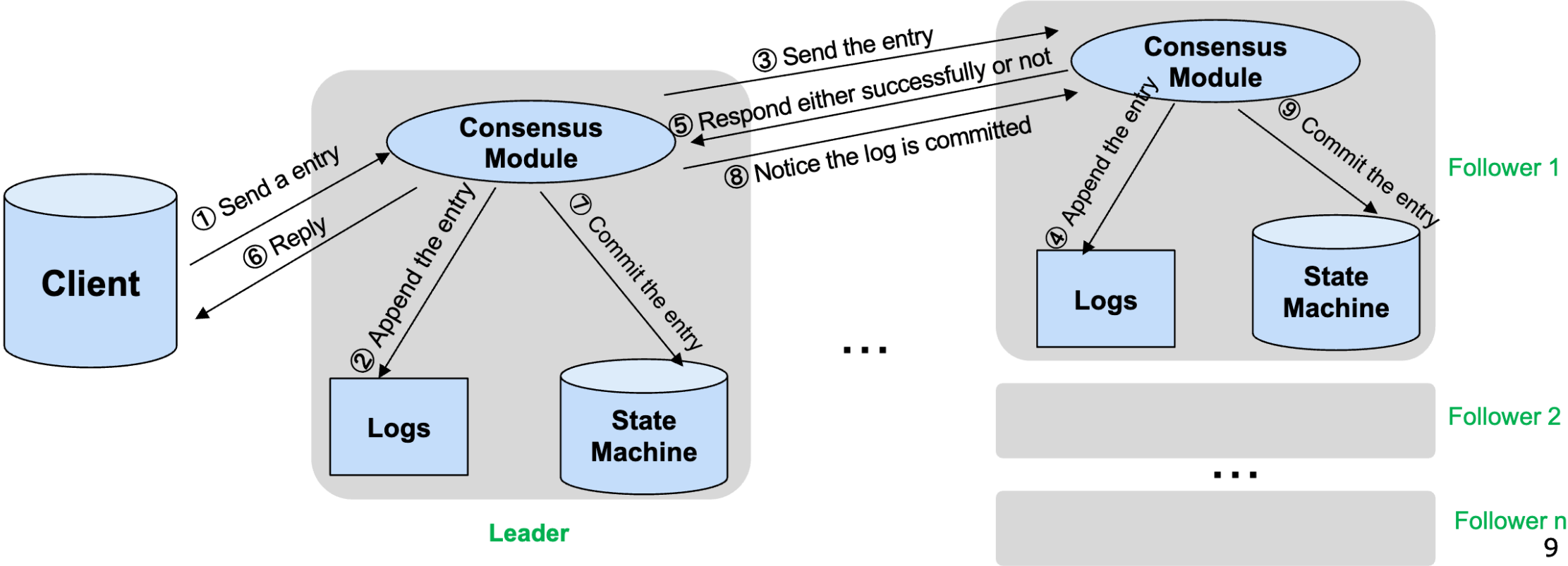
Raftの処理

Raftは主に2つの処理から構成されます。

- **ログエントリーの追加:** ログエントリーの合意をノード間で取得し、ステートマシンにログエントリを適用する一連のプロセス。
- **リーダー選挙:** Raftでは合意にリーダーというノードが必要となる。そのノードをクラスター（ノードの集合）から決める一連のプロセス。

ログエントリーの追加

ログエントリーの合意をノード間で取得し、ステートマシンにログエントリを適用する一連のプロセスを説明します。



{ width="60%" }

ログエントリーの追加 - 手順 1-3

1. クライアントからリーダーにエントリを送信する

クライアントは、リーダーとなっているノードにエントリを送信します。

2. リーダーのログにエントリを追加する

リーダーは受け取ったエントリを自身のログに追加します。

3. エントリをフォロワーに送信する

リーダーは、ログに追加したエントリをすべてのフォロワーに送信します。

ログエントリーの追加 - 手順 4-6

4. フォロワーのログにエントリを追加する

フォロワーは、リーダーから受け取ったエントリを自身のログに追加します。

5. リーダーに対して成功または失敗を応答する

フォロワーは、エントリが正常にログに追加されたかどうかをリーダーに通知します。

6. クライアントに応答する

リーダーは、フォロワーからの応答を受け取り、エントリがコミットされたかどうかをクライアントに返答します。

ログエントリの追加 - 手順 7-9

7. リーダーの状態機械にエントリをコミットする

リーダーは、ログエントリが確定したと判断すると、それを自身の状態機械にコミットします。

8. フォロワーにログがコミットされたことを通知する

リーダーは、ログエントリがコミットされたことをフォロワーに通知します。

9. フォロワーの状態機械にエントリをコミットする

フォロワーは、リーダーからの通知を受け取り、自身の状態機械にエントリをコミットします。

リーダー選挙

リーダーノードをクラスター（ノードの集合）から決める一連のプロセスを説明します。

リーダー選挙 - 手順 1-3

1. リーダーの不在を検知する

フォロワー（Follower）ノードは、一定期間リーダーからのハートビートメッセージを受信しない場合、リーダーがダウンしたか、ネットワーク障害が発生したと判断します。

2. フォロワーから候補者（Candidate）に昇格する

ハートビートの欠如を検知したフォロワーは、自身を候補者（Candidate）に昇格させます。候補者はリーダーになることを試みます。

3. 選挙タイムアウトのリセットと任期の増加

候補者に昇格すると、選挙タイムアウトをランダムな期間にリセットし、自身の任期（term）を1つ増やします。

リーダー選挙 - 手順 4-6

4. 他のノードに投票要求を送信する

候補者は、他のすべてのノードに対して投票要求（RequestVote RPC）を送信します。この要求には、候補者の任期と自身のログ情報が含まれます。

5. 他のノードの応答を受け取る

他のノードは、投票要求を受け取ると、自身の状況に応じて投票するか否かを決定します。投票の条件は以下の通りです：

- そのノードがまだ投票しておらず
- 候補者のログがそのノードのログと同じかそれより新しい場合

6. 過半数の票を獲得する

候補者が過半数の票を獲得した場合、その候補者はリーダー（Leader）に選出されます。

リーダー選挙 - 手順 7-9

7. リーダーとしての活動を開始する

新しいリーダーは、フォロワーに対して定期的にハートビートメッセージを送信し、リーダーとしての地位を保持し続けます。

8. 他の候補者がリーダーを発見する

他の候補者が過半数の票を獲得できなかった場合、リーダーとして選出されたノードからのハートビートを受け取ると、フォロワーに戻ります。

9. タイムアウトにより新たな選挙が発生する可能性

選挙が終了せず、候補者が過半数の票を得られない場合は、新しい選挙タイムアウトが発生し、新たな選挙が開始される可能性があります。これにより、選挙がリーダーを選出するまで繰り返されます。

シミュレーター

Raftの動作を視覚的に確認できるサイト:

- [raft-consensus-simulator](#)
- [raft.github.io](#)

おすすめ文献

- [Raft Presentation](#)