

学生番号	14232008	氏名	井戸 崇裕
論文題目	ブロックチェーンネットワークにおける DNS シードを利用したピア接続性の評価に関する研究		

## 1 はじめに

仮想通貨の1つであるビットコインの供給/流通を支えるブロックチェーン技術は、金融のみならず他分野への応用が期待されている。その実現基盤となるネットワークは分散型であり、複数ノードの障害にも対応できることが特徴である。しかし、新規ノードのブロックチェーンネットワークへの参加方法により、一部の管理ノードへの負荷集中が懸念される。そこで本研究では、効果的な分散型ネットワーク構築のため、管理ノードの IP アドレスリストを管理・提供する DNS シードを用いる場合の問題点についてシミュレーションにより調査し、改善手法について検討する。

## 2 ブロックチェーン技術

仮想通貨の使用により発生する複数の取引記録(トランザクション)によりブロックと呼ばれる台帳が生成され、時系列に沿って連結されたブロックチェーンを複数ノードにおいて分散管理する。管理ノード間は、P2P 接続に基づく分散ネットワークが構成されるため、新規参加ノードは、以下の2方式により、既存ノードとの接続性を確保する必要がある。

1. ブロックチェーン構築ソフトウェアにハードコードされた IP アドレスを有するノードに接続。
2. DNS シードから既存ノードの IP アドレスを取得し、接続。

1は、確実にブロックチェーンネットワークの構成を可能とするが、少数ノードへの負荷集中が発生する。2は、DNS シード数や登録 IP アドレス数により、接続性の確立に問題がある。

## 3 シミュレーションと評価指標

新規ノードのネットワーク接続に2.2のDNSシードの利用を想定する。構成ノード数  $N$  に対して、DNSシード数を  $N_s$ 、1DNSシードにおける登録IPアドレス数を  $N_a$  とし、 $N$ のうちランダムに選択される。全ノードが一斉にネットワークに参加することを仮定し、各ノードはランダムに1台のDNSシードにIPアドレスリストを問い合わせ、1つのIPアドレスをランダムに選択し接続する。ここで、ノード  $i$  の接続率および全ノードの平均接続率を以下のように定義する。 $n_i$  は、ノード  $i$  と通信可能となるノード数とする。

$$\text{ノード } i \text{ の接続率} = \frac{n_i}{N-1}, \quad \text{平均接続率} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{n_i}{N-1}$$

平均接続率について以下の2パターンを調査する。

1. 各ノードは  $N$  を未知とし、 $N_s$  と  $N_a$  による接続性の確立について調査し、全ノード数  $N$  に対する適切な  $N_s/N_a$  を求める。
2. 各ノードは  $N$  を既知とし、各ノードはDNSシードに問い合わせ接続した後、接続率を計算する。その値が閾値  $\alpha$  未満の場合、再度IPアドレスを選択し、接続先を変更する。この時、再接続回数と平均接続率の関係から最適な再接続閾値  $\alpha$  を求める。

## 4 シミュレーション結果および考察

全ノード数  $N=1000$  とする。各ノードは  $N$  を未知とした場合、 $N_s$  と  $N_a$  に対する平均接続率を図1に示す。この図より平均接続率  $\leq 1$ 、すなわち各ノードの接続台数が  $N-1$  未

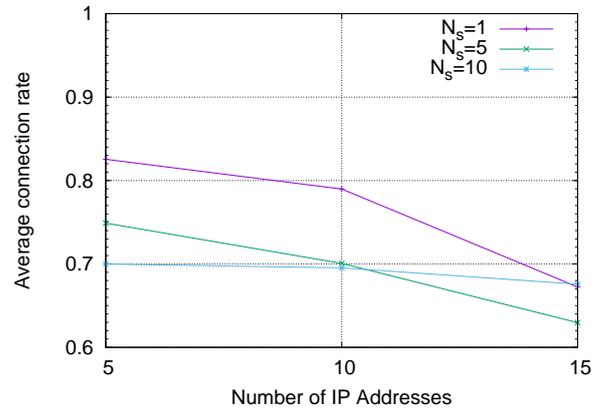


図1:  $N_s$  と  $N_a$  に対する平均接続率の関係

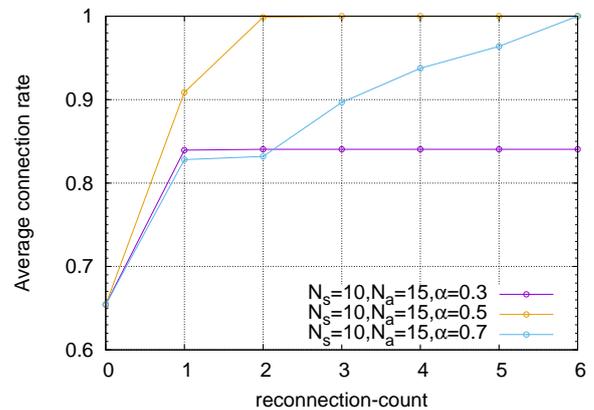


図2: 再接続閾値  $\alpha$  の平均接続率に対する影響 ( $N_s=10, N_a=15$ )

満であるため、構成ネットワークは分断されることがわかる。 $N_a$ の増加に伴い、平均接続率は減少することがわかる。しかし、 $N_s=10$ の場合の平均接続率の減少度合いは小さく、 $N_a=15$ の時、 $N_s=1, 5$ と比較して、 $N_s=10$ の平均接続率が高くなる。よって、 $N=1000$ において  $N_s=10$ 程度、 $N_a \geq 15$ が適切と考えられる。

各ノードが  $N$  を既知とした時、 $N_s=10, N_a=15$ の再接続回数に対する平均接続率を図2に示す。ここで再接続判定閾値  $\alpha = 0.3, 0.5, 0.7$  と設定する。この図より、再接続回数の増加に伴い、平均接続率が増加するが  $\alpha=0.3$ の場合、1に達しないことがわかる。これは、 $\alpha=0.3$ の場合構成ネットワークが分断されているにも関わらず、再接続を実施するノードが少ないためである。一方  $\alpha \geq 0.5$  とすることで平均接続率が1、すなわち全ノードとの接続性が確立されるが、 $\alpha=0.7$ と大きく設定した場合、冗長な再接続を行なっていることがわかる。よって、再接続を実施する場合の適切な再接続閾値は、 $\alpha=0.5$ 程度となる。

## 5 まとめ

本研究では、DNSシードによるブロックチェーンネットワーク構築において、全ノードが一斉に接続することを仮定した時の適切なDNSシード数や登録アドレス数を見積もり、再接続により接続性を確保する条件を示した。