

# IPFSにおけるキャッシュを用いた DHT探索時間の低減

NS研究会  
2025年10月10日

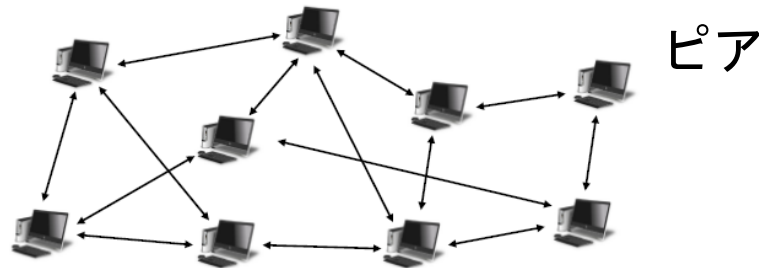
立命館大学 情報理工学部  
福岡佳奈 上山 憲昭

# IPFS (InterPlanetary File System)

---

## ■ IPFS (InterPlanetary File System)

- P2Pネットワーク上で、自律的にデータを分散して保存・配布
- 各ピア(ノード)がコンテンツを保持し、ハッシュ値(CID)で識別
- 中央のサーバを持たず、耐障害性・可用性が高い



## ■ コンテンツ探索

- DHT探索によってCIDに対応するピアを発見
- ネットワーク全体で効率的にルーティング

# DHT (distributed hash table)

---

## ■ DHT

- 分散型ハッシュテーブル
- 各ピアが一部のキーとノード情報を管理
- キー(CID)→ピア(PID)の対応を分散して保持

## ■ DHTウォーク

- ルーティングテーブルを参照し、目的CIDに近づく
- CIDとPIDのXOR距離が近いピアに問い合わせることで、コンテンツの保有ピアを発見できる可能性が向上
- $O(\log N)$ ステップでノードを探索可能

## ■ Kademlia

- DHTの一種
- IPFSはKademliaの拡張機能

# Kademlia

## ■ 探索

### ■ 初期ピアの選択

- k-bucketsからCIDに近いピアを $\alpha$ 個選択・探索リストに追加

### ■ 並列問い合わせ

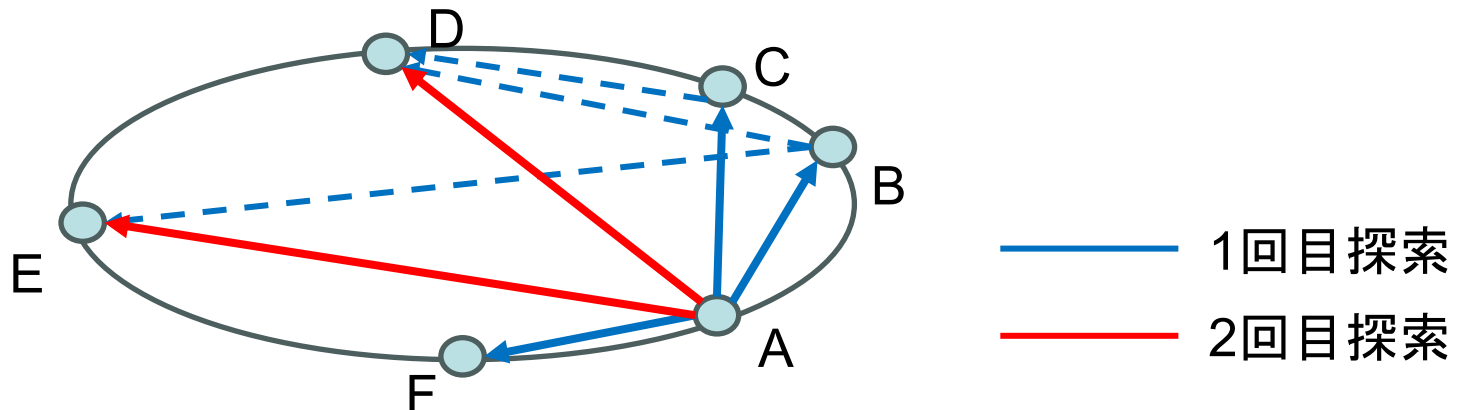
- 探索リスト内のピアにCIDを並列問い合わせ

### ■ 探索の反復

- 新しいピアが見つからなくなるか、CIDに最も近いk個のピアがすべて応答するまで繰り返す

### ■ 探索の完了

- XOR距離が最も近いk個のピアの情報が発見



# 課題

---

- ピア選択時に物理的な位置を非考慮
  - CIDとXOR距離が近いPIDを有するピアを選択
  - 各ピアが存在する位置が考慮されない⇒ 遅延の増大
- ピア数が増加するほど、DHT探索に要する遅延や処理負荷が増大

# 研究目的

---

## ■ 既存研究

- DHTに関する様々なキャッシュ手法の研究

→IPFSに特化したDHT探索遅延低減の未評価

## ■ 本研究の目的

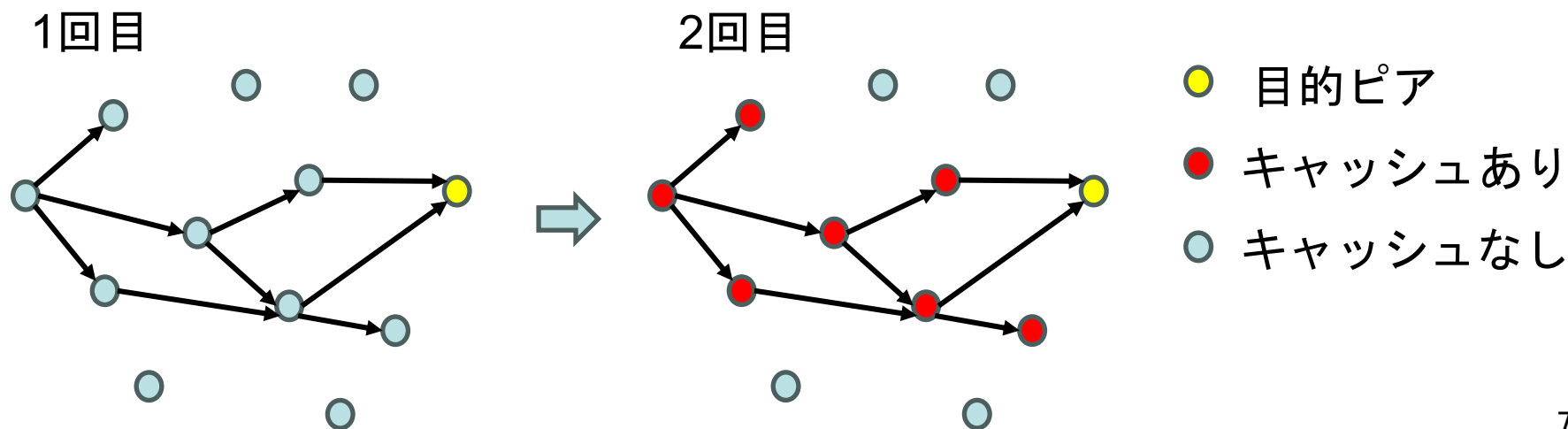
- Publisher情報を探索経路上にキャッシュすることで, IPFSのGET処理(コンテンツ取得)に要する時間を低減
  - Publisher情報・・・コンテンツを保持しているノードの情報

# 提案方式

## ■ キャッシュ機能

- DHT探索時に探索経路上のノードの情報(PID, IP)を記録
- 発見されたPublisher情報(CID, PID, IP)を経路上の全ノードに通知
- 通知を受けたノードは取得した情報をキャッシュ

- 2回目以降, 同じCIDに対する要求受信時はキャッシュ情報を利用して探索をショートカット



# 評価条件

---

## ■ 比較方式

- キャッシュありの場合と、なしの場合の平均ホップ数とキャッシュヒット率を比較

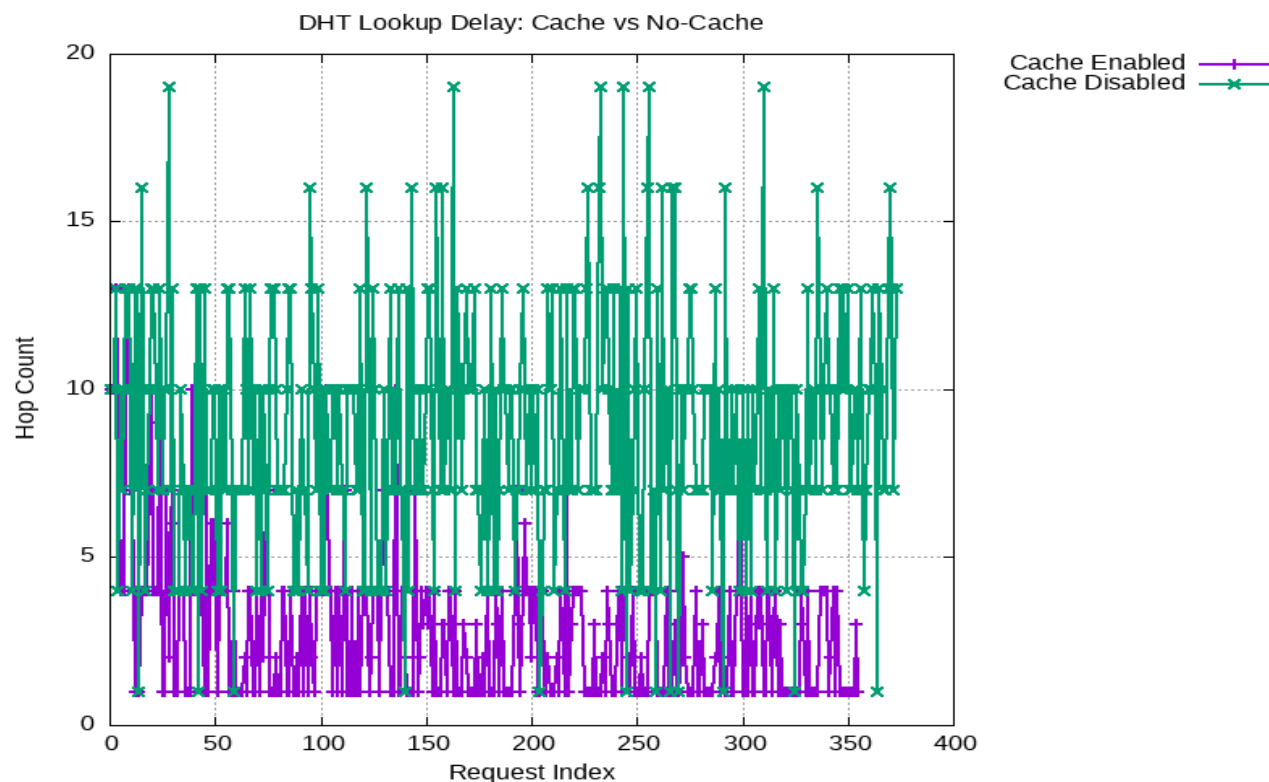
## ■ 本研究で構成したIPFS

- ノード数: 10000
- キャッシュサイズ: 20
- Zipf分布のパラメータ: 0.8



# キャッシュ機能の性能評価 (1)

- リクエスト数TOP1のCIDのホップ数の推移
  - 紫: キャッシュあり
  - 緑: キャッシュなし
  - 縦軸: リクエストごとのホップ数
  - 横軸: リクエスト数



# キャッシュ機能の性能評価 (2)

- リクエスト数TOP1のCIDによる平均ホップ数の比較(CID数: 1000)

リクエスト数(回)	1000	5000	10000
キャッシュあり	4.06	2.73	2.27
キャッシュなし	9.47	9.03	9.15

- キャッシュヒット率

リクエスト数(回)	1000	5000	10000
キャッシュヒット率(%)	30.2	52.4	62.2

- リクエストが増加するほど、キャッシュありのホップ数が減少、キャッシュヒット率が増加
  - 探索経路上のノードに人気のコンテンツのキャッシュが配置されるため

# キャッシュ機能の性能評価 (3)

- リクエスト数のTOP1のCIDによる平均ホップ数の比較(リクエスト数:10000)

CID数(個)	100	1000	5000
キャッシュあり	1.88	2.27	2.72
キャッシュなし	8.94	9.15	8.80

- キャッシュヒット率

CID数(個)	100	1000	5000
キャッシュヒット率(%)	87.3	62.2	34.3

- コンテンツが増加するほど、キャッシュありのホップ数が増加、キャッシュヒット率が減少
  - コンテンツが多様化するほど、キャッシュの効果が減少

# まとめ

---

- 本研究では, IPFSのDHT探索時間の低減を目的として経路上のノードへのキャッシュを提案
  - IPFSのDHT探索経路上のノードにキャッシュの効果について, ホップ数を計測
  - リクエスト回数が増加するほど平均ホップ数の減少, キャッシュヒット率の向上
  - キャッシュの有効性を確認
- 今後について
  - キャッシュの配置の検討
  - ピニングとキャッシュの組み合わせ
    - ピニング・・・IPFS上で特定のコンテンツを永続的に保持