

地理情報を考慮した分散ハッシュテーブルの構築法に関する検討

日大生産工(学部) ○金古 有紗
日大生産工 新井 雅之

1. はじめに

分散ハッシュテーブル (Distributed Hash Table : DHT) は、多数のデータを複数のノードに均一に分散することで負荷の分散を行い、P2P (Peer-to-Peer)によって高速な探索が可能なシステムである。ファイル共有や分散データベースへの応用が広く研究されている[1]。DHT はハッシュ値によってノード間の論理的な決定をするため、実際には遠距離に存在するノード間でクエリが転送される可能性がある。文献[2]では物理ネットワークの状況を考慮した階層型分散ハッシュ法について提案されている。

本研究では、リング型の DHT である Chord 及び Symphony を対象とし、地理情報に基づいて構築されたリング上における探索効率について評価を行う。リング構造内で近傍に配置されたノード同士は、地理的な距離も近いものと仮定する。シミュレーションによって任意のノードを起終点とする探索におけるホップ数とクエリ転送距離を評価し、ノードがランダムに配置されている場合と比較する。

2. 分散ハッシュテーブル Chord と Symphony

DHT では、各ノードは ID などの情報から求まるハッシュ値に基づいて P2P オーバレイネットワーク上に配置される。キーと値のペアから成るデータに対しても、キーに基づいてハッシュ値が計算され、各ノードは自分のハッシュ値によって決まるハッシュ空間の一部に対応するデータのみを記憶する。DHT の代表的なアルゴリズムとして Chord が挙げられる[1]。

ChordのID空間は0～ N までの整数に基づく、リング構造のオーバレイネットワークを利用したものである。ノードとデータはハッシュ値に従ってリング上に配置される。

あるデータは、リング上で時計回りに直後のノードに記憶される。各ノードは隣接ノード、及び

$2^n (n = 0, 1, \dots, \log_2 N)$ ごとに離れたノードへのショートカットリンクを持ち、これらのリンク上でクエリを転送しデータの探索を行う。

図1にChordにおけるリング構成とデータ探索を示す。ショートカットリンクは破線で表す。ノード3から 2^4 先のショートカットリンクはノード26を指す。 2^5 先のショートカットリンクはノード47を指す。ノード3を起点としてデータ28の探索を始めたとしても、ショートカットリンクを使ってノード26にクエリが送られる。ノード26の隣接ノードはノード32(>28)であるため、ノード32がデータ28を格納していることがわかる。ノード26がノード32にクエリを転送し、探索は終了する。すなわち、ホップ数は2である。

Symphonyはスモールワールド現象を応用したDHTのアルゴリズムである。ID空間は Chord 同様リング構造である。ただし、ショートカットリンクは、遠距離ノードに対してリンクが張られにくくなるように確率的に決定される。

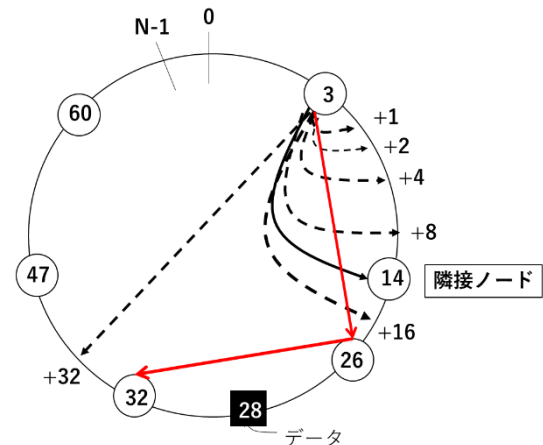


図 1. Chord におけるリング構造とリンクの構成

Note on Distributed Hash Table Systems Considering Node Geographic Information

Arisa KANEKO, Masayuki ARAI

3. 地理情報を考慮した分散ハッシュテーブルの構築法

3-1. 評価モデル

本研究ではChord及びSymphonyを対象として、リング構造内で近傍に配置されたノード同士は地理的な距離も近いと仮定し、探索におけるホップ数とクエリ転送距離の評価を行った。図2に、リング上のある2点 s 、 t 間のクエリ転送距離の算出例を示す。 s 、 t 間の距離は、弦の長さ c に等しいとした。すなわち、以下の式で与えられる。

$$c = 2r \cdot \sin \frac{\theta}{2}, \quad (1)$$

ただし、

$$\theta = 2\pi \cdot \frac{t-s}{N} \quad (2)$$

である。本研究ではリングの半径 $r = 1$ とした。

3-2. シミュレーションによる評価

上記評価モデルに基づく探索の効率をシミュレーションにより評価した。

ノード数を100、各ノードが持つ最大のショートカットリンク数を16、リング構造の最大番号 N を65,536にそれぞれ設定した。また、ノードとショートカットリンクはランダムに決定した。任意のノードを起点とし、任意のデータ番号を探索する試行を10万回繰り返し、ホップ数及び式(1)に基づく距離の総和を求めた。ここで、ショートカットリンクを用いない場合、ノード数1000における期待ホップ数は $\log_2(1000/2) = 8.97$ となる。

シミュレーション結果を図3に示す。図3より、ショートカットリンクを使用することによって、ホップ数が5.83まで削減されることが分かった。この値は従来手法、提案手法で同一である。

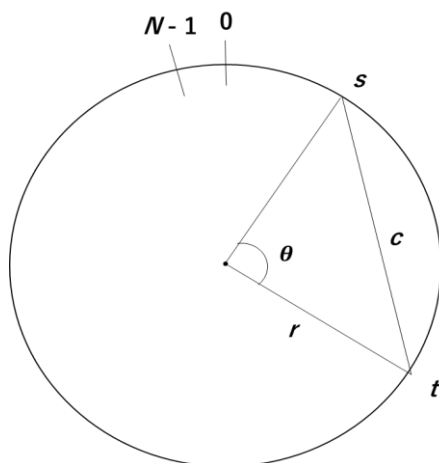


図2. 評価モデルにおける図

一方、従来手法におけるクエリ転送距離は7.4であったのに対し、提案手法では1.8となった。すなわち、地理情報を考慮したリング構造により、平均距離は1/4に削減された。

提案手法ではノード位置をランダムに設定しているため、2ノード間の円周上での距離の期待値は半周分(π)である。従来手法では、平均してリング1周以上のクエリ転送を行っていることになる。地理情報を考慮することによって、クエリ転送に必要な距離は円周の約28%となった。

4. まとめ

本報告では、リング型のDHTであるChordを対象とし、地理情報に基づいて構築されたリング上における探索効率に関する評価を行った。地理情報を考慮することによって、クエリ転送に必要な距離は従来の転送距離に比べ、円周の28%に削減された。

現在、効率的なショートカットリンクを持つSymphonyに対して実験中である。

参考文献

- [1] 齊藤賢爾, 高野祐輝, “現実世界の条件に適応する分散ハッシュテーブル”, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J96-D, No. 6, pp. 1433-1466, 2013年.
- [2] 羽場裕介 松尾啓志, “物理ネットワークの状況を考慮した階層型分散ハッシュ法の提案”, 情報処理学会研究報告, 2006-MBL-36(8), pp. 43-46, 2006年.

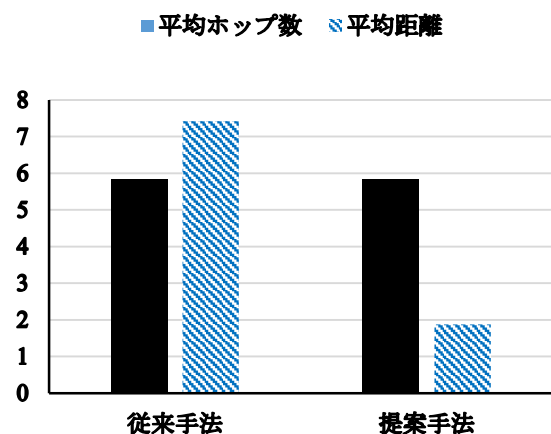


図3. 提案手法と従来手法の平均ホップ数と平均距離