

## コンテンツ指向型ネットワークにおけるユーザ位置に基づいた 協調キャッシュ容量割当アルゴリズム

### A New Algorithm for Collaborative Cache Allocation Based on the Distance from Users

青木 美帆<sup>†</sup> 重安 哲也<sup>‡</sup>  
Miho Aoki Tetsuya Shigeyasu

#### 1. はじめに

NDN (Named Data Networking)[1] では、中継ルータ CR (Contents Router) にコンテンツをキャッシュし、それを将来の配信に利用することでネットワーク全体のトラフィック量と応答時間を削減する。このインターネットネットワークキャッシュでは、ユーザに近い CR 上のキャッシュほどその後再利用される効果が高い。これまで我々は、ユーザと隣接する CR にキャッシュされるコンテンツがバッファオーバーフローによって破棄される際は、上流 CR に転送することで、仮想的に重要コンテンツのキャッシュ容量を増加させた [2]。

しかし、同手法では、サーバから離れたユーザが要求したコンテンツほど多くの CR 上で保持される。そのため、要求されるコンテンツのパターンがユーザ間で異なる場合は、ユーザのネットワーク上の位置によってキャッシュヒット率に不公平状態を生じる。

そこで、本稿では、この問題を解決するためにユーザのネットワーク上の位置に基づいた新たなキャッシュ容量割当アルゴリズムを提案するとともに、計算機シミュレーションにより、提案手法はユーザ間のキャッシュヒット率の不公平状態を改善することを明らかにする。

#### 2. 仮想的なキャッシュ容量増加手法

NDN では、ユーザに近い CR 上のキャッシュほど再利用される効果が高い。我々はこれまで仮想的に重要コンテンツのキャッシュ容量を増加させる VCM (Virtual Capacity Multiplication) を提案した [2]。

同手法では、ユーザと隣接する CR を ER (Edge Router) , ER にキャッシュされるコンテンツを EC (Edge Cache), それ以外にキャッシュされるコンテンツを RC (Relay Cache) とする。また、EC を重要コンテンツとみなし、キャッシュオーバーフローが発生した際は、RC を EC より優先的に破棄する。EC がオーバーフローによって破棄される場合には、自身の上流 CR に破棄対象の EC を転送し、保持を依頼する。

VCM は、NDN で一般的に採用されている LRU (Least Recently Used) よりもキャッシュヒット率を向上できる。しかし、オーバーフローにより EC は上流 CR へ転送されるため、特に、サーバから離れたユーザが短時間で多くのコンテンツを要求する場合は、そのユーザの EC がネットワーク上の CR のバッファを占有し、

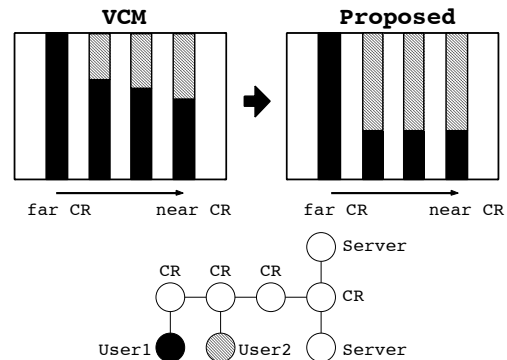


図 1: バッファ容量割り当てイメージ

ユーザ間でキャッシュヒット率に不公平状態を生じる。

#### 3. ユーザ位置に基づいたキャッシュ容量割当アルゴリズム

本稿では、VCM の問題点を解決するために、VCM にユーザのネットワーク上の位置に基づいたキャッシュ容量割当アルゴリズムを導入する。

具体的には、各 CR がコンテンツを要求したユーザと自身の距離に応じてバッファ容量を割り当てる。提案手法では、各 CR は、自身に近いユーザが要求したコンテンツには多く、そうでないコンテンツには少なくバッファ容量をそれぞれ割り当てる。これにより、各ユーザに対して割り当てるネットワークのバッファの総和を均等化する。結果として、ユーザ間でのキャッシュヒット率の差の軽減が期待できる (図 1 参照)。

提案手法では、バッファが EC で埋まった場合は、割り振られた領域内で LRU によるキャッシュ管理を行う (図 2 参照)。一方、バッファに空きがある場合やキャッシュがバッファの上限まで達しているが RC が存在する場合は、空き部分、または RC を削除して EC を挿入するものとする。複数の RC キューが存在する場合は、LRU に従ってキャッシュ管理を行う。

#### 4. 性能評価

シミュレーション諸元を表 1, シミュレーショントポロジを図 3 に示す。

各オリジナルサーバは、500 個のコンテンツを保有する。また、User1 は '/host1/'、User2 は '/host2/' を Prefix に持つコンテンツを指数分布に従う間隔でランダムに要求する。本性能評価では、サーバから離れたユーザ (User1) が短時間に多くのコンテンツを要求す

<sup>†</sup> 県立広島大学大学院総合学術研究科, Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima

<sup>‡</sup> 県立広島大学経営情報学部, Faculty of Management and Information System, Prefectural University of Hiroshima

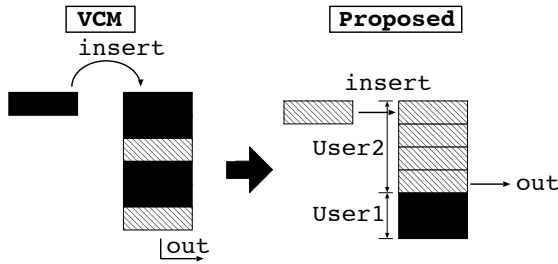


図 2: 提案手法における CS

Parameter	Value
Original Server	2
CR	4
User	2
Buffer Size	100 contents
Simulation Period	100 sec

るような場合でもユーザ間のキャッシュヒット率の不公平状態を提案手法が軽減できるかを評価するため、Interest の生成間隔は、10 [pkt/sec] を基本生成間隔とし、User1:User2 の Interest の生成間隔を 1:1, 2:1, 3:1, 4:1 の倍数となるように変化させる。提案手法におけるルータ 5 から 7 までのキャッシュ容量の割当比は、User1:User2 = 1:1, 1:2, 1:3, 2:3 の 4 パターンとする。

評価によって得られたキャッシュヒット率を図 4 に示す。同図より、提案手法は、VCM よりキャッシュヒット率が低下することがわかる。これは、提案手法では、各ユーザのキャッシュヒット率を公平にすることを目的に各 CR のバッファ容量を固定的に割り当てたため、VCM よりネットワーク全体の User1 のキャッシュヒット率が低下したからである。

次に、ユーザ間のキャッシュヒット率の公平性を測る指標として Jain の Fairness Index[3] を使用する。Fairness Index は、1 に近いほどネットワークが公平であることを示す。

本シミュレーションの結果を図 5 に示す。同図より、VCM は、User1 の生成数が増加するほどネットワーク上のキャッシュコンテンツ分布に不公平状態を生じるため、Fairness Index が低下することがわかる、

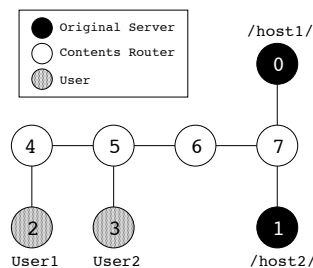


図 3: シミュレーショントポロジ

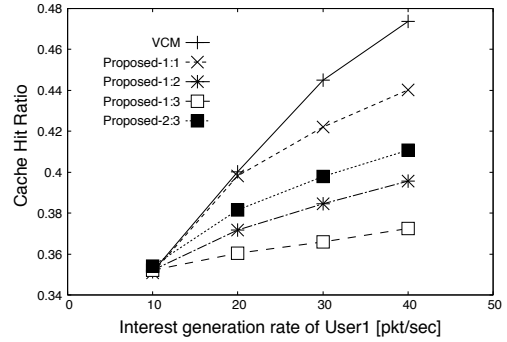


図 4: キャッシュヒット率

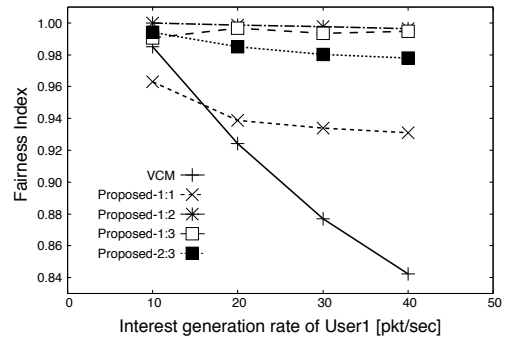


図 5: Fairness Index

一方、提案手法は、バッファ割当パターンに関わらずほとんどの場合で VCM より高い Fairness Index となった。また、Interest の生成数を増加させてもあまり公平性の低下が起こらないこともわかる。

### 5. おわりに

本稿では、これまでに我々が提案した VCM の問題を解決するユーザ位置によるキャッシュ容量割当アルゴリズムを提案した。

性能評価結果より、提案手法は、VCM と比べてキャッシュヒット率は低下するが、ユーザ間のキャッシュヒット率を公平にすることを明らかにした。

今後は、直線的なキャッシュ割り当てだけでなく、動的なキャッシュ容量割当アルゴリズムの検討が必要である。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K00132 の助成を受けたものです。

### 参考文献

- [1] V. Jacobson, D. Smetters, J. Thornton, et al : Networking named content, *Proc. of 5th International Conference on Emerging networking experiments and technologies*, pp.1-12, Roma (2009).
- [2] M. Aoki, and T. Shigeyasu: Effective content management technique based on cooperative caching on Content Centric Networking, *Proc. of 5-th International Workshop on Collaborative Enterprise Systems*, pp.335-340, Taipei, (2017).
- [3] D-M. Chiu, and R. Jain : Analysis of the increase and decrease algorithms for congestion avoidance in computer networks, *Journal on Computer Networks and ISDN Systems*, Vol. 17, pp. 1-14 (1989).