

徳永 大貴, 湯 素華

電気通信大学

1 概要

自動運転を支える技術として、車車間通信の研究が行われている。先行研究においては、Content Centric Network (CCN) [1] を応用し、通信効率を上げた例が存在する [2]。しかしこの方法では、近隣の車両が保持しているキャッシュを利用できない、近隣の車両と同じデータをキャッシュとして保持する場合に性能が限られるという問題がある。

本検討方式では、車車間通信の更なる効率化のために、キャッシュの管理にクラスタを用いて近隣車両のバッファを一元管理する。これにより、近隣の車両のキャッシュを利用することができ、さらに近隣車両間で重複したデータをキャッシュとして保存することを防ぐ。

2 先行方式

車車間通信におけるキャッシュ管理の先行方式として、CCN[1] を応用した [2] が挙げられる。

CCN では、コンテンツを要求する際にコンテンツ提供者向けに Interest パケットを送信する。このパケットを中継するノードは要求コンテンツを所有しなければ、Interest パケットの送信元ノードの情報と、要求コンテンツの情報を Pending Interest Table (PIT) に記録し、同時に Forwarding Information Base (FIB) を参照して、Interest パケットを転送する。もし Interest パケットを受信したノードが要求コンテンツを所有している場合、それを Data パケットとして返送する。Data パケットを受信したノードは、FIB に記録した情報を元に、このパケットを要求ノードに転送するとともに、Content Store (CS) にキャッシュとして保存する。これにより、同じコンテンツが再び要求されたときに、応答時間を短くすることができる。

[2] は CCN を車車間通信に応用することで、通信効率を上げることが出来たが、この方法では Interest パ

ケットが通過した車両のキャッシュのみが考慮される On-path cache 方式を採用しており、近隣車両が要求コンテンツを持っていても Interest パケットを受信していなければ、そのキャッシュは利用されないという問題がある。また、近隣の複数の車両が同じコンテンツを別の経路で取得した場合、重複して保存してしまい、キャッシュの種類が減少し、通信効率が悪くなる。

3 検討方式

先述した [2] の問題を解決するため、本方式では Interest パケットが通過しない車両のキャッシュも利用する Off-path cache を用いる。図 1 に On-path cache と Off-path cache の違いを示す。以下、この図を用いて説明する。

Off-path cache を実現するため、複数の車両でクラスタを構成し、各車両に存在するキャッシュを分散的に一元管理する。これによって近隣車両がコンテンツを重複して保存することを防ぐ。

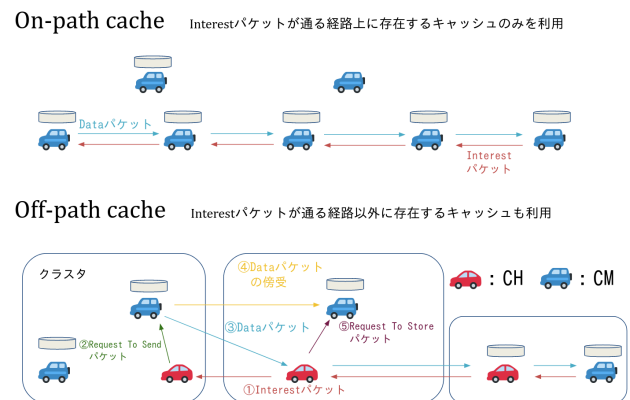


図 1 On-path cache と Off-path cache の違い

各車両は近隣の複数の車両とクラスタを構成する。各クラスタには一台クラスタヘッド (CH) が存在する。クラスタを構成する、CH 以外の車両をクラスタメンバー (CM) と呼ぶ。

CM はコンテンツを要求する際、CH に Interest パケットを送信する (図中①)。

Interest パケットを CH が受信するか、自端末がコンテンツを要求する際、CH は要求コンテンツを各 CM が

Efficient vehicle-to-vehicle communication by clustering-based cache placement
Hiroki Tokunaga and Suhua Tang
The University of Electro-Communications

キャッシュとして保存していないかをコンテンツテーブルを参照して確認する。もしそのようなCMが存在する場合、CHはそのCMにInterestパケットの送信元の情報を含めたRequest To Sendパケットを送信する(図中②)。そのパケットを受信したCMは、パケット内に格納されている送信先に、要求されているデータを含めたDataパケットを送信する(図中③)。もしどのCMもコンテンツを保持していない場合、後続のCHにInterestパケットを転送する。

DataパケットをCMが傍受する(図中④)と、パケットに含まれているコンテンツを一時バッファに保存する。その後CHからRequest To Storeパケットを受信する(図中⑤)と、コンテンツを一時バッファからCSに移動させる。一定時間内に受信しなかった場合、一時バッファに保存されているコンテンツを破棄する。CMはCHにコンテンツIDを含むSyncパケットを送信し、CHは各CMの車両IDと、CMが所有しているコンテンツのID、そしてタイムスタンプをコンテンツテーブルに記録する。

CHはDataパケットを受信すると、PITを参照してそれを要求車両に転送するとともに、もしコンテンツがまだクラスタ内に保存されていなければ、コンテンツバッファに空きがあるCM、もしどの車両のコンテンツバッファも満杯である場合、最も古いコンテンツを持つ車両を選び、Request To Storeパケットを送信する。

4 シミュレーション評価

4.1 シミュレーション条件

表1 シミュレーション条件

シミュレータ	Scenargie
通信プロトコル	802.11p
道路の形状	片側2車線
道路の長さ	4kmの直線道路
車両の台数	100台
車両の状態	ランダムな位置で停止
キャッシュの更新方法	LRU
シミュレーション時間	120秒
車両の通信範囲	200m
各車両の初期コンテンツ数	5
バッファ容量	0, 50 ... 400
Interestパケットの送信頻度	1秒
Syncパケットの送信頻度	1秒
クラスタの同期コンテンツ数	1
クラスタ直径	100m
データパケットのタイムアウト	0.5秒

表1にシミュレーション条件を示す。データパケットのタイムアウトとは、CMがコンテンツを一時バッファに保存する期間である。クラスタに関しては、シミュレーションの最初に道路をクラスタ直径で均等に分割し、最も車両IDの小さいノードをCHとして選択した。その後構成は変更しなかった。

4.2 シミュレーション結果

評価指標として、キャッシュ利用による通信経路の短縮を確認するため、要求コンテンツを受信するまでのホップ数を測定した。図2に結果を示す。

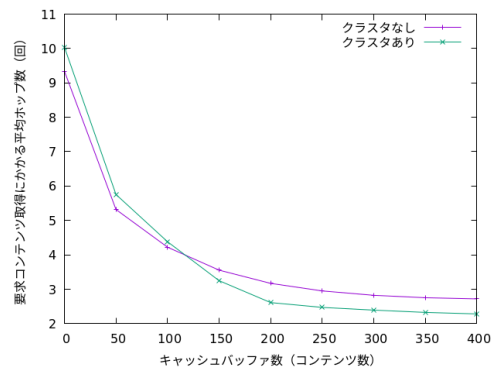


図2 要求コンテンツの受信にかかる平均ホップ数

クラスタあり(検討方式)の場合、キャッシュバッファサイズが大きい場合において、要求コンテンツのホップ数を削減させることができた。クラスタを利用することで近隣の車両のキャッシュを利用することができ、キャッシュヒット率が増加したためと考える。逆に小さい場合、Syncパケットの頻繁な送信やコンテンツの人気度を考慮していないなどの理由でホップ数は増加した。今後はこれらを考慮する必要がある。

5 終わりに

検討方式では、off-path cacheを利用することによってデータパケットのホップ数の改善ができた。今後は通信距離の違いを考慮した階層型クラスタリングを検討し、さらなるキャッシュ配置の効率化を図る。

参考文献

- [1] Van Jacobson, *et al.*, "Networking named content," ACM CoNEXT '09, p. 1-12, 2009.
- [2] T. Nakazawa, *et al.*, "CCN-based inter-vehicle communication for efficient collection of road and traffic information," *MDPI Electronics*, Vol. 9, No. 1, 2020.