

ダイナミックマップ 2.0 プラットフォーム
通信アーキテクチャ (ACCEAN) の研究

ダイナミックマップ 2.0 コンソーシアム

名古屋大学大学院情報学研究科附属 組込みシステム研究センター

2018年7月24日版

自動走行システム等の高度な交通サービスを支えるために必要な情報基盤であるダイナミックマップは、走行車両から発信されるプローブデータ(※1)を遅滞なく収集する必要があります。更に、ダイナミックマップが扱うエリアとコネクテッドカーの普及が今後進むと、同時に膨大な車両からのプローブデータの収集に対応しなくてはならなくなります。また、合流調停等の協調型サービスでは、車両は常に高速で移動しているため、運転に支障を来さぬ程度のレスポンスで調停メッセージ等を伝える必要があります。

これらの要件を満たすためにはクラウドによる一極集中管理では、コンピュータリソース処理負荷とネットワーク帯域負荷による遅延が懸念されます。この問題に対し、DM2.0コンソーシアムではクラウドと車両の間にエッジを挟んだ3層構造のネットワーク、すなわちエッジコンピューティングによる解決を一つの解として検討しています。これにより、車両と最寄りのエッジの間で収集や配信の処理をすることにより処理を分散し、ネットワーク負荷を軽減することによりリアルタイム性を高めようとしています。

しかし、コネクテッドカーを扱うエッジコンピューティングは、昨今話題となっている工場機器やスマートメータ等を対象としたIoTのように、あるデバイスに対応するエッジが固定であるエッジコンピューティングとは違い、デバイスがエッジ間を跨いで高速に移動するため、エッジと車両との接続方法や車両の管理方法が問題となります。

そこで、DM2.0コンソではこれらの問題を解決すべく、移動するコネクテッドカーからのプローブデータやコネクテッドカーに送られる配信データをストリームデータとして扱う、エッジコンピューティングを利用したダイナミックマップのソフトウェアプラットフォームの通信アーキテクチャ(ACCEAN※2)の研究を進めています。

※1 走行する車両内の各種センサから得られる車両位置情報や速度等の情報

※2 Architecture of Cooperative Cloud, Edge and Automotive Networks

■大量車両に対応した分散制御と通信手段

何千万台もの車両を繋ぎ、安全な運転制御のサポート情報などをやり取りするネットワークでは、1台の車両から秒間に数十も上がるプローブデータをクラウドで受けて処理をするにはネットワーク負荷、サーバ処理負荷、リアルタイム性確保の観点から妥当ではありません。

そこで、ACCEANは移動する車両からデータを受信するアクセスポイントや基地局の近くにエッジコンピュータを置き、一次処理や折り返し処理をしてクラウドに転送、または別のエッジや他の車両にプローブデータやサポート情報などを転送するために必要となる通信部を各クラウド、エッジ、車両に具備します。

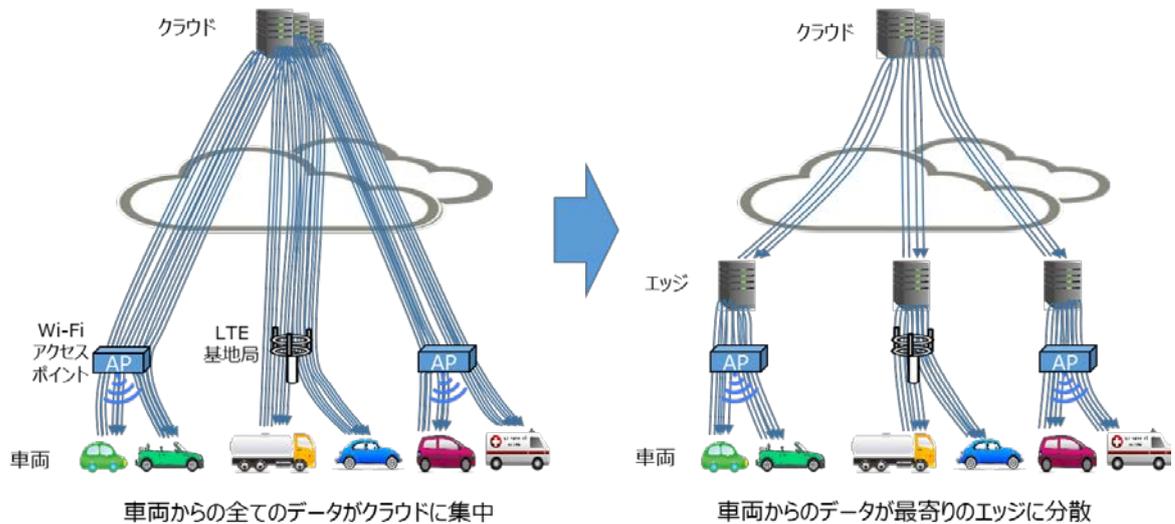


図 1 クラウド直接処理時(左)とエッジによる分散処理時(右)の通信状態の比較

エッジから車両への通信をユニキャストアドレスで行う場合、エッジは送信先の車両の IP アドレスを知る必要があります。したがって、エッジは車両からプローブデータ等のデータを受ける前は、車両に対して緊急車両情報などエッジからの自発的データを送ることが出来ません。また、ユニキャスト通信の場合は、車両毎に通信が発生し通信コストが大きくなります。

そこで、ACCEAN ではエッジから車両に対する通信にはマルチキャスト通信を利用します。各車両の通信部では受信したデータ内の宛先情報をみて受信/廃棄の判断をすることができます。これによりエッジが配下の車両のユニキャストアドレスを知らなくても送信することが可能になります。

また、同一のメッセージであれば複数の車両に同報通知することにより、ネットワーク内の通信輻輳を軽減できます。

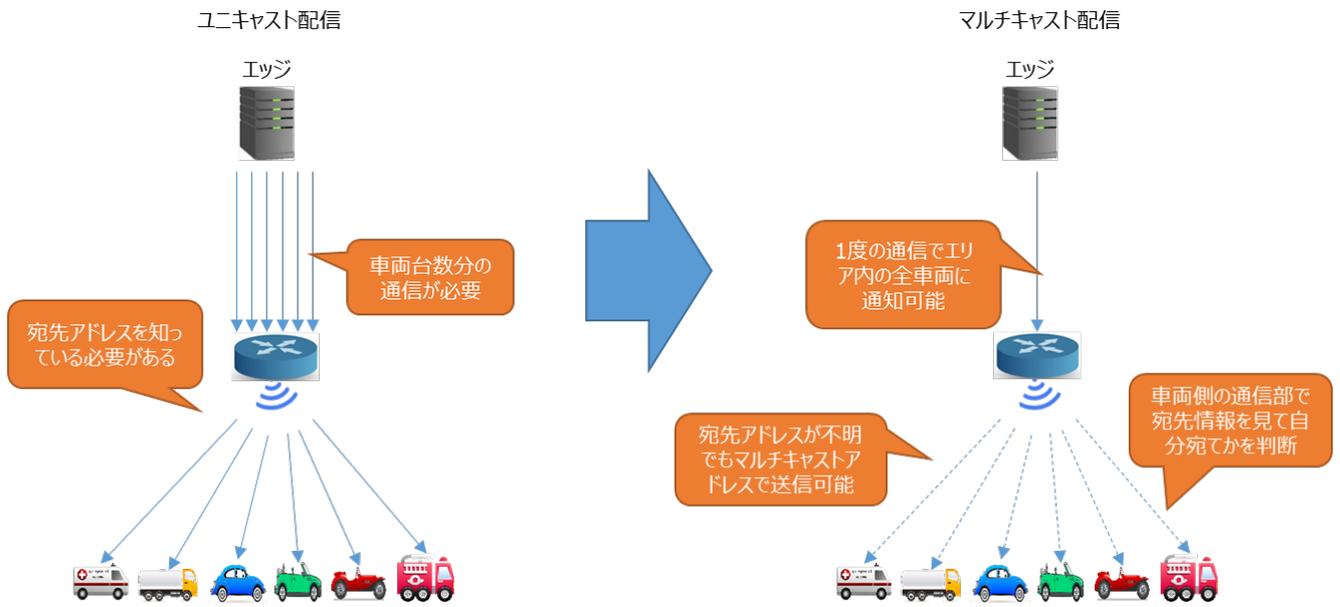


図 2 ユニキャスト通信時(左)とマルチキャスト通信時(右)の通信状態の比較

■移動する車両に対応した通信手段

エッジコンピューティングは IoT の応用例として既に工場内の制御やガス・水道などのメーターの管理などで使われ始めていますが、これらの固定されたデバイスと違い、車両は幾つものエッジを跨いで移動して走行するため、車両からエッジへの宛先 IP アドレスを一意に設定できません。

その解決策として、位置情報に対応する最寄りエッジの IP アドレスの紐付けた情報を各車両内部に事前に持たせる方法や、車両はデータを送信する前に、位置情報と最寄りエッジの IP アドレス情報を管理しているサーバに対して問い合わせをして、現在位置の最寄りエッジの IP アドレスを知るという方法があります。しかし、前者の場合、全てのエッジの情報を車両に持たせる必要や、各車両が保持している情報の更新処理が複雑になります。更に、無線通信をしていることから無線状況により必ずしも目的のエッジに繋がるとは限りません。一方、後者の場合、データを送るまでのネゴシエーションが多くなり、ネットワークの負荷、及び遅延につながる恐れがあります。

この問題を解決するため、ACCEAN では車両からの宛先 IP アドレスとしてエニーキャストアドレスを使用します。これにより、車両はどこにいても、また、クラウド、エッジのネットワーク構成を意識することなく、一つの IP アドレスを用いて最寄りのエッジにデータを 1 回で送信することができます。

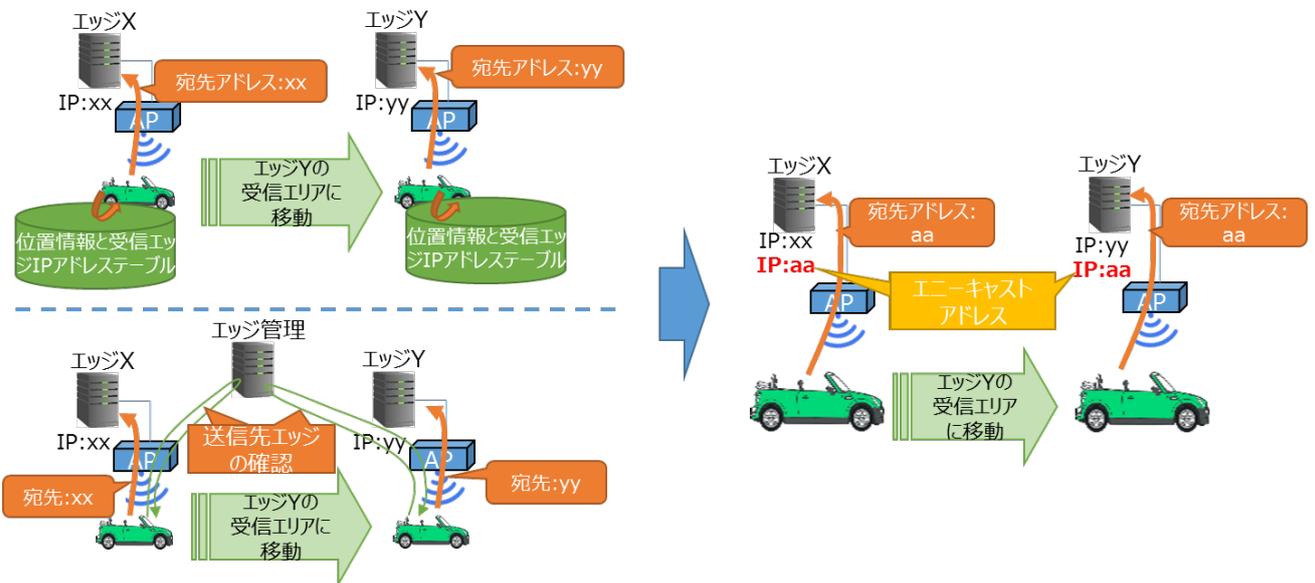


図 3 宛先のエッジの IP アドレスを車両内に持つ方法(左上)と管理サーバに問い合わせる方法(左下)とエニーキャストアドレスを利用する方法(右)の通信の比較

■ 車両受信エッジ管理による任意車両への通信と通信負荷軽減

車両からのデータの宛先が全てクラウドである中央管理型のシステムでは、クラウドから車両にデータを送る際には宛先が容易に判定できます。しかし、エッジコンピューティングを用いた分散システムにおいては、クラウドは車両からのデータを直接受信していないため、宛先特定ができません。

そこでエッジの通信部ではエッジが車両からプローブデータ等を受信した際に、受信した車両情報をクラウドに送信します。これによりクラウドではどのエッジがどの車両を受けたかがリアルタイムで分かります。この集約した情報を利用することにより移動している特定の車両に対してクラウドや、エッジ、若しくは別の車両からの通信が可能となります。

この方法ではエッジからクラウドへは受信エッジを特定する ID と車両を特定する ID のみのデータが送信されるので 1 台あたりのデータサイズが小さくなります。また、各エッジからは車両が受信エリアに入り最初に受信したときのみ、クラウドに通知します。この 2 つの機能により、各車両から全てクラウドに送信する方法に比べて、クラウド・エッジ間のネットワークの通信負荷を大幅に軽減することができます。

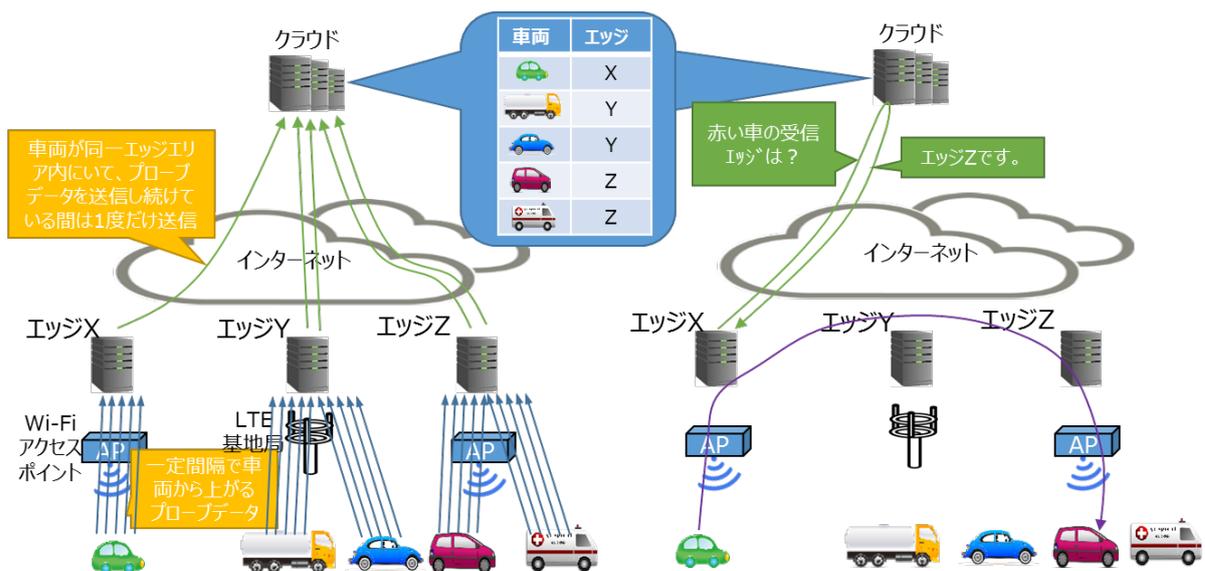


図 4 プローブデータをエッジで集約することによる上位ネットワーク輻輳軽減(左)とクラウドに集約された車両受信エッジ情報を利用した任意車両への通信(右)

■電波状況や通信手段に影響されないエッジによる地理的管轄エリアの実現

例えば、合流調停のように交差点周辺の車両から情報をもって状況を判断しなければならないアプリケーションがエッジに実装されている場合、そのエリアの全ての車両の受信エッジがそのエッジであれば問題ありません。しかし、実際の無線通信では電波状況により意図した通りのアクセスポイントや基地局に紐づくエッジが受信するとは限りません。また、LTE や Wi-Fi など複数の通信手段を利用する場合も同一のエッジが必ずしも受信するとは限りません。

そこで、ACCEAN において車両は、エッジへのデータ送信の際に GPS や LIDAR データなどから割り出した車両位置情報を地図データと照合し、レーン ID(道路データにある一定区間毎の ID)に変換し、それをデータに載せてエッジに送信します。一方、エッジは各エッジが管理するエリア情報をレーン ID の集合として保持しています。これにより、エッジは車両から送られてきたデータ内のレーン ID をみて、そのレーン ID を管轄するエッジ(管轄エッジと呼ぶ)が、自分自身であれば上位のアプリケーションに、また、他のエッジであれば該当する管轄エッジにデータを転送します。

これにより車両は電波状況や通信手段に影響されることなく、管轄エッジにデータを送信することができます。

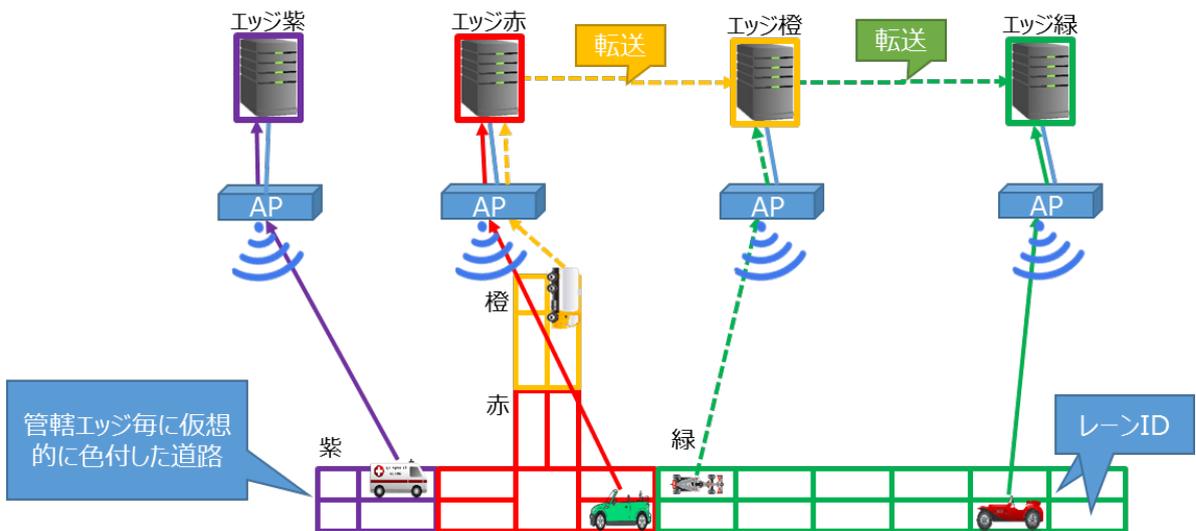


図 5 車両の道路位置(レーン ID)と管轄エッジの関係に基づくエッジによるデータ転送

上図ではエッジごとに管轄レーン ID が色分けされており、そのレーン ID 内にある車両の管轄エッジは同一の色のエッジであることを示しています。

■ ネットワーク仮想化

ACCEAN では通信が発生する全ての『もの』に対してヨーロッパの電気通信の全般にかかわる標準化組織である ETSI で提唱されている Station Identifier(SID)(※)を付与します。そして、DM2.0 プラットフォームに乗せるアプリケーションは送信元、送信先をこの SID で指定します。これにより、アプリケーションから通信部を仮想化することができます。IPv4 や IPv6 といったネットワーク構成に依存することなく宛先の特定や受信処理ができます。

また、DHCP や IPv6 のステートレス自動設定などにより、車両の IP アドレスが動的に切り替わっても、その車両の SID が分かれば通信が可能となる仕組みを取り入れています。

これらの SID は全て送信データのペイロードの先頭に用意した ACCEAN ヘッダと呼ぶ領域に格納され、車両、エッジ、クラウドに実装される各通信部がこの情報を元に透過、廃棄、転送の処理を行います。

※Status of ITS Communication Standards Document HTG3-1 Version: 2012-11-12

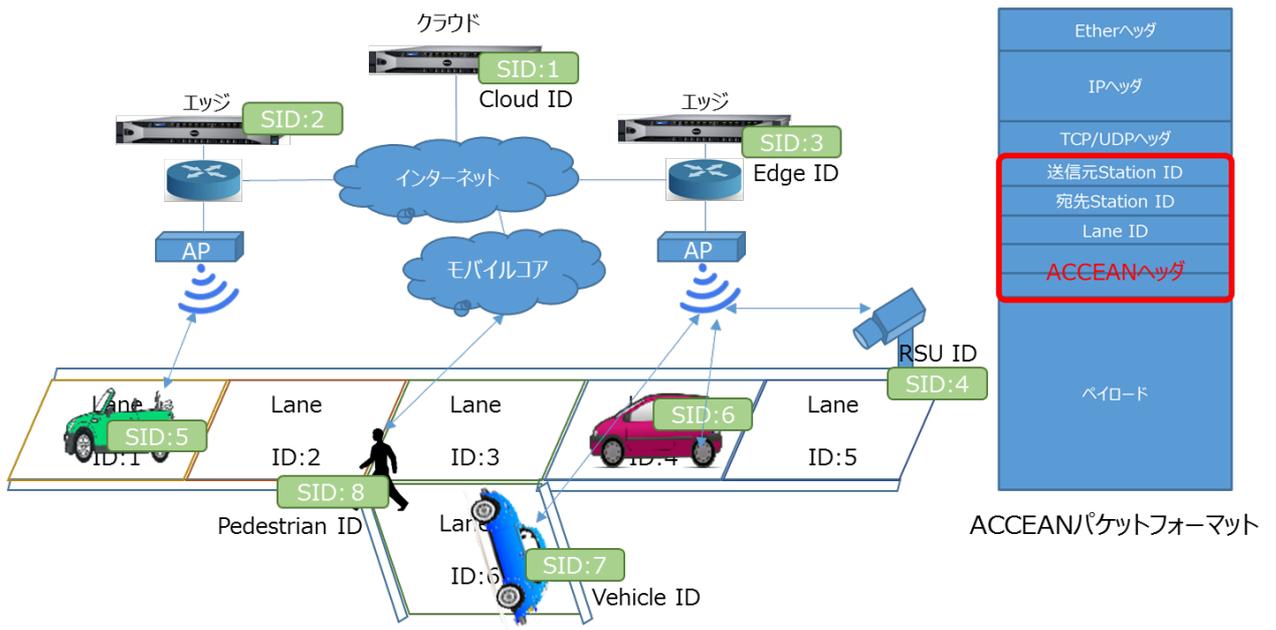


図 6 SID を用いたネットワーク仮想化と ACCEAN パケットフォーマット