

Internet das Coisas e Redes Veiculares (TP-546)

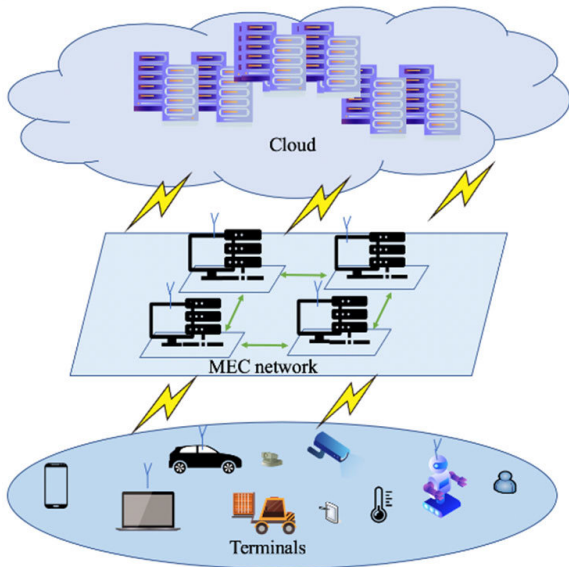
Samuel Baraldi Mafra





- Como atender aos requerimentos de ultra baixa latência e comunicação confiável com a nuvem estando distante?
- As decisões devem ser tomadas somente na nuvem ou podem ser pré-processadas mais próximas?
- Ter uma armazenamento mais próximo dos usuários pode beneficiar as comunicações?

Mobile Edge Computing (MEC)



- A computação em nuvem tradicional ocorre em servidores remotos que estão situados longe do usuário e do dispositivo
- A computação de borda é forma de arquitetura de rede que permite que a computação em nuvem seja feita na extremidade de uma rede móvel.

- Ambiente de computação altamente distribuído que pode ser usado para implantar aplicativos e serviços, bem como para armazenar e processar conteúdo próximo aos usuários móveis.
- Ajuda a reduzir o congestionamento em redes móveis e diminuir a latência, aprimorando a qualidade da experiência (QoE) para os usuários finais.

Habilitadores:

- Tecnologia de nuvem;
- Redes definidas por software (SDN);
- Virtualização de funções de rede (NFV).

Benefícios

- Velocidade: O benefício mais importante da computação de ponta é sua capacidade de aumentar o desempenho da rede reduzindo a latência . Como os dispositivos de computação de borda processam dados localmente ou em datacenters próximos, as informações que eles coletam não precisam viajar tão longe quanto em uma arquitetura de nuvem tradicional .
- Segurança: a natureza distribuída da arquitetura de computação de ponta facilita a implementação de protocolos de segurança que podem selar partes comprometidas sem desligar toda a rede.

- Escalabilidade: A computação de borda oferece um caminho mais barato para a escalabilidade, permitindo que as empresas expandam sua capacidade de computação por meio de uma combinação de dispositivos e data centers de borda. O uso de dispositivos de computação de borda com capacidade de processamento também diminui os custos de crescimento porque cada novo dispositivo adicionado não impõe demandas substanciais de largura de banda no núcleo de uma rede.
- Versatilidade: A escalabilidade da computação de borda também a torna incrivelmente versátil. Ao fazer parceria com data centers de ponta locais, as empresas podem facilmente atingir mercados desejáveis sem ter que investir em expansão de infraestrutura cara. Os data centers de borda permitem que eles atendam aos usuários finais de maneira eficiente, com pouca distância física ou latência. Isso é especialmente valioso para provedores de conteúdo que buscam fornecer serviços de streaming ininterrupto .

- Confiabilidade: Dadas as vantagens de segurança fornecidas pela computação de borda, não deve ser surpresa que ela também oferece melhor confiabilidade. Com os dispositivos e data centers de borda posicionados mais perto dos usuários finais, há menos chance de um problema de rede em um local distante afetar os clientes locais.
- Os dados podem ser redirecionados por meio de vários caminhos para garantir que os usuários mantenham o acesso aos produtos e informações de que precisam.

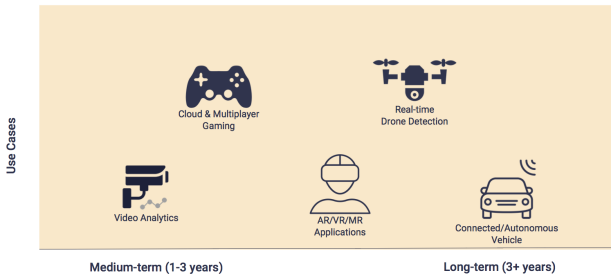
Edge Computing

<https://youtu.be/DDvMkgEoHxQ>

How Mobile Edge Computing powers 5G

<https://youtu.be/7K0WUb9tTys>

MEC Adoption Timeline by Use Cases



Aplicações - Veículos autônomos:

- O MEC pode ser utilizado para compartilhar informações sobre infraestrutura rodoviária, a posição de pedestres / outros carros / animais e condições climáticas diretamente para os veículos, em vez de ter que fazer interface com servidores de nuvem centrais.
- A combinação do MEC com o AI / ML permitirá que os veículos autônomos estejam cientes das situações ao redor em tempo real.
- A baixa latência que o MEC fornece é crítica para os veículos autônomos operarem com segurança, já que os veículos não podem esperar que as informações sejam processadas na nuvem.

Aplicativos Enterprise Mixed Reality (MR), Augmented Reality (AR) e Virtual Reality (VR)

- MEC em AR / VR podem ajudar os trabalhadores remotos a realizar tarefas de manutenção e reparo no campo.
- Uma solução MEC forneceria uma sobreposição de informações valiosas relacionadas a um ativo específico que eles estão consertando na tela do trabalhador de campo em um fone de ouvido ou dispositivos móveis. Hoje, os modelos 3D são muito pesados para renderizar nos dispositivos finais e não podem ser feitos na nuvem, pois a latência é muito alta.
- O MEC permite o processamento de dados e a renderização potencial de modelos 3D fora do dispositivo, o que permite que modelos gêmeos digitais sejam aumentados na visão do trabalhador, bem como permite que um especialista remoto anote a imagem / vídeo sendo transmitido do fone de ouvido ou celular em tempo real.

- Outra aplicação empresarial de MR habilitada pela MEC é a colaboração multiusuário para equipes de arquitetura, engenharia e construção. Ele permite a colaboração em tempo real ao renderizar modelos nos quais a equipe trabalhará em conjunto na nuvem de borda. Isso reduz a latência, principalmente porque esses projetos 3D costumam ser arquivos enormes. A implantação do MEC também permite fácil compartilhamento entre outras partes interessadas, por meio de uma rede distribuída.

Jogos em nuvem e jogos multiplayer

- A MEC moveria o processamento intensivo de computação / gráficos de um console de jogos dedicado, ou um data center à medida que os jogos em nuvem crescessem, para a borda da rede.
- Os jogadores teriam acesso à mesma qualidade de jogo de um cliente mais fino, em qualquer lugar dentro da cobertura da rede.
- Para estúdios de jogos e desenvolvedores, uma vez que o MEC fornece latência extremamente baixa, os jogos em nuvem se tornam uma maneira viável de dar a um público mais amplo acesso a experiências de jogos de ponta e, potencialmente, um novo fluxo de receita quando combinado com um novo modelo de assinatura.

Detecção de drones em tempo real

- Há uma necessidade crescente de soluções que detectem quando um drone entra em uma zona segura com geo-cercada e para acionar os alarmes / ações necessárias conforme definido pelas equipes de segurança que gerenciam o local.
- Aeroportos, prisões e hospitais podem ser os principais adotantes dessa tecnologia, porque eles precisam ser capazes de responder às ameaças imediatamente, o que é possível através do MEC.
- Usar o MEC reduziria a latência para identificar um drone estrangeiro e mapear seu caminho para determinar se ele está se aproximando de uma zona de exclusão. O MEC mantém os dados do drone mais perto de sua fonte, reduzindo o tempo necessário para reagir quando há uma violação ou ameaça à segurança.

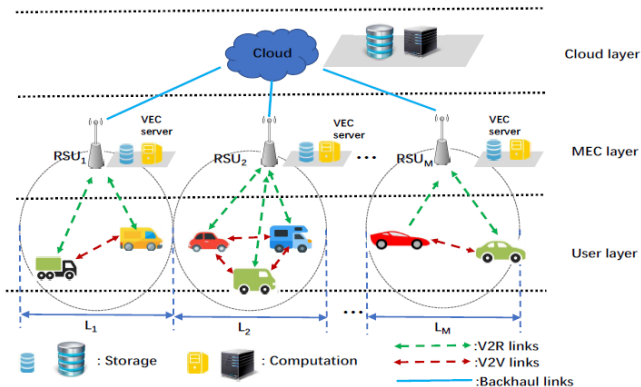
Análise de vídeo

- Há um uso crescente de vigilância por vídeo em cidades / empresas, com volumes de dados crescendo, devido ao aumento do número de câmeras e da qualidade das filmagens.
- O MEC permite a interrupção local do tráfego e a análise na extremidade da rede, em vez de rotear o tráfego de vídeo para o controle central para análise.
- Isso permite a agregação de fluxos de vídeo de diferentes tipos de câmeras e pode habilitar outros aplicativos de análise de vídeo, incluindo reconhecimento facial em tempo real, monitoramento de ativos e análise de footfall.
- O MEC reduz o custo, o volume e o tempo que leva para transportar o material bruto para o servidor central / nuvem e permite acionadores em tempo real com base na análise.

Internet das coisas

- O número de dispositivos IoT em circulação hoje já é impressionante e há muitos dados que sugerem que esse número aumentará significativamente nos próximos anos. Com tantos dispositivos IoT conectados a redes em todo o mundo, a computação de ponta já está tendo um grande impacto em como as empresas projetam seus sistemas.
- A demanda contínua por serviços e entrega de conteúdo mais rápidos e eficientes levará as organizações a melhorar suas redes existentes. As empresas que deixam de investir em computação de ponta hoje podem se ver na posição nada invejável de lutar para alcançar seus concorrentes nos próximos anos.

Vehicular Edge Computing (VEC)



- Na VEC, os terminais veiculares têm as seguintes características proeminentes:
 - 1) detecção: os veículos podem detectar o ambiente tanto de dentro quanto de fora e são capazes de coletar várias informações usando os dispositivos veiculares equipados, incluindo câmeras, radares, Sistema de Posicionamento Global (GPS), etc .;
 - 2) comunicação: os veículos podem trocar e compartilhar informações com outros veículos ou RSUs usando modos de comunicação V2V e V2R;
 - 3) computação: além de transferir partes das tarefas de computação para os servidores de ponta ou a nuvem para processamento, os veículos podem executar partes das tarefas localmente por si mesmas;
 - 4) armazenamento: o espaço de armazenamento ocioso dos veículos pode ser usado para armazenar conteúdos populares para compartilhamento de dados.

- Servidores de borda: RSUs geralmente atuam como servidores de borda em VEC, que são distribuídos ao longo da estrada em uma cidade.
- Eles têm recursos de comunicação, computação e armazenamento ricos em comparação com veículos.
- RSUs são responsáveis por receber as informações enviadas dos veículos, processar essas informações coletadas e até mesmo fazer o upload dessas informações para a nuvem.

- Por meio de tecnologias de descarregamento de computação e armazenamento em cache, as RSUs são benéficas para lidar com requisitos rígidos de desempenho. Além disso, também podem prestar diversos serviços para veículos, como vídeo streaming, controle de tráfego, navegação de caminho.

Servidores em nuvem:

- os serviços em nuvem são implantados em uma nuvem remota. Eles podem obter as informações carregadas dos servidores de borda.
- Em comparação com os servidores de borda, os serviços em nuvem têm capacidades ricas em termos de computação e armazenamento e cobrem uma área muito mais ampla.
- Ao obter as informações carregadas de nós móveis e servidores de borda, eles podem ter uma visão global da área coberta.
- O paradigma da nuvem pode fornecer gerenciamento de nível global e controle centralizado, o que ajuda na tomada de decisões ideais.

Benefícios em redes veiculares de computação de borda

Tempo de resposta:

- O tempo de resposta consiste no tempo de entrega dos dados transferidos para os servidores de ponta e vice-versa, mais o tempo de processamento nos servidores. Quando comparados com a nuvem, os servidores de ponta no VEC estão mais próximos dos usuários veiculares.
- Portanto, o tempo de execução necessário é consideravelmente menor, o que é especialmente benéfico para aplicações sensíveis a atrasos, como aplicações de segurança.

- Eficiência energética: A prevalência crescente de veículos inteligentes leva a um crescimento explosivo de várias aplicações veiculares, que vão desde direção, comunicação e computação até armazenamento no futuro.
- Essas aplicações trarão grande consumo de energia. Com a ajuda da VEC, os veículos elétricos com energia limitada ainda podem fornecer suporte suficiente para essas aplicações.

- Largura de banda: com a popularização dos veículos inteligentes, a quantidade de dados gerados a partir deles aumentará de forma explosiva. Além disso, as solicitações de conteúdo também se tornarão diversas.
- Por causa da longa distância dos usuários, a computação em nuvem não pode garantir os requisitos de largura de banda para o processamento de tais enorme quantidade de computação de dados e entrega de conteúdo usando o gerenciamento centralizado.
- Movendo o cálculo e recursos de armazenamento da nuvem para a borda da rede, VEC pode aliviar com eficiência o enorme estresse da largura de banda para redes backhaul.

- Armazenamento: Diferente da nuvem, os dados podem ser armazenados em servidores de ponta que estão próximos a usuários veiculares em VEC. A tecnologia de cache permite acessar os dados armazenados a tempo para usuários de veículos e reduz a carga de armazenamento a nuvem remota.

- Serviços de proximidade: Como os servidores de borda estão mais próximos dos usuários veiculares no VEC, vários serviços de proximidade podem ser fornecidos aos usuários. Desta forma, a experiência do usuário pode ser melhor garantida, mantendo de forma eficiente o gerenciamento do tráfego. Por exemplo, ao receber a localização e as informações de detecção carregadas dos veículos, os servidores de borda podem ajudar no processamento dos dados para construir um mapa de alta definição (HD) e, em seguida, enviar o mapa HD para os veículos.

- Informações de Contexto: Os servidores de borda em VEC podem obter as informações em tempo real relacionadas ao comportamento e localização do veículo, ambientes de tráfego, condições de rede, etc. Com essas informações, várias aplicações podem ser aprimoradas. Um exemplo é que essas informações em tempo real podem ser usadas para entregar conteúdos aos usuários veiculares com base em seus interesses.

Desafios:

- Alta Mobilidade: Devido à alta mobilidade dos veículos, a topologia da rede em ambientes veiculares é altamente dinâmica em mudança. Sob esta condição, os links podem ser facilmente desconectados, o que deteriorará a qualidade da comunicação. Além disso, os veículos podem alternar entre vários servidores de borda, levando a handovers. Os handovers frequentes contribuem para o atraso e afetam inversamente a continuidade do serviço, degradando a experiência do usuário.

- Ambiente Harsh Channel: Em redes veiculares, especialmente em ambientes veiculares urbanos, existem muitos obstáculos, por exemplo, árvores, edifícios, que podem dificultar o sucesso da transmissão de dados. Enquanto isso, é difícil caracterizar os canais variáveis no tempo.

- Gerenciamento de recursos: em comparação com a computação em nuvem, os recursos da VEC em termos de computação e armazenamento são limitado. Portanto, como gerenciar esses recursos é vital. Dado demandas dinâmicas de recursos, diversas características de aplicativos, ambientes de tráfego complicados, a otimização de recursos alocação é uma tarefa desafiadora.

- Migração de tarefa: devido à capacidade limitada, é necessário para os usuários veiculares descarregarem tarefas de computação intensiva e sensíveis a atrasos para servidores de borda. Considerando o ambiente de canal dinâmico e topologia de mudança frequente, otimizar a decisão de migração de tarefas é crucial.

- Segurança e Privacidade: Na VEC, devido às mudanças dinâmicas de topologia, os veículos podem não confiar totalmente uns nos outros. Enquanto isso, quando os mesmos servidores físicos de borda possuem acessos permitidos de diferentes usuários veiculares, existem os problemas de segurança e privacidade sem um mecanismo de proteção forte.

Aplicações

- Segurança no trânsito: Recebendo diretamente os dados encaminhados de veículos e sensores implantados ao longo da estrada, servidores de borda em proximidade de veículos podem analisar e processar em tempo real estes dados. Depois de encontrar os dados de risco, os servidores de borda são responsáveis por notificar os veículos próximos para evitar possível perigo por tomar medidas razoáveis, como frenagem, mudança de faixa e dando meia volta.

- Entretenimento: com o advento dos veículos inteligentes, os motoristas podem ser libertados de operações complexas de direção e passam muito tempo se divertindo, por exemplo, navegando na internet, jogar games, assistir a vídeos . Esses aplicativos irão se beneficiar de ricos recursos de computação e armazenamento em VEC.
- Por exemplo, ao armazenar em cache conteúdos populares cooperativamente entre servidores e veículos de ponta, os usuários veiculares podem diretamente buscar os vídeos solicitados sem recorrer à nuvem remota, diminuindo assim o atraso e melhorando a experiência dos usuários.

- Controle de tráfego: no VEC, os servidores de borda cobrem uma comunicação região. Cada veículo nesta região envia sua corrente status (localização, velocidade) e informações coletadas (clima condições da estrada) para o servidor associado.
- Depois de receber as informações carregadas dos veículos, o servidor tem conhecimento das condições de tráfego local, então pode controlar fluxo de tráfego. Por este método, o congestionamento de tráfego pode ser evitado.

- Navegação: o sistema de navegação em tempo real é de grande importância para fornecer uma rota ideal para os motoristas. A implementação de navegação em tempo real envolve sensoriamento de dados, coleta e processamento. VEC é capaz de fornecer recursos significativos de computação e armazenamento em tempo real para sistema de navegação.

- Serviço de latência ultrabaixa: VEC permite provisionamento de serviços com latência ultrabaixa e alta confiabilidade, por exemplo, direção autônoma. Na direção autônoma, é crucial para os veículos entenderem os ambientes circundantes com precisão e oportuna e executa mais eficiente e eficaz operações.
- VEC torna possível a direção autônoma para obter o suporte de um poderoso recurso de computação para tarefas execução.

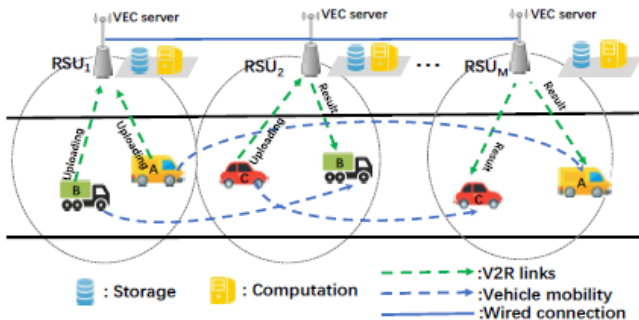
- Serviço de computação intensiva: o descarregamento de computação de VEC pode ser aproveitado para serviços intensivos em computação formulários. Dois exemplos típicos entre estes as aplicações são Realidade Aumentada (AR) e reconhecimento facial. Devido ao recurso limitado, os usuários veiculares não podem satisfazer seus requisitos de computação. Esses aplicativos podem ser migrados para servidores de ponta com poder de recurso de computação poderoso em VEC para implementação.

- Agregação de dados e mineração de dados: a prevalência de veículos inteligentes impulsionam o crescimento exponencial dos dados. Estes os dados podem ser gerados por sensores ou recebidos de outros veículos. Se esses dados forem explorados profundamente no VEC, mais conhecimento aprendido pode ser usado para facilitar os dados eficiência, bem como melhorar o desempenho da rede.

Migração de tarefas

- Com a rápida implantação de redes veiculares, mais e mais veículos se tornam inteligentes. A proliferação de smart veículos surgirão um aumento significativo de vários tipos de serviços de aplicativos. Muitos desses serviços de aplicativos têm requisitos rigorosos em termos de computação e atraso.
- Apesar dos recursos abundantes, a nuvem é inviável para suporte a serviços de aplicativos sensíveis a atrasos devido ao longa distância de usuários veiculares. Além disso, dados massivos processamento gerado a partir desses serviços de aplicativo trará enorme pressão na largura de banda da rede.

- As tarefas do usuário podem ser transferidas para a borda da rede capacitada pela nuvem no que diz respeito aos recursos de computação e armazenamento, encurtando o atraso e aliviando a carga da rede.



Descarregamento Cooperativo

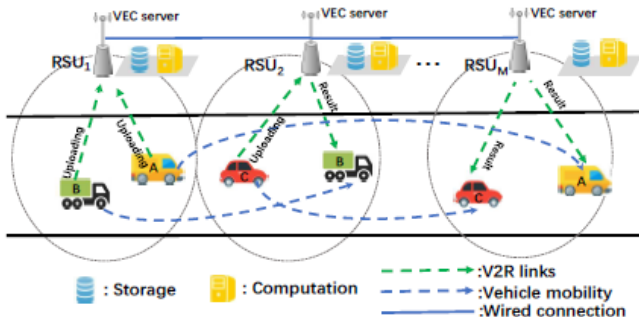
- Com as demandas cada vez maiores de aplicações, mais comunicação, recursos de computação e armazenamento são necessários urgentemente.
- Ao agregar recursos abundantes e não utilizados de veículos, a QoS das aplicações pode ser bastante melhorada. Por causa de recursos ricos e ociosos, veículos estacionados têm o potencial de fornecer uma plataforma poderosa para fornecimento de serviços.
- Veículos com recursos não utilizados pode ser aproveitados para auxiliar outros veículos na computação.

Migração de tarefas baseada em mobilidade

- Na VEC, os servidores de borda são capacitados por recursos ricos de computação e armazenamento próximos aos usuários veiculares.
- No entanto, sofrendo a faixa de cobertura limitada de servidores de borda (por exemplo, RSUs) e a alta mobilidade dos veículos, existe a possibilidade de que a tarefa de um veículo não possa ser concluída com sucesso dentro do servidor de borda original.

- Ou seja, vários servidores de borda podem ser passados antes que a tarefa seja realizada. Para lidar com esse problema, a migração de tarefas baseada em mobilidade entre diferentes servidores de borda representa uma solução atraente, que vem ganhando atenção cada vez maior.
- Quando um veículo está se aproximando de um novo servidor, sua tarefa pode ser migrada para este servidor, ou a tarefa pode ser computada em o servidor original e então o resultado obtido é encaminhado para o veículo através do novo servidor.

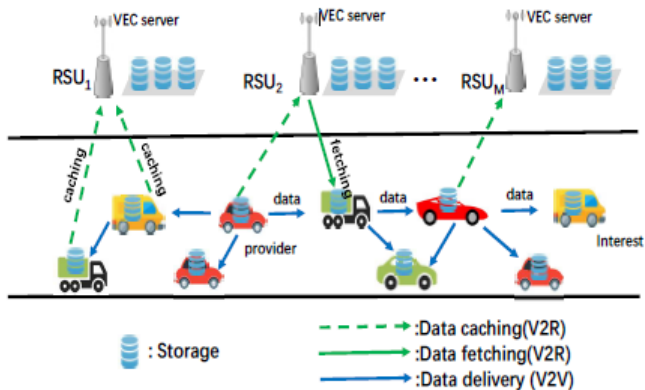
O veículo A tem uma tarefa para implementação. Assim, ele carrega a tarefa para o servidor de borda associado RSU1. Antes de o resultado ser calculado, o veículo A entrou na faixa de cobertura de RSUm. No nesta situação, RSUm pode obter o resultado de RSU1, e em seguida, entregue o resultado ao veículo A. Considerando os requisitos de tarefas de computação e a mobilidade dos veículos, uma estratégia de transmissão de modelo preditivo.



Eficiência energética

- VEC permite que os usuários de veículos aumentem a vida útil da bateria descarregando suas tarefas que consomem muita energia na borda da rede com o suficiente fornecimento de energia.

Cache em redes veiculares



- Ao armazenar em cache o conteúdo próximo aos usuários, o conteúdo pode ser acessado localmente sem recorrer à nuvem remota, permitindo a redução da redundância do tráfego de dados, o alívio da largura de banda da rede e melhoria da experiência do usuário.

- Geralmente, existem três questões principais que precisam ser respondidas para cache de conteúdo:
 - 1) Caching place: Em redes veiculares de ponta, existem dois dispositivos de borda principais, digamos, servidores de borda (por exemplo, RSUs) e usuários de veículos (por exemplo, veículos), que são comuns locais para armazenar conteúdos em cache;

- 2) Conteúdo de cache: devido à capacidade de armazenamento limitada de dispositivos de ponta e a quantidade extrema de conteúdo disponível em toda a rede, não é prático armazenar em cache todo o conteúdo para dispositivos de ponta. Nesta situação, é melhor armazenar o conteúdo em cache seletivamente. Por comparação, o posicionamento do cache baseado em popularidade representa um solução convencional, onde a popularidade do conteúdo é um indicador dos conteúdos solicitados pelos usuários;
- 3) Política de cache: a política de cache depende da motivação por trás do cache de conteúdo, por exemplo, descarregando o tráfego, reduzindo o atraso, melhorando a QoE e minimizando a energia consumida na rede veicular.

- Cache em RSUs

- A explosão de aplicações emergentes em redes veiculares, por exemplo, entretenimento informativo no veículo, apresenta enormes desafios na capacidade da rede. Ser importante conectado dispositivos, RSUs são vistos como as infraestruturas significativas para ser implantado para aumentar a capacidade da rede.
- Apesar de mover conteúdos populares em estreita proximidade com veículos usuários, RSUs são capazes de oferecer benefícios na redução atrasar e aliviar a carga da rede.
- Diferente dos BSs, a capacidade de armazenamento e comunicação alcance são limitados, o que terá impacto na decisão de armazenamento em cache. Há uma quantidade enorme de conteúdo em redes veiculares, por exemplo, vídeos e arquivos de áudio. É crucial fazer pleno uso do recurso limitado de RSUs e decidir efetivamente os conteúdos para melhorar a QoE dos usuários.

Armazenamento em cache em veículos

- Habilitado por recursos de armazenamento, os veículos inteligentes podem ser empregados como infraestruturas especiais para fazer a plena utilização desses recursos pertencentes a eles. O cache cooperativo permite veículos para atingir a taxa de acerto desejável e atraso reduzido.
- No ambientes urbanos, os recursos de armazenamento podem ser muito melhorados quando os veículos compartilham seu espaço de armazenamento não utilizado em uma colaboração maneira.
- Um exemplo típico são os veículos estacionados. Beneficiando-se do grande número e longo tempo de permanência, os veículos estacionados são a escolha ideal para provisionamento de armazenamento.

edge computing for autonomous vehicles

<https://youtu.be/l9aYhjlpvtA>