



Novos Paradigmas de Rede

2023/2024

Afonso Marques :: pg53601
André Alves :: pg53651
Renato Gomes :: pg54174

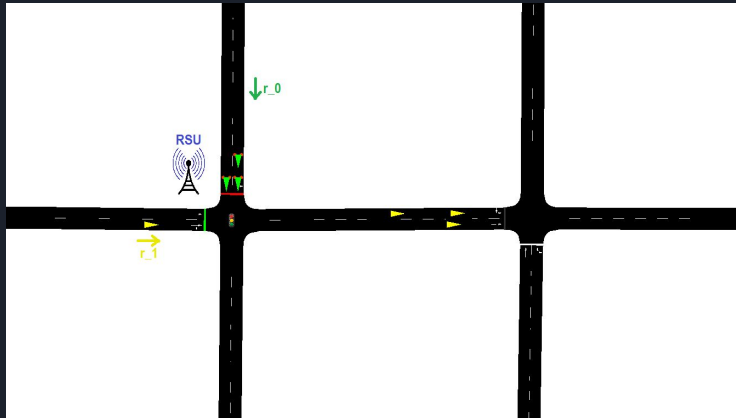


Introdução

- Neste trabalho, foi elaborado um protótipo funcional de um sistema de semáforos inteligentes suportado por comunicações veiculares. Inicialmente, os veículos enviam mensagens sobre a sua mobilidade para outros veículos e unidades fixas nos cruzamentos, permitindo que os semáforos físicos melhorem a fluidez do tráfego.
- Esses semáforos podem ser removidos posteriormente, substituídos por sinais transmitidos diretamente aos veículos, permitindo decisões em tempo real. Numa fase avançada, o semáforo virtual pode ser distribuído entre os veículos, que decidirão quando parar ou avançar com base nas mensagens recebidas. O foco principal está na arquitetura do sistema e nos algoritmos de comunicação entre as entidades envolvidas.

Cenário em Estudo

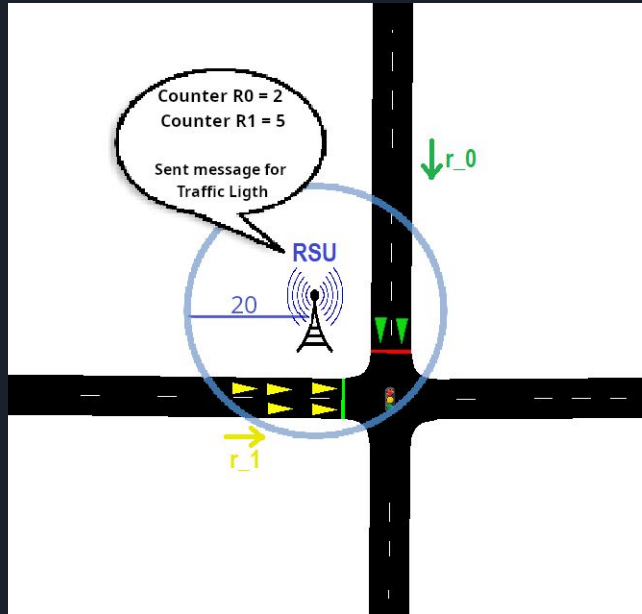
- O cenário de estudo foi baseado num cruzamento simples da cidade de Espinho, no distrito de Aveiro.



Contém:

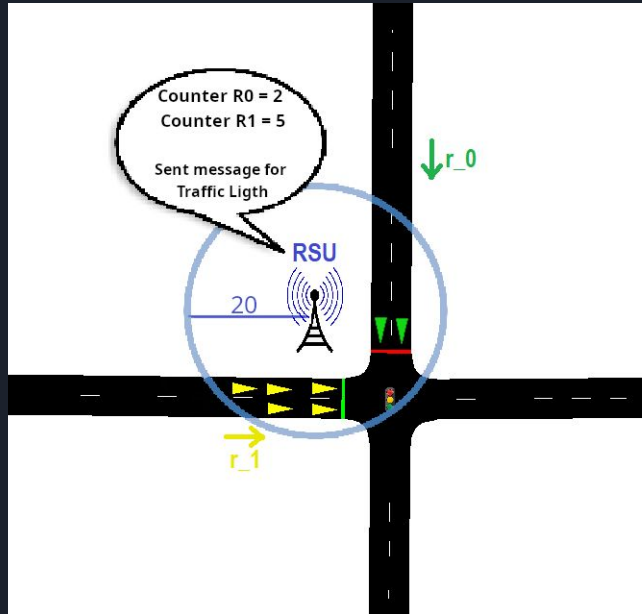
- Um semáforo,
- Uma Road Side Unit (RSU),
- Duas rotas de sentido único que se intersectam no cruzamento com o semáforo.

Gestão de Fases do Semáforo



- A gestão das fases do semáforo é feita com base em contadores presentes na RSU.
- Sempre que um veículo consegue comunicar com a RSU, ele envia uma mensagem V2X (do tipo GreenWaveMsg), indicando a sua rota e ID.
- Esta informação é guardada na RSU, permitindo que esta vá contabilizando o número de carros em cada rota.

Gestão de Fases do Semáforo



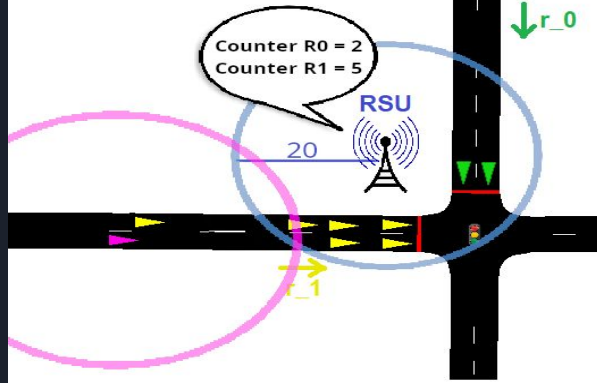
- Após se acumularem carros nas duas rotas, a RSU analisa os contadores e indica ao semáforo através de uma mensagem V2X (do tipo RSUMsg), qual o programa que deve ser ativado.
- O semáforo contém 4 programas:
 - "0" - rota r_0 a verde
 - "1" - programa genérico
 - "2" - rota r_1 a verde
 - "3" - tudo a vermelho
- De forma a permitir uma demonstração mais clara do cenário, o programa padrão a ser usado pelo semáforo é o "3".



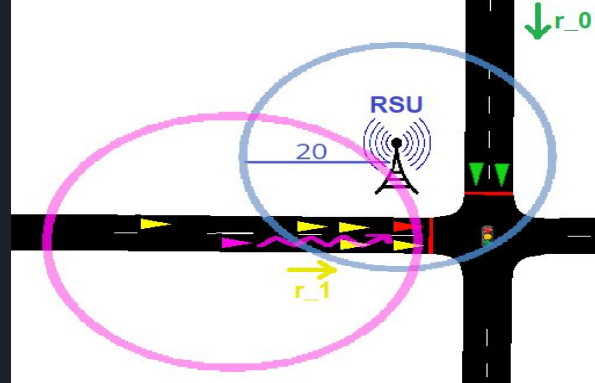
Encaminhamento Multi-hop

- Um veículo quando é gerado tenta de imediato enviar a sua mensagem de registo. Para isso irá verificar se está dentro do alcance da RSU. Se essa distância for menor que o raio da RSU, então manda o GreenWaveMsg diretamente em unicast para ela, sem saltos intermédios. Caso esteja fora do alcance, utiliza o protocolo de multihop.
- Em multihop, o veículo envia a sua mensagem em unicast para o seu vizinho que se encontra mais próximo da RSU. Desta forma o caminho que o pacote tomará será sempre o menor possível.
- A aplicação CarSendsCamAPP realiza o envio de mensagens do tipo InterVehicleMsg, que contêm informação relativamente ao 'ID' do veículo que a envia e a sua posição em coordenadas cartesianas. Estas mensagens são enviadas em broadcast para todos os outros veículos que estejam no seu alcance, passando a ficar registado como vizinho nos veículos que o rodeiam.
- O veículo que procura fazer o registo através do multihop, pode então consultar todos os seus vizinhos e assim determinar qual deles está mais perto da RSU e encaminhar-lhe. O veículo que recebe essa mensagem faz a mesma lógica: se estiver dentro do alcance da RSU, manda para ela diretamente em unicast, caso contrário reencaminha para um vizinho dele.
- Na volta, é enviado um ACK da RSU para o veículo que originalmente mandou o registo. Este ACK pode ser enviado diretamente ou em multihop.

O carro **roxo** está fora do alcance da **RSU**. Terá de usar o multihop para se registrar.



O carro **roxo** envia para o seu vizinho mais próximo da RSU, carro **vermelho**, o seu GreenWaveMsg.



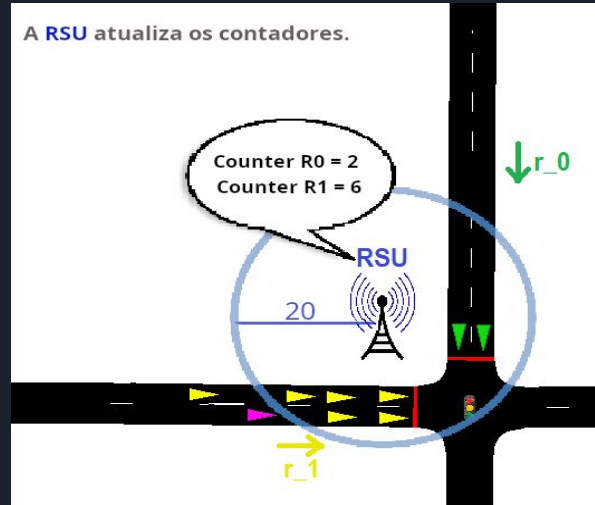
O **vermelho** recebe o GreenWaveMsg do **roxo** e, como está dentro do alcance da **RSU**, reencaminha a mensagem diretamente para **ela**. A **RSU** deve agora enviar um ACK de volta.



A **RSU** envia o ACK a quem lhe enviou o GreenWave, neste caso o **vermelho**, que irá tratar de o enviar para o **roxo**. Se o **roxo** for vizinho do **vermelho**, o ACK é reencaminhado para o **roxo**.



A **RSU** atualiza os contadores.



Periodicamente, a **RSU** verifica os seus contadores. Neste caso, a rota R1 tem mais carros à espera, logo indica ao semáforo que deve mudar o seu programa para esvaziar essa rota.





Encaminhamento Multi-hop

- Algumas limitações do protocolo implementado consistem em:
 1. Apesar de se ter reduzido bastante a quantidade de mensagens enviadas em broadcast, os veículos continuam a usar esta forma de propagação para se darem a conhecer aos veículos à sua volta.
 2. O envio de GreenWaveMsg por multihop (de um carro para a RSU) está relativamente bem implementado, fazendo uso, se necessário, de vários saltos para chegar à RSU; no entanto, o envio de uma RSUMsg com ACK (da RSU para o carro) usa um multihop muito limitado, permitindo apenas um salto intermédio. Caso falha, terá de tentar de novo.
 3. Não existe um controlo eficaz que permita regular quantas vezes uma mensagem de GreenWave é enviada, pelo que não fica claro se foi apenas enviada uma vez ou múltiplas vezes.



Semáforo Virtual

- Além da comunicação existente, o RSU deve enviar mensagens com instruções específicas aos veículos, indicando se devem parar ou avançar. Para implementar o semáforo virtual, o grupo pensou em usar o algoritmo na RSU que determina a sequência de verde e vermelho para cada via. Com base nessa sequência, o RSU iria enviar mensagens com as ordens correspondentes aos veículos na proximidade do cruzamento.
- A ideia que o grupo propõe é a utilização do protocolo multihop, para a propagação das mensagens de 'stop' e avanço entre os veículos. Isto permitiria que a ordem fosse distribuída de forma eficiente, mesmo em cenários com veículos fora do alcance direto do RSU.
- Quando o RSU determina que uma determinada via deve parar, ele envia uma mensagem de 'stop' aos veículos mais próximos do cruzamento. Esses veículos, ao receberem a mensagem, começam a reduzir a velocidade e, eventualmente, param. Os veículos que recebem a mensagem do RSU também têm a responsabilidade de retransmitir, através do multihop, essa mensagem para os veículos que estão atrás deles.
- Infelizmente, devido à falta de tempo, não conseguimos implementar a etapa 3, sendo que as nossas principais dificuldades foram como tratar da paragem dos veículos e como indicar à RSU se um carro já estava na proximidade do cruzamento.