

Relatório de atividade

“Simulação de protocolos MAC por eventos discretos”

Redes de Computadores

Autor: Lucas Teixeira

Introdução

A camada MAC implementa políticas de acesso a um meio de comunicação e possível gerenciamento de colisões em meios compartilhados. O protocolo CSMA (Acesso múltiplo com detecção de portadora) implementa verificação de uso do meio antes de iniciar uma transmissão e em sua versão CA (prevenção de colisão) os dispositivos próximos são capazes de perceber uma transmissão em andamento e inclusive evitar problemas relacionados a nós ocultos na rede.

Para alcançar este objetivo o receptor é estimulado pelo transmissor a responder (CTS) quando este for capaz de receber dados atendendo um pedido de envio de dados (RTS) e ao final, havendo uma transmissão com sucesso, o receptor ainda responde com um reconhecimento (ACK). A detecção seja de um RTS ou um CTS indica a outros dispositivos próximos que o canal estará ocupado por determinado tempo, evitando transmissões durante este intervalo no qual o canal fica reservado para esta transmissão por meio do mecanismo NAV (vetor de alocação de rede).

Objetivo: Realizar a simulação por eventos discretos do protocolo CSMA/CA e demonstrar comportamento em diferentes cenários considerando as taxas de dados gerados, taxa de dados entregues e tempo de atraso da entrega

Método

Na simulação baseada em eventos tanto a geração de pacotes quanto a transmissão ou recepção de pacotes são representadas por eventos agendados em um vetor não ordenado. Utilizou-se como base o script fornecido em aula pelo professor e adaptações foram realizadas para incluir interface gráfica para representar os eventos e sua relação, assim como geração de estatísticas e gráficos avançados. O desempenho da simulação foi aumentado evitando diversas cópias desnecessárias de estruturas de dados por meio de utilização de variáveis globais.

Os eventos serão processados em ordem cronológica e novos eventos poderão ser gerados a partir dos anteriores sempre em tempos futuros. Uma transmissão, por exemplo,

originado em um evento de transmissão (identificados como “T_[...]”) do nó que envia e irá gerar um número de estações menos 1 novos eventos agendados para um instante futuro após a propagação do sinal na forma de eventos de recepção (identificados como “R_[...]”).

Inicialmente, antes de iniciar a execução da simulação são agendados com uma distribuição uniforme no tempo os pacotes gerados que futuramente serão processados. Em seguida cada evento é processado considerando o nó que origina o pacote ou então o nó que está recebendo.

Alguns aspectos da simulação podem não refletir com fidelidade o cenário real de comunicação em rede, são eles:

- ☐ Na simulação se considera que qualquer colisão causa perda de todos os dados transmitidos neste pacote.
- ☐ O modelo estatístico assume que as transmissões são independentes, quando há fila as transmissões são dependentes uma das outras.
- ☐ O tempo de atraso na propagação entre os dispositivos comunicantes é constante, independentemente do número de estações elas estão equidistantes de todas as outras.

Resultados

A base das simulações tem a seguinte configuração

10 estações comunicantes

Taxa de dados 1Mbps

Tempo total de simulação 1 segundo

Tamanho do quadro de dados 1000 bits (duração 1ms)

Duração de pacotes de RTS, CTS e ACK 1% da duração do quadro de dados

Distância da comunicação 300m (tempo de propagação 1 microsegundo)

Tempo máximo de espera para nova tentativa de envio 10 ms, corresponde a 10x a duração de um pacote médio. Não há persistência e novas tentativas são distribuídas (agendadas) em instantes futuros com distribuição de 1 a 10 vezes a duração de um pacote.

Exemplo de uma transação completa de entrega de dados da estação 7 para a estação 4. As Figuras 1 a 3 ilustram a implementação do protocolo, sendo as linhas verticais com valores inteiros indicando a estação envolvida na comunicação e os eventos indicados conforme a legenda.

Figura 1 - Uma transação (exemplo) - identificação do tipo de evento sobrepostos no início e final do intervalo de transmissão de dados (parte mais longa).

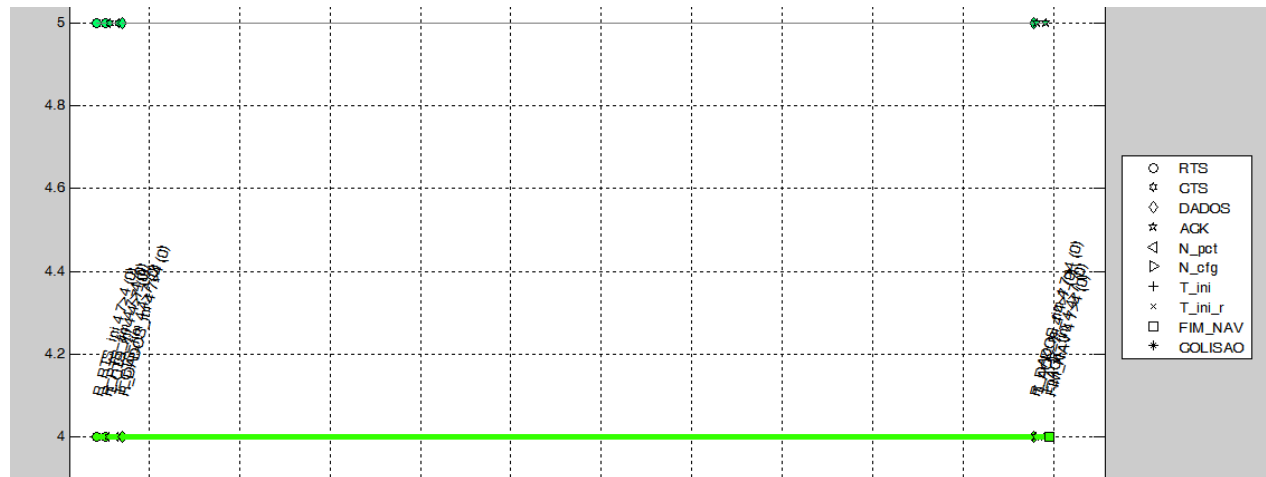


Figura 2 - Início de uma transação (exemplo)

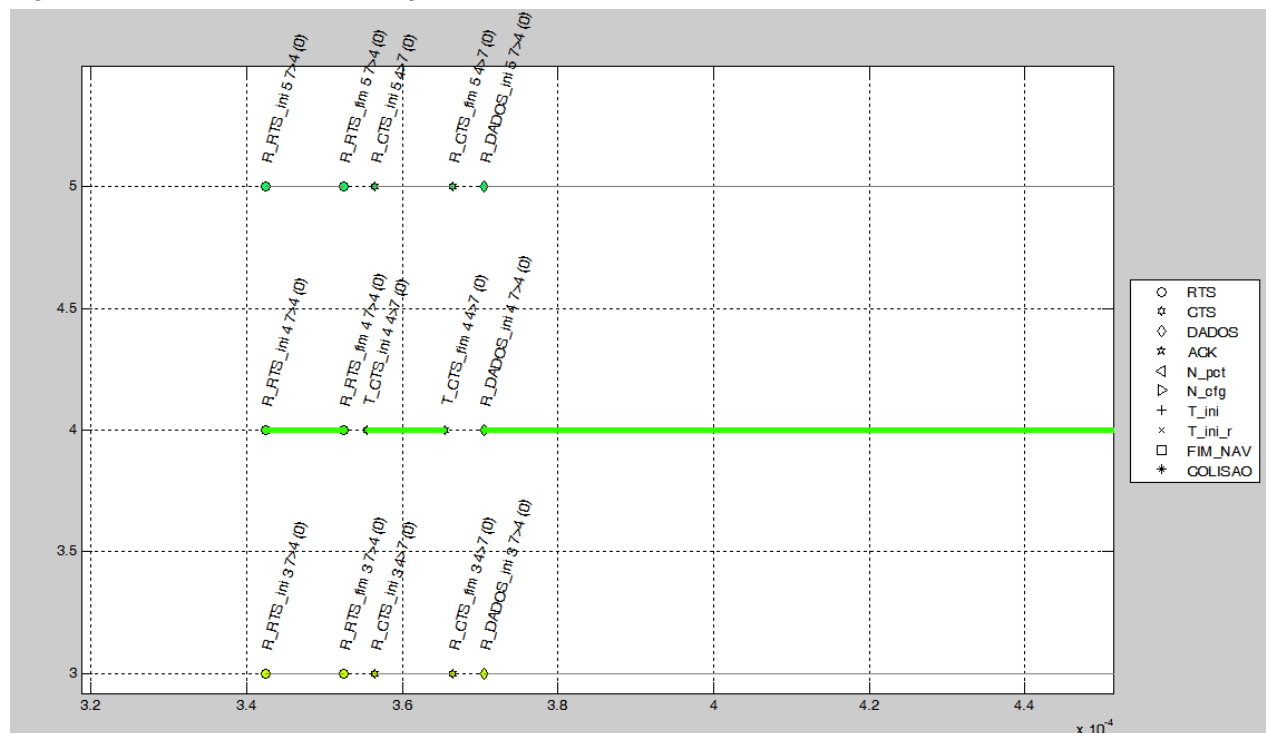
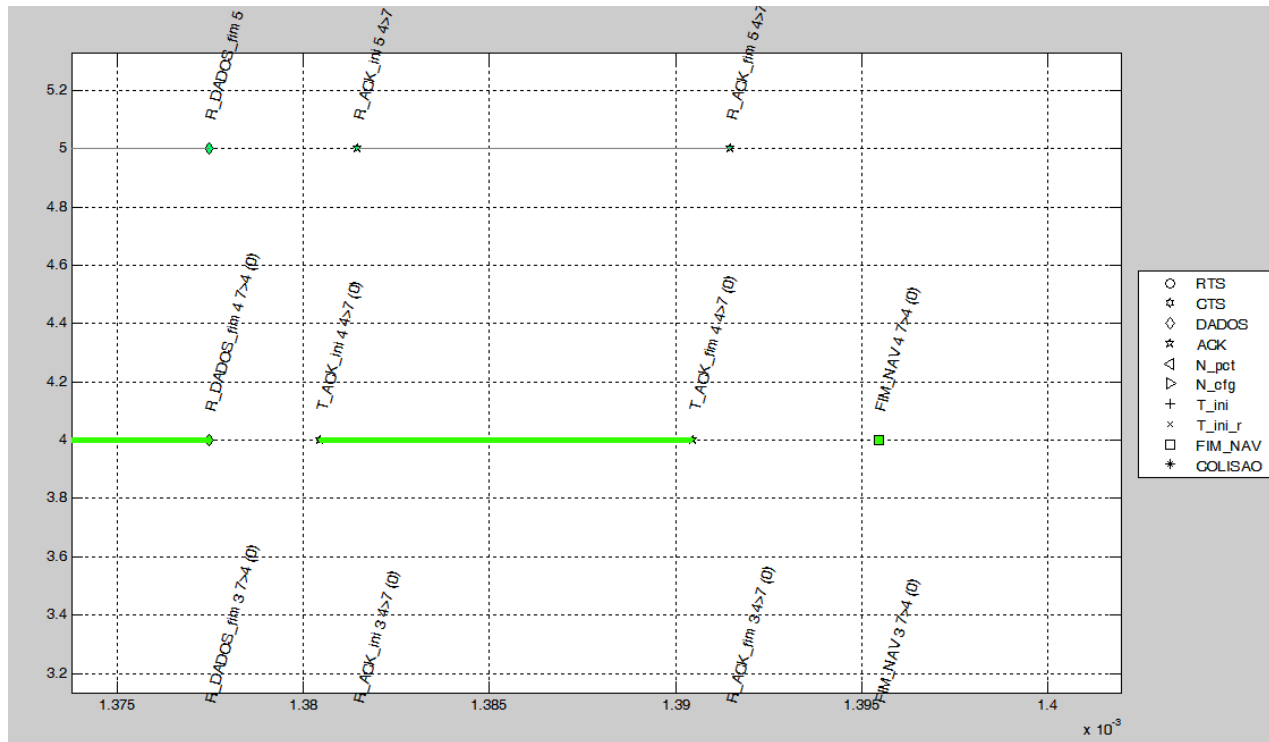
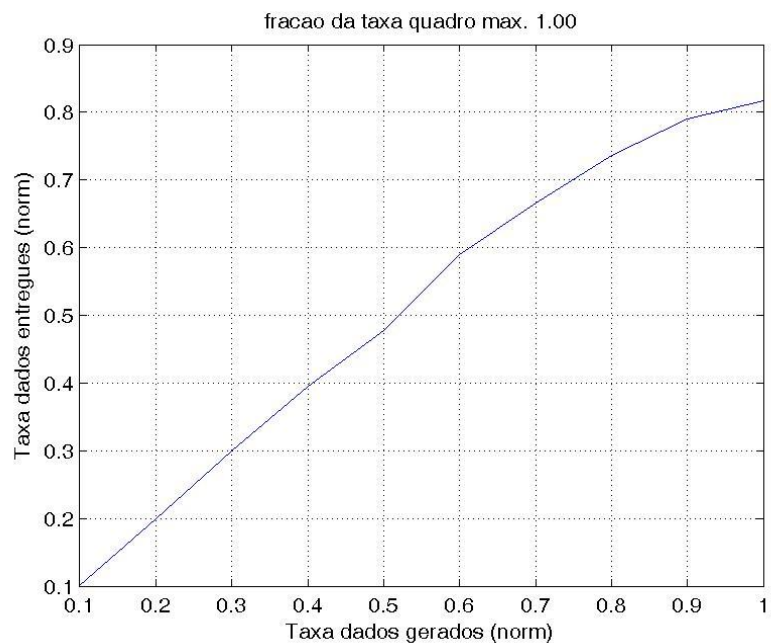


Figura 3 - Final de uma transação (exemplo)



Enquanto que mantém-se esta configuração podemos observar que a taxa de dados entregues cresce quase linearmente com a taxa de dados gerados, conforme resultado apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Desempenho original - dados gerados x entregues.



Observa-se, no entanto um efeito de saturação próximo da taxa de dados gerado de 1 (100% da capacidade do canal), pois o protocolo ocupa parte do tempo do canal para esta negociação e aviso RTS, CTS e ACK, além dos tempos de propagação durante estas

sinalizações que tomam aproximadamente 5% do tempo total da transação de transferência de dados.

A comunicação quando os pacotes de negociação e aviso RTS, CTS e ACK ocupam mais de 1% da duração da parte correspondente a dados é afetada por este parâmetro. Resultados mostrados nas Figuras 5 e 6. Nestes casos o desempenho será prejudicado proporcionalmente devido à maior ocupação do canal que pode atingir ~50%. Assim, percebe-se que para a transmissão de pacotes com poucos dados em proporção ao tamanho dos pacotes auxiliares RTS, CTS e ACK estes protocolo não apresenta vantagem se comparado com protocolos muito mais simples como ALOHA.

Figura 5 - Desempenho com pacotes RTS, CTS e ACK correspondentes a 10% do tempo do pacote de dados (cada).

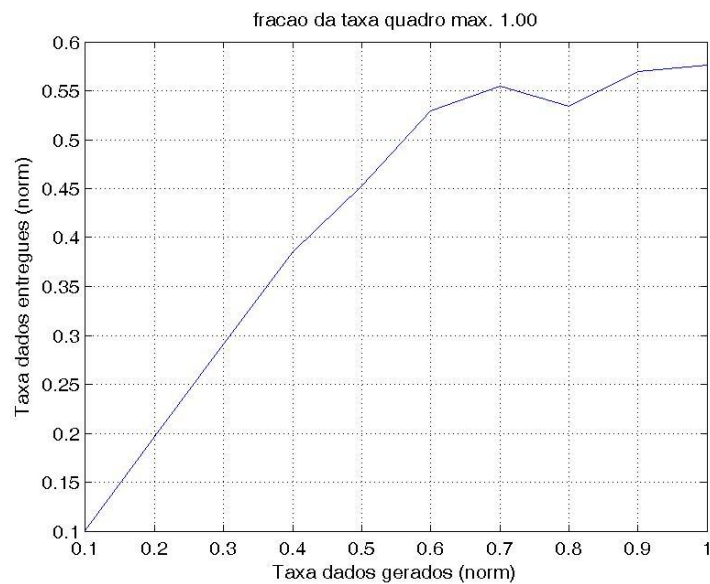
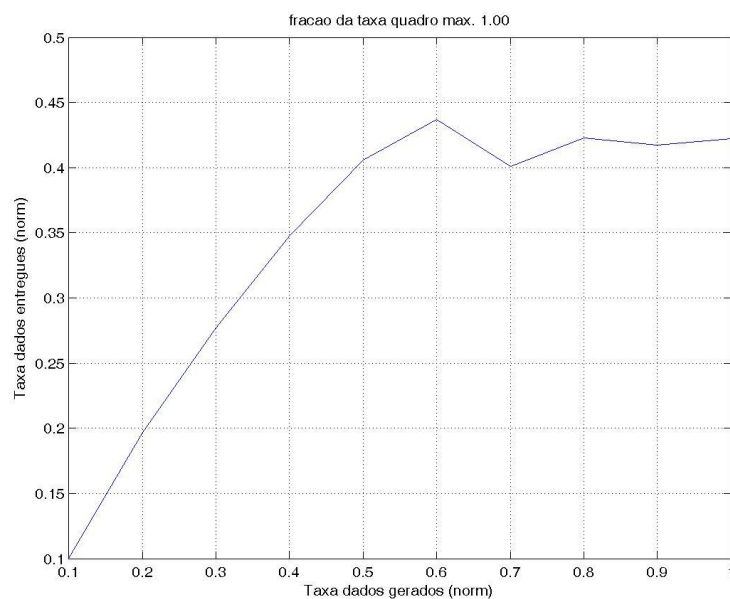
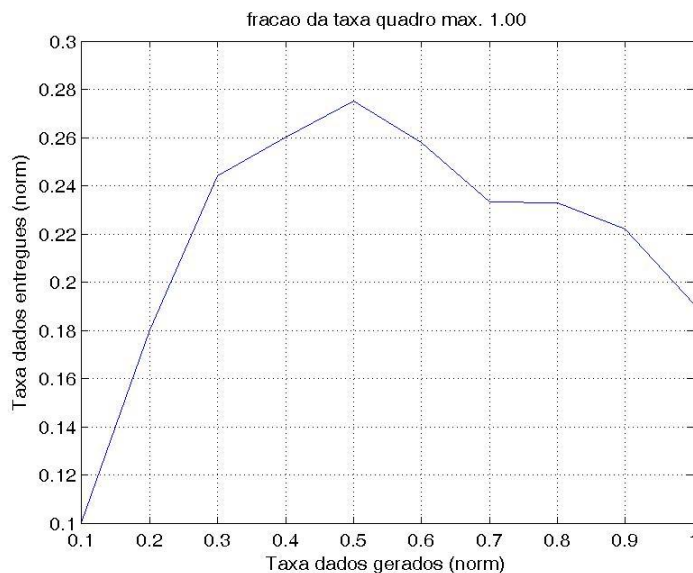


Figura 6 - Desempenho com pacotes RTS, CTS e ACK correspondentes a 20% do tempo do pacote de dados (cada)



Retornando a comparação com os parâmetros originais, quando se estabelece a comunicação em maior distância, resultado indicado na Figura 7, pode-se perceber que ocorre um efeito de saturação devido ao aumento do número de colisões, pois a probabilidade de inicialização de duas transações enviando RTS simultaneamente aumenta significativamente nestes casos. Assim, percebe-se que não faz sentido a utilização de CSMA/CA neste caso, pois o desempenho é comparável com ALOHA.

Figura 7 - Desempenho distância de comunicação 30000m, tempo de propagação 100us correspondente a 10% da duração do pacote de dados.



Retornando aos parâmetros originais, ao comparar-se o tempo de entrega de cada pacotes percebe-se uma relação forte com a taxa de dados gerados, estes casos têm resultados mostrados nos histogramas das Figuras 8, 9 e 10. Com taxas baixas de dados gerados (até 40%) observou-se um atraso na entrega em que a minoria dos pacotes é entregue em menos de 20 x a duração de um pacote de dados. Estes atrasos maiores são resultados de pacotes represados devido à ocupação do canal e agendados para envio em novas tentativas dentro do tempo máximo de espera. Já na situação com taxa máxima de dados gerados (100%) grande parcela dos pacotes são represados e aqueles entregues experimentam um atraso que ultrapassa até 150 vezes a duração de um pacote, indicando que foram represados diversas vezes antes de ocorrer uma transmissão com sucesso. Esse efeito ocasiona uma latência na entrega de pacotes relacionada com o protocolo de acesso ao meio. Nesta situação extrema de taxa máxima de geração de dados 63,24 % dos pacotes têm atraso igual ou maior que 15,8 vezes a duração de um pacote médio.

Figura 8 - Tempo de entrega de pacotes com taxa de geração de dados 10% do máximo

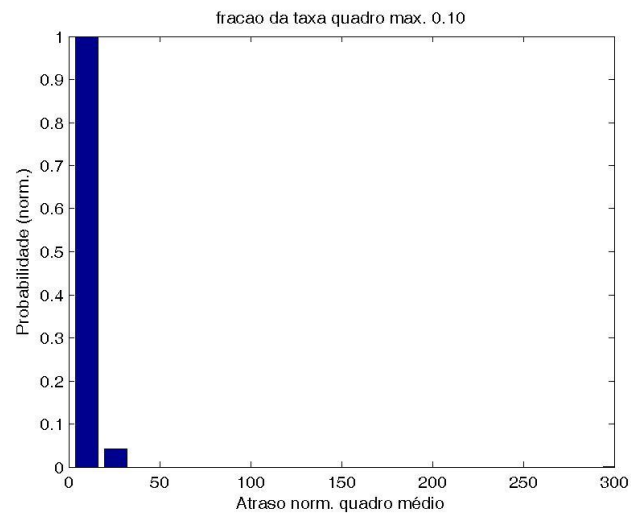


Figura 9 - Tempo de entrega de pacotes com taxa de geração de dados 40% do máximo

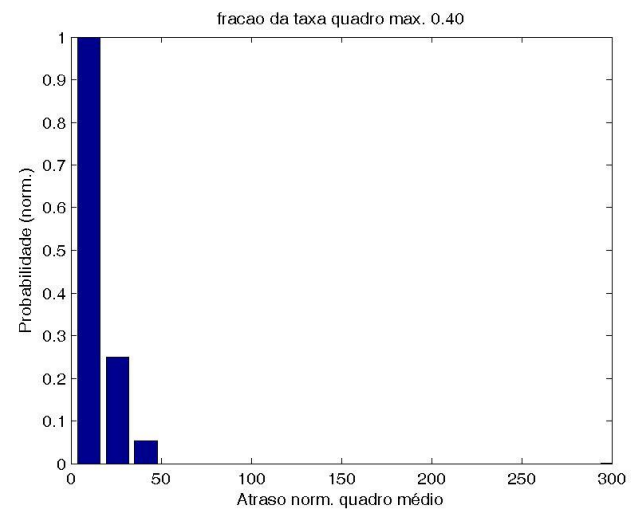
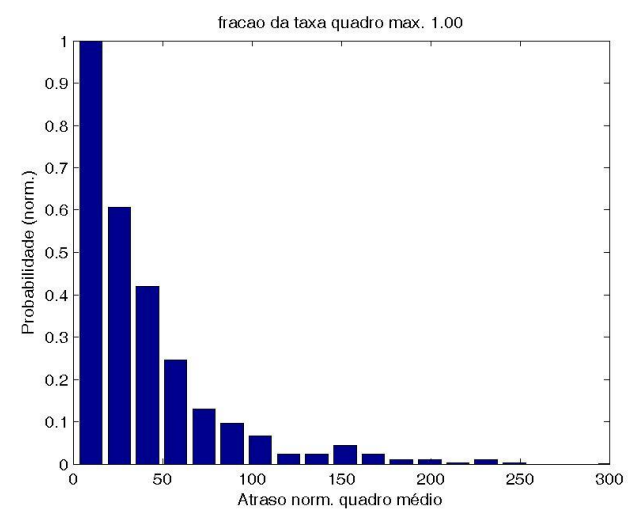


Figura 10 - Tempo de entrega de pacotes com taxa de geração de dados máxima



Conclusões

Observou-se que a simulação baseada em eventos consegue atingir desempenhos bastante superiores (mais de 1000 eventos processados por segundo) ao observado em trabalhos anteriores com passo fixo de simulação. Além disso esta arquitetura de simulação permite melhor granularidade e tratamento do tempo com detalhes de tempos de propagação e duração do pacote com ordens de grandeza diferentes não afetando o desempenho de computação da simulação.

O desempenho observado do protocolo CSMA/CA mostra a efetividade do recurso de reserva do canal por NAV e que isso permite atingir desempenhos próximos do máximos do meio quando o tempo de propagação é pouco significativo em relação à duração da transmissão de dados. Também fica evidente que a duração dos pacotes RTS, CTS e ACK deve ser muito menor que a duração da transmissão de dados para não saturar a taxa máxima de pacotes que se pode entregar devido ao excesso de uso do tempo do meio com pacotes de sinalização do protocolo. Por fim, o tempo de atraso na entrega dos pacotes se mostrou grande quando altas taxas de geração de dados são aplicadas na simulação, mas deve-se perceber que em todos os casos houve inclusive sinalização para o transmissor de sucesso na transmissão o que auxilia outras camadas da pilha de comunicação em melhoria do desempenho e nesta mesma situação pode-se entregar mais de 90% dos quadros gerados.