

Qualidade de Serviço em redes sem fios

Celso A Pelliccioli¹, Cristina Moreira Nunes¹

¹Centro Universitário La Salle – Av. Victor Barreto, 2288 – Canoas – RS – Brazil

pelliccioli@cdl-poa.com.br, nunes@lasalle.tche.br

Resumo. Este artigo descreve como é feito o controle de acesso ao meio pela camada MAC (Media Access Control) no padrão de rede sem fio IEEE 802.11. Além disso, apresenta um dos principais problemas desse padrão que é a prestação de Qualidade de Serviço. Redes 802.11 utilizam o conceito de melhor esforço no tratamento do tráfego. A importância com Qualidade de Serviço torna-se cada vez mais prioritária, na medida que aplicações exigem uma grande parte de recursos da rede como banda, atrasos, latência e disponibilidade. O artigo aborda técnicas de controle do MAC para obter a diferenciação de serviço um dos requisitos básicos de Qualidade de Serviço.

1. Introdução

Hoje redes sem fio tornaram-se cada vez mais presentes no nosso dia a dia, principalmente em ambientes de trabalhos ou até mesmo em redes domésticas. A simplicidade e o desaparecimento do cabeamento aumentaram consideravelmente a criação de WLANs (*Wireless Local Area Networks*).

Foi pensando nisso que o IEEE (*Institute of Electrical and Eletronics Engineers*) desenvolveu o padrão 802.11. O padrão 802.11 é responsável em definir regras para controlar o acesso ao meio da camada MAC (*Médium Access Control*) e aceitar diversos padrões do meio físico na transmissão sem fio.

Apesar do crescimento de redes WLANs a especificação 802.11 é muito limitada em prestar qualidade de serviço. (QoS – *Quality of Service*). A dificuldade em fornecer QoS em redes sem fio se deve aos seguintes fatores: mobilidade das estações, baixa vazão, atraso na troca de mensagens, taxa de transmissão sujeita a agentes externos, entre outros.

2. Camada MAC

Na camada MAC do padrão 802.11 são oferecidos dois tipos de mecanismos para o controle de acesso ao meio, como mencionado anteriormente, o mecanismo de acesso básico, chamado de DCF, e o mecanismo de acesso centralizado, chamado de PCF.

A função do modo PCF é controlar as transmissões de uma rede através de um ponto central, chamado PC (*Point Coordinator*), utilizando o serviço síncrono, já o modo DCF utiliza o serviço assíncrono, fornecendo o acesso ao meio utilizando o protocolo CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collission Avoidance*) [Hayes 1999].

2.1 PCF

A função PCF é opcional e permite que as estações tenham prioridade no acesso ao meio. Essa prioridade é coordenada por uma estação chamada de PC (*Point Coordinator*) e,

geralmente, esta função é designada ao *Access Point* de uma rede BSS (*Basic Service Set*). No modo PCF o ponto de coordenação controla o acesso ao meio determinando qual estação deve transmitir através de consultas a estações relacionadas. Esse processo é chamado de *pooling*, sendo que o ponto de coordenação divide o tempo em períodos chamados de superquadros. Um superquadro é formado por um período livre de contenção (CFP - *Contention Free Period*) que é controlado pelo PCF, onde o acesso ao meio é ordenado e livre de colisões. O PC segue o modelo de consulta utilizando o algoritmo *round-robin*, já o segundo período é controlado pelo DCF e é chamado de CP (*Contention Period*), onde ocorre a concorrência pelo meio de acesso.

O controle de acesso funciona da seguinte forma: o ponto de coordenação envia um sinal chamado de *beacon*. *Beacon* é um sinal transmitido para as estações informando o início do período livre de contenção (CFP). O PCF tem uma prioridade mais alta do que o DCF, isto porque ele tem um período de tempo menor em relação ao DIFS, chamado de PIFS (*Point Interframe Space*). DIFS e PIFS são períodos de tempos utilizados para transmissões dos quadros, por isso nenhuma estação pode enviar antes do ponto de coordenação. As estações, ao receberem o *beacon*, atualizam seu vetor, chamado de NAV (*Network Allocation Vector*), com a informação de duração máxima do período livre de contenção (*CFP_Max_Duration*). Durante o período livre de contenção, o *Access Point* interroga as estações enviando um quadro de consulta para as estações cadastradas em sua tabela, se alguma estação deseja transmitir é enviado um quadro de ACK para o *Access Point*, mas antes de transmitir o ACK a estação deve esperar o tempo de período SIFS. Para qualquer transmissão, a estação deve aguardar um período de tempo SIFS (*Short Interframe Space*). Logo após o término da consulta na tabela, o *Access Point* reinicia a pesquisa, após esperar um tempo PIFS.

No modo PCF as transmissões são encerradas com um envio de um quadro *CF-End* pelo *Access Point*, passando do modo PCF para o DCF e voltando a utilizar o modo de contenção, sendo assim, o PCF volta a operar no próximo período de contenção livre.

2.2 DCF

O mecanismo DCF emprega o protocolo CSMA/CA este protocolo tem a implementação obrigatória, existindo um opcional que utiliza quadros de controle chamados RTS/CTS (*Request to Send/Clear to Send*), seu uso é opcional, mas deve ser implementada a sua função.

O protocolo CSMA/CA funciona da seguinte forma: antes de uma estação começar a transmitir, ela verifica se existe uma outra estação transmitindo no meio de comunicação. Se a estação detectar que o meio está inativo por um determinado período de tempo superior a DIFS, espaço distribuído entre os quadros, o quadro é transmitido. A estação receptadora, logo após o recebimento, envia um quadro de confirmação (ACK) num período de tempo SIFS, bem menor que o DIFS [MELO 2003]. Somente após o recebimento do ACK, a estação de origem assume que quadro chegou corretamente. Caso o ACK não chegue ao seu destino no intervalo de tempo esperado, significa que ocorreu uma colisão ou o algoritmo de CRC (*Cyclic Redundancy Checks*) detectou um erro no quadro.

Quando a estação deseja transmitir e o meio está ocupado ou a estação não recebeu o ACK de confirmação, a estação aciona um temporizador chamado de *backoff*, o qual funciona da seguinte forma: a estação calcula um valor aleatório no intervalo de 0 a

CW (*Contention Window* – CW_{min} e CW_{max}). Esse intervalo é calculado usando a seguinte expressão:

$$T_{backoff} = Rand(0, CW) * T_{slot}$$

Toda vez que o meio estiver inativo o *backoff* é decrementado, se a portadora detectar uma transmissão o *backoff* é parado naquele instante conservando o seu valor atual, o *backoff* é reiniciado no momento que o meio estiver inativo novamente, após o término do cálculo do *backoff* a estação pode transmitir. Estações que estão esperando mais de uma vez, ciclo de *backoff*, tem a vantagem em relação a estações que venham querer transmitir. Para reduzir a probabilidade de uma transmissão não sucedida o valor da janela de contenção é duplicado até atingir o valor máximo de CW_{max} . Caso o número máximo de tentativas (sete) de transmissões seja alcançado, o pacote é descartado e a estação inicia um novo *backoff* [Mello 2003].

Utilizando os quadros de controle. Uma estação deseja transmitir um quadro de dados, a estação tem a opção de transmitir um RTS, O quadro RTS tem a finalidade de reservar o meio, Os quadros RTS e CTS incluem informações da duração da transmissão e o tempo necessário da resposta correspondente do ACK [Rubstein 2003]. As demais estações utilizam estas informações contidas para atualizar o seu NAV, usando o NAV a estação sabe quando uma transmissão termina. Quando uma estação deseja transmitir um quadro de dados ela espera um tempo DIFS e envia um RTS este não possui nenhuma prioridade em relação as demais transmissões, a estação de destino recebe o RTS e envia o quadro CTS, após o meio estiver livre num tempo SIFS. As estações vizinhas recebem o CTS e ou RTS e atualizam o seu NAV, as estações terão que aguardar para acessar o meio conforme as informações contidas no seu vetor (NAV). A estação transmissora recebe o CTS e aguarda o meio estar livre e só então envia o seu quadro de dados aguardando um ACK de confirmação conforme o modelo básico do DCF. A utilização de quadros de controles RTS/CTS é usada para evitar terminais escondidos. Quando a estação A está transmitindo para B, porém C deseja transmitir para B mesmo que A esteja transmitindo, C acha que o meio está livre, o que resulta em colisão.

3. Qualidade de Serviço em redes WLANs IEEE802.11

A Qualidade de Serviço é definida pela ISO (*International Standard Organization*) como o efeito coletivo do desempenho de um serviço, o qual determina o grau de satisfação de um usuário. A Qualidade de Serviço em uma rede propõe a garantia do desempenho, conforme a necessidade das aplicações exigidas na transmissão. Essa necessidade pode ser baseada em reservas de recursos ou por classes de serviços diferenciados.

O fornecimento de QoS em redes sem fio difere de uma rede com fio. Existem alguns problemas nessas redes que exigem uma maior reserva de recursos da rede. Como problemas, pode-se citar: mobilidade, taxa de transmissão mais baixa, condições atmosférica, injustiça no compartilhamento de banda, instabilidade provocada pelo protocolo TCP, entre outros.

Em redes sem fio, o conceito de QoS é mais amplo. O tratamento é feito na diferenciação do acesso ao meio, ou seja, a estação tem uma maior probabilidade de acessar o meio utilizando classes de prioridades. Algumas propostas para implementar a diferenciação de serviço entre estações e classes de tráfego descrevem como podem ser efetuadas as modificações necessárias para prover a diferenciação através dos métodos DCF e PCF.

3.1 Diferenciação de Serviço

A diferenciação de serviço no modo DCF e PCF torna-se possível através de alterações de alguns parâmetros do funcionamento do protocolo MAC.

A diferenciação no modo PCF aborda como deve ser feito o escalonamento das consultas as estações. De acordo com [Caeiro 2002], o *pooling*, em vez de utilizar a técnica de escalonamento justo como *Round-Robin*, deve utilizar o WFQ (*Weighted Fair Queueing*), onde a criação de filas é baseada em classes de serviços por prioridades, e cada fila utiliza a técnica *Round-Robin*. Já em [Rubstein 2002] e [Rezende 2002], os autores propõem uma classificação na consulta por prioridade ou por alocação de *slots* de tempo. Como no modo livre de contenção (PCF) exige a utilização de um ponto de acesso (PC) a diferenciação de serviço é aplicado neste ponto. Na consulta por prioridade os autores propõem utilizar um mecanismo de consulta que leva em conta a prioridade da estação. Na técnica de alocação de *slots*, o ponto de acesso distribui os *slots* de tempo conforme a prioridade da estação.

Algumas técnicas de diferenciação de serviços propostas no modo DCF aplicam-se na variação de parâmetros no DIFS, *Backoff* e variação do tamanho de quadros.

Conforme [Melo 2003], a técnica de variação do tamanho no DIFS é definida na variação do parâmetro de tempo. O modo DCF libera o acesso ao meio conforme o tempo do DIFS. Uma estação com um DIFS maior terá uma baixa prioridade na hora de transmissão, em contrapartida, uma estação com um DIFS menor terá maior probabilidade de encontrar o meio livre na hora de sua transmissão. O DIFS é definido da seguinte forma:

$$\text{DIFS} = \text{SIFS} + N * \text{SlotTime}$$

Na fórmula acima, a variável N é o parâmetro que deve ser alterado para alcançar a diferenciação. De acordo com o padrão 802.11, o valor N será igual a 2, sendo que os valores de N não podem ser 0 ou 1, pois o DIFS teria um mesmo valor de um SIFS ou PIFS, causando falha no suporte ao MAC.

A diminuição do período aleatório do *Backoff* também influencia no tempo em que uma estação deve esperar antes de transmitir. A diferenciação é obtida através da mudança dos parâmetros do CW. Essa diferenciação está na escolha de valores num intervalo distinto, para o tamanho da janela CW, [MELO 2003]. Como exemplo, pode-se ter uma transmissão com prioridade alta, $\text{CW}_{\min} = 21$, e outra estação que com prioridade mais baixa, $\text{CW}_{\min} = 54$. A estação com baixa prioridade irá esperar mais tempo para acessar o meio, enquanto a estação com prioridade alta irá escolher um intervalo entre 0 e 21, reduzindo assim o tempo gasto com o *backoff* e um número mínimo de *slots*. Além disso, pode ocorrer que a estação com o intervalo entre 0 e 21 escolha aleatoriamente o valor 7 e a estação com intervalo 0 e 54 escolha 3. Desta forma, a estação de baixa prioridade terá a probabilidade de acessar o meio mais rápido.

Neste trabalho, foram estudadas várias técnicas utilizadas na diferenciação de serviços. Conforme [Vaidya 2000], o intervalo do *backoff* é calculado proporcionalmente ao tamanho do quadro a ser enviado e inversamente proporcional ao peso atribuído ao fluxo ao qual pertence o quadro. Com isso, o cálculo empregado utiliza um *backoff* menor já que o quadro a ser transmitido tem um tamanho maior. Já [Aad 2001] e [Cast 2001], aborda uma proposta diferente para o cálculo do *backoff*. Neste caso, o *backoff* é definido conforme a prioridade da transmissão, sendo escolhidos os intervalos da janela de contenção.

Uma outra técnica é a de diferenciação através do tamanho do quadro, que tem como característica o aumento do tamanho do quadro de dados na hora da transmissão. Uma estação, após ganhar o acesso ao meio, transmite seus dados com quadros de maior tamanho ganhando, assim, mais tempo de acesso ao meio. Esta técnica tem alguns problemas. Um deles é quando o meio produz taxas elevadas de erro. Outro problema está na utilização de aplicações em tempo real, já que este recurso utiliza, justamente, quadros de tamanhos menores para reduzir o retardo. Além disso, quanto maior o quadro enviado, maior será a probabilidade de fragmentação do mesmo, tornando a transmissão mais lenta.

4. Conclusões e Trabalhos Futuros

Em redes sem fios que utilizam o padrão 802.11 é adotada a filosofia de transmissão de melhor esforço, ou seja, cada estação recebe o mesmo tratamento na transmissão de seus dados e compartilha a largura de banda com todos os fluxos de dados das demais estações da rede. Este é o grande problema encontrado nas redes 802.11, não há garantia de que o serviço realizado com sucesso, nem mesmo de desempenho, mas algumas aplicações exigem este comprometimento e tais garantias na transmissão. Por isso é fundamental prover QoS em rede sem fios.

Foram apresentadas algumas propostas que podem ser utilizadas para prover qualidade de serviço em uma rede 802.11. Foi concluído que controlar o acesso ao meio é uma forma de se obter a diferenciação de serviço e com isso implantar prioridades para estabelecer QoS.

Como trabalhos futuros pretende-se explorar as técnicas estudadas no artigo para atingir a diferenciação de serviço, através de simulações. Com base na utilização do *Network Simulator* pretende-se criar um modelo de simulação entre duas redes sem fios. Este modelo deve propor um ambiente o mais próximo possível da realidade. Para atingir a validação das técnicas empregadas na simulação será necessário criar dois ambientes paralelos. Um propondo atingir a diferenciação, aplicando as técnicas de controle ao acesso ao meio e outro com um ambiente sem nenhuma alteração. Deve ser levar em conta os números de estações da rede, bem como o período de tempo, velocidade do link entre as estações, o tipo de tráfego gerado, se ocorrer mobilidade entre as estações de cada rede, ambas as redes devem conter as mesmas coordenadas. O resultado final fornecido pelo simulador entre as simulações deve ser analisado e avaliado.

5. Referências Bibliográficas

- Aad. I., Castelluccia. C. (2001) "Differentiation mechanisms for IEEE 802.11", disponível em <http://www.inrialpes.fr/planete/people/aad/infocom2001.pdf>.
- Anastasi. G., De Stefano. E., Lenzi. L. (2000) "QoS Provided by the IEEE 802.11 Wireless LAN to Advanced Data Applications: a Simulation Analysis", disponível em <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=340910&dl=ACM&coll=portal>.
- Battiti, R., Li B. (2003) "Supporting Service Differentiation with Enhancements of The IEEE 802.11 MAC Protocol: Models and Analysis", disponível em <http://citeseer.ist.psu.edu/battiti03supporting.html>.
- Caeiro, L., Rocha, R. (2002) "QoS em redes sem fios: estado da arte e novas soluções", disponível em www.fccn.pt/crc2002/v2/ppts/dia27/sessao5/luisa_caeiro.ppt.

- Chang, M.C., Lee Kang-Won. (2002) “Wireless QoS Analysis for a Rayleigh Fading Channel”, disponível em <http://www-tkn.ee.tu-berlin.de/~aaguiar/wjc/icc98.3.ps>.
- Gaertner, G. Cahill, V. (2004) “Understating Link Quality in 802.11 Mobile Ad Hoc Networks”, disponível em <http://dsonline.computer.org/0401/f/w1stop.htm>.
- Garg, P. *et al* . (2003) “Using IEEE 802.11e MAC for QoS over Wireless”, disponível em <http://mosquitonet.stanford.edu/software/802.11e/ipc84.pdf>.
- Gast, M. (2002) “802.11 Wireless Networks:The Definitive Guide”, Editado por Mike Loukides.
- Hayes, Vic., *et al* (1999) “ Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band”, disponível em <http://standards.ieee.org/wireless/>.
- ISI (2004) “The Network Simulator –ns-2”, disponível em <http://www.isi.edu/nsman/ns/>.
- Leon-Garcia, A, Widjaja I.(1999) “Communication Networks”, Editado por Sue Culbertson.
- Melo Filho, J.C. (2003) “Mecanismo de Controle de Qualidade de Serviço em Redes IEEE 802.11”, disponível em <http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/Coelho03/Coelho03.pdf>.
- Melo Filho, J.C., Rezende, J.F., Pirmez, L. (2003) “Seleção Dinâmica de Parâmetros de Controle de Qualidade de Serviço em Redes IEEE 802.11 Infra-Estruturadas”, disponível em <http://www.gta.ufrj.br/ftp/gta/TechReports/FRPS03.pdf>.
- Nedeltchev, P. (2001) “Wireless Local Área Networks and the 802.11 Standard”, disponível em <http://www.cisco.com/warp/public/784/packet/jul01/pdfs/whitepaper.pdf>.
- Rubstein, M., Rezende, J.F. (2002) “Qualidade de Serviço no Controle de Acesso ao Meio de Redes 802.11”, Workshop em Qualidade de Serviço e Mobilidade 2002.
- Silva, A., *et al*. (2003) “Redes Wireless Bluetooth”, Anais da Escola Regional Redes Computadores, 2003.
- Srikant, S. (2003) “Analysis of 802.11b MAC: A QoS, Fairness, and Performance Perspective”, disponível em <http://www.ecsl.cs.sunysb.edu/~srikant/>.
- Tanenbaum, A. (1997) “Redes de Computadores”, Tradução da 3ª edição, Rio de Janeiro, Campus.
- Truong, H.L., Vannuccini G. (2003) “The IEEE 802.11e MAC for Quality of Service in Wireless LANs”, disponível em <http://citeseer.ist.psu.edu/554451.html>.
- Vaidya, N., Bahl, P., Gupta, S. (2000) “Distributed Fair Scheduling in a Wireless LAN”, disponível em <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=345939&dl=ACM&coll=portal&CFID=11111111&CFTOKEN=22222222>.