



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
ENGENHARIA DE TELECOMUNICAÇÕES – CAMPUS SÃO JOSÉ

Padrão IEEE 802.11e

André Weber

Gabriel Cantu

Gabriel de Souza

Lucas Lucindo

São José, 14 de março de 2016

Padrão IEEE 802.11e

Trabalho apresentado à disciplina de Redes de Computadores II de Engenharia de Telecomunicações do IFSC – Campus São José como requisito para aprovação na disciplina RED29005.

Prof. Jorge Henrique B. Casagrande

André Weber

Gabriel Cantu

Gabriel de Souza

Lucas Lucindo Vieira

1 Introdução

O uso de redes sem fio ao redor do mundo tem aumentado exponencialmente nos anos recentes, passando a integrar o dia a dia das pessoas através de notebooks, tablets, smartphones e outros dispositivos que permitem o acesso à rede. Tais dispositivos, por sua vez, fazem de forma cada vez mais intensa, o uso de aplicações multimídia (MA), tais quais vídeos, áudios e comunicações de banda larga. Por conta do processo acima evidenciado, o padrão 802.11 tornou-se incapaz de prover boa qualidade de serviço para esse tipo de aplicação.

O padrão adotado pela *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) é o 802.11, que se divide em duas categorias: *Distributed Coordination Function* (DCF) e *Point Coordination Function* (PCF). Em ambas, a qualidade de serviço oferecida para MA é insignificante. Por exemplo, o DCF fornece apenas o mecanismo de *best effort*, no qual todas as estações conectadas à rede competem igualmente pelo meio, de modo que não exista priorização de pacotes. O PCF, por sua vez, foi projetado para priorizar determinadas aplicações, como por exemplo as MAs. No entanto, é propenso a ocorrência de problemas. Por exemplo, suponha uma rede que implementa uma classe de escalonamento do tipo *round-robin*. Para o PCF acessar o meio de transmissão, ele necessita enviar um beacon frame quando o meio estiver ocioso, porém, se o meio estiver ocupado (não for a vez dele de usar o meio, de acordo com round robin), um atraso pode ser gerado por conta da espera. O PCF tem dificuldades em controlar o tempo de transmissão da estação escolhida para transmitir, pois ela pode enviar frames de dados de 0 a 2304 bytes de comprimento, e o AP não sabe o tamanho do frame a ser recebido.

Para tentar encontrar uma solução para os problemas citados acima, no ano de 2005, foi aprovada pela IEEE o padrão 802.11e, que agrega *QoS* (Quality of Service) às redes IEEE 802.11. No ano seguinte, já eram comercializados os primeiros equipamentos com suporte a essa nova tecnologia. No geral, esse novo padrão permite diferenciar classes de tráfegos, e também o recurso de *Transmission Opportunity* (TXOP), que permite a transmissão de dados em rajadas.

Um novo formato de MAC foi proposto para o padrão IEEE 802.11, chamado *Hybrid Coordination Function* (HCF). Dentro do HCF, foi definido um método de acesso ao meio

baseado em contenção, chamado *Enhanced Distributed Channel Access* (EDCA), que opera simultaneamente com um método de acesso ao meio baseado em *polling*, chamado HCCA. As duas funções desse novo formato MAC serão descritas no decorrer desse documento.

2 EDCA

O mecanismo EDCA é um mecanismo distribuído que provê acesso diferenciado ao meio de transmissão para estações que necessitam de QoS, com oito níveis diferentes de prioridades. O EDCA define quatro categorias de acesso, que proveem o suporte necessário para a entrega do tráfego com *User Priority* (UP) para as estações.

A norma IEEE 802.1p permite que os fluxos sejam tratados de forma diferenciada nas redes LAN através da definição de 8 classes de tráfego. Para tal, recorre-se ao campo de prioridade definido pela norma IEEE 802.1Q.

Prioridade	Prioridade do Usuário (Mesma UP da Prioridade de Usuário 802.1D)	Designação 802.1D	Categoria de Acesso (AC)	Designação (Informação)
Menor ↓ Maior	1	BK	AC_BK	Segundo Plano
	2	-	AC_BK	Segundo Plano
	0	BE	AC_BE	Melhor Esforço
	3	EE	AC_BE	Melhor Esforço
	4	CL	AC_VI	Video
	5	VI	AC_VI	Video
	6	VO	AC_VO	Voz
	7	NC	AC_VO	Voz

Figura 1 - Tabela de prioridades

Os parâmetros mais importantes utilizados pelo EDCA para proporcionar diferenciação de acesso ao meio são:

- CW - janela de contenção, que possui função semelhante daquela usada no DCF;
- AIFNS - tempo mínimo para o início da CW chamado Arbitration Interframe Scape Number, que se equivale ao DIFS no DCF;
- TXOP - oportunidade de transmissão.

Através desses parâmetros, é possível criar diferentes oportunidades de acesso ao meio. Por exemplo, um fluxo que possui um valor de AIFSN menor, consegue acesso ao meio com maior probabilidade que um fluxo de dados tipo *best effort*, usado no DCF.

Os mecanismos de CW e AIFSN proporcionam uma prioridade no acesso ao meio de acordo com o tipo de tráfego. A escolha da categoria de acesso (AC) é feita em função do tipo de dados recebidos pela camada superior à MAC. As quatro ACs são definidas como:

- Voz (AC_VO) - Essa categoria define os tráfegos originados por dispositivos que possuem a função de transmitir informação de voz sobre dados, como o exemplo de um telefone VoIP. A principal característica desse tipo de tráfego é a intolerância a atrasos que possam ocorrer na transmissão e o Jitter. Por esse motivo, essa categoria possui a maior prioridade de transmissão de dados.
- Vídeo (AC_VI) - Essa categoria define o tráfego de imagem gerado por dispositivos captadores de imagens, como uma webcam. O tráfego de vídeo também possui a característica de não poder sofrer atraso na transmissão, e por esse motivo, possui prioridade sobre as transmissões do tipo Best Effort e Background.
- Dados Best Effort (AC_BE) - Essa categoria define o tráfego de dados sem nenhum compromisso com o prazo de entrega, apenas sendo necessário que a informação seja entregue. Outra característica dessa categoria é o tráfego em rajada de maneira imprevisível. Uma aplicação típica é o HTTP.
- Dados Background (AC_BK) - Essa categoria define o tráfego de dados, que a exemplo do AC_BE, não possui nenhum compromisso com o prazo de entrega, porém com alta taxa de transferência. Uma aplicação típica é o FTP.

Portanto, por exemplo, um quadro de voz é direcionado para o AC_VO, que possui valores de CW e AIFSN menores, aumentando a probabilidade de acesso ao meio, antes de um quadro da AC_BE.

Dentro da mesma AC, a estratégia utilizada é FIFO. A prioridade existe somente entre diferentes tipos de tráfego, sendo que para um mesmo tipo de tráfego não existe prioridade. Por isso, a anomalia do MAC ainda pode ocorrer.

Os valores padrões definidos pelo IEEE 802.11e estão descritos na figura abaixo:

AC	CW _{min}	CW _{max}	AIFSN
AC_BK	aCW _{min}	aCW _{max}	7
AC_BE	aCW _{min}	aCW _{max}	3
AC_VI	$(aCW_{min}+1)/2 - 1$	aCW _{min}	2
AC_VO	$(aCW_{min}+1)/4 - 1$	$(aCW_{min}+1)/2 - 1$	2

Figura 2 - Tabela de valores padrões

Os parâmetros de CW definem um tempo aleatório que uma estação aguarda antes de acessar o meio. A estação que deseja transmitir aguarda um tempo aleatório que está entre 0 e CW valores de TimeSlot, escolhido aleatoriamente no intervalo.

São definidos dois intervalos (máximo e mínimo) que a janela pode possuir. O primeiro é o valor mínimo que é escolhido na primeira tentativa de transmissão. Caso ocorra falha na transmissão, o valor de CW é dobrado e uma nova tentativa de transmissão é feita. Caso ocorram falhas sucessivas na transmissão, o valor da CW é dobrado até o limite estabelecido pelo valor CW_{max} . Em caso de sucesso na transmissão, o próximo valor de CW volta a ser o determinado por CW_{min} .

O parâmetro AIFSN é um intervalo de tempo em que a estação aguarda antes de começar a transmitir. Diferente de CW, mesmo em caso de falha ou sucesso na transmissão, uma estação que quer transmitir é obrigada a aguardar o AIFSN. Esse intervalo de tempo permite que outros *frames* de controle possam ser transmitidos e recebidos por todas as estações da rede, uma vez que os mesmos não necessitam aguardar o tempo de AIFSN.

O TXOP é um intervalo de tempo reservado para a transmissão de vários quadros sequencialmente de uma única estação, podendo atuar como um fator de priorização.

2.1 HCCA (HCF controlled channel access)

O mecanismo livre de contenção conhecido como *HCF Controlled Channel Access* (HCCA) estende as regras de acesso do EDCA permitindo maior prioridade de acesso ao HC (*hybrid coordinator*) durante o período livre de contenção e o período de contenção. Ao

contrário do EDCA, o HCCA é opcional e requer o uso do *polling* e algoritmos de *scheduling* para alocar recursos (Sehrawat et al., 2007).

Referindo-se especificamente ao PCF, o HCCA resolve três grandes limitações de QOS (Qiang Ni, 2005):

A primeira limitação é que o PCF define apenas um algoritmo de escalonamento *round robin* de classe única que não é capaz de lidar com vários requisitos de QOS de diferentes classes de tráfego. O HCCA introduziu o conceito de diferentes classes de tráfego chamado de *traffic streams (TSs)* e permitiu que fabricantes melhorassem os algoritmos de escalonamento sem se preocupar com normas de padrão. Ou seja, o fabricante é livre para projetar algoritmos de escalonamento multiclasse que suportam diferentes tipos de aplicações.

A segunda limitação se dá no atraso de envio do beacon (frame de gerenciamento). O AP (Access Point) agenda uma transmissão do beacon a cada TBBT (*target beacon transmission time* - É o tempo usado pelo AP para gerar um frame beacon), porém o PCF permite que estações transmitam mesmo que essas não consigam terminar antes do próximo TBBT, logo o meio transmissor pode estar ocupado e por tanto o envio agendado do beacon pode ser comprometido e sofrer atraso que se propagarão nas próximas transmissões. A saída encontrada pelo HCCA para esta limitação é não permitir que uma estação QSTA (QoS-enhanced STAs) envie um frame se a transmissão deste não for concluída antes do próximo beacon.

A última limitação nasce da dificuldade existente para o PCF de controlar o tempo de transmissão das estações e oferecer uma boa performance de jitter (variação do atraso entre os pacotes sucessivos de dados) por diferentes razões: Tamanho variável de frames (0 - 2304 bytes) que pode introduzir variação no tempo de transmissão e a taxa variável de transmissão de dados no meio físico. No HCCA esta última limitação foi resolvida utilizando o conceito de oportunidade de transmissão TXOP (“duração de tempo onde é permitido que a QSTA transmita uma rajada de frames de dados.” - Qiang Ni, 2005) que limita o tempo de transmissão do QSTA *polled*.

No HCCA quando a janela livre de contenção deve ser iniciada o HC, que controla o acesso ao meio, espera pelo tempo de PIFS (Mais curto que AIFSN) então faz um *broadcast* de um beacon frame que é recebido pelas QSTAs que se silenciam até o fim da janela de contenção. O HC então começa o processo de *polling* e aloca TXOP (através do envio de um

QoS CF-Poll frame especificando AC e duração de TXOP) de cada estação que pede para ser alocada. Quando a estação que requisitou o TXOP recebe o *QoS CF-Poll frame* ela pode transmitir até que não tenha mais dados ou o tempo TXOP expire.

Quando todas estações forem varridas por polling ou a duração da janela livre de contenção expirou o HC termina o broadcast transmitindo um *CF-End frame* e a janela de contenção é iniciada novamente.

3 Considerações Finais

O padrão 802.11 tornou-se ineficaz com a popularização das aplicações de mídia (MA). O padrão 802.11, divide-se em duas categorias: *Distributed Coordination Function* (DCF) e *Point Coordination Function* (PCF). Essas duas categorias possuem alguns problemas. Em resposta a essas falhas, foi adotado um novo padrão, batizado de 802.11e. Junto ao surgimento das MAs, foram desenvolvidos vários mecanismos dentro do padrão 802.11e, entre eles, o *Enhanced Distributed Channel Access* (EDCA) e o *HCF Controlled Channel Access* (HCCA). O EDCA utiliza quatro parâmetros para melhorar a diferenciação ao acessar o meio: CW, AIFNS, Number e TXOP. O HCCA resolve três limitação do QoS, utilizando os conceitos de *traffic streams* e oportunidade de transmissão TXOP, além de adotar uma estratégia limitação de transmissão do QoS-enhanced STAs.

4 Referências

[1] NI, Qiang. **Performace Analysis and Enhancements for IEEE 802.11e Wireless Network**. Irlanda, Julho de 2005.

[2] MANGOLD, Stefan; CHOI, Sunghyun; HIERTZ, Guido R.; KLEIN, Ole and WALKE, Bernhard. **Analysis of IEEE 802.11e for QoS Support int Wireless LANs**. Alemanha, Dezembro de 2003.