

5 Classificadores e Condicionadores de Tráfego

5.1. Classificadores e Condicionadores de tráfego

O modelo DiffServ usa condicionadores de tráfego (*Traffic Conditioners - TC*) para moldar, marcar e descartar o tráfego, se necessário. Estas operações são essenciais para que o tratamento diferenciado possa ser realizado em uma rede DiffServ. Esta seção descreve os componentes de um condicionador de tráfego e como eles se relacionam para conseguir um esquema de descarte diferencial nos roteadores de núcleo. Para entender o funcionamento de um condicionador de tráfego é importante entender a função de um classificador e a definição de perfil de tráfego.

O classificador classifica os fluxos de entrada com base no conteúdo do cabeçalho do pacote e/ou em diferentes atributos do pacote que podem ser implicitamente derivados.

Perfil de tráfego especifica as propriedades temporais de um tráfego selecionado por um classificador. Possui regras que permitem determinar se um determinado pacote está ou não em conformidade com um determinado perfil (*in-profile* ou *out-profile*).

Um condicionador de tráfego pode ser formado pelos seguintes elementos: medidor, marcador e moldador/descartador. Um fluxo apropriadamente selecionado pelo classificador é conduzido ao bloco medidor ou marcador. O medidor é usado para comparar o tráfego com o perfil de tráfego contratado. O estado do medidor em relação a um determinado pacote (*in-profile/out-profile*) pode ser usado para executar uma das seguintes operações: marcação, descarte ou moldagem. Na saída do condicionador de tráfego de um nó DiffServ de borda o pacote deve estar com o DSCP apropriadamente configurado. A figura 5.1 apresenta os principais elementos de um condicionador de tráfego. É importante ressaltar que o condicionador de tráfego não tem necessariamente que conter os quatro elementos. Por exemplo, um cenário de rede onde não é definido um perfil de tráfego, os pacotes irão passar apenas pelo classificador e pelo marcador.

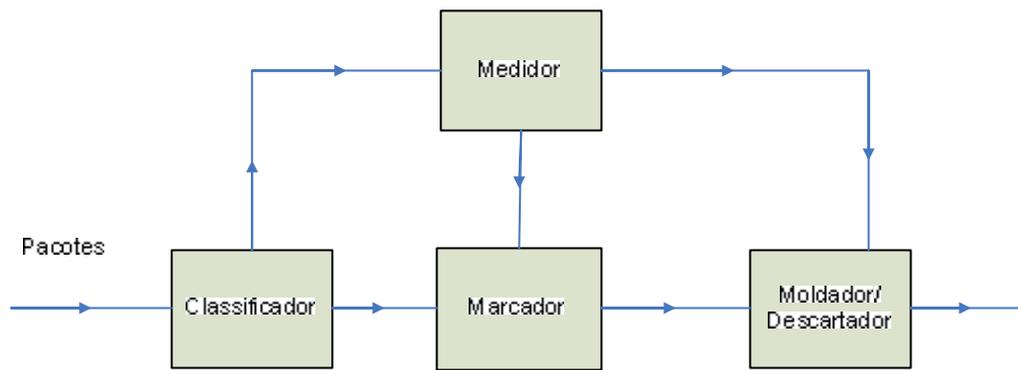


Figura 5.1: Visão lógica do Classificador e Condicionador de tráfego

Os medidores comparam as propriedades temporais de um fluxo selecionado pelo classificador com o perfil de tráfego especificado do TCA (*Traffic Conditioning agreement*). O TCA é um acordo que especifica as regras de classificação de pacotes e perfis de tráfego correspondentes. Especifica também, regras de condicionamento de tráfego a serem aplicadas aos fluxos de tráfego selecionados pelo classificador (inclui as regras explicitamente indicadas num SLA e regras implícitas derivadas dos requisitos do serviço e/ou das políticas de provisão de serviços no domínio). O medidor passa informações para os outros condicionadores de tráfego para que a ação apropriada seja tomada em relação ao pacote.

Os marcadores marcam o campo DSCP de um pacote com um determinado código, adicionando o pacote marcado a um determinado agregado. Um marcador pode ser configurado para marcar todos os pacotes com o mesmo código, ou marcar o pacote com um dos vários códigos usados para selecionar um PHB de acordo com o estado do medidor. Quando um marcador muda o código de um pacote, ele está remarcando o pacote.

Os moldadores atrasam alguns ou todos os pacotes para atender as especificações do perfil de tráfego. Um moldador possui usualmente um *buffer* de tamanho finito, e os pacotes poderão ser descartados se não existir espaço suficiente no *buffer* para segurar pacotes atrasados.

O bloco descartador descarta os pacotes para atender as especificações do perfil de tráfego. Este processo é conhecido como policiamento.

O bloco mais importante de um condicionador de tráfego é o marcador. Vários marcadores estão propostos na literatura [10, 11, 12, 13, 14]. A função destes mecanismos é marcar o tráfego de acordo com o perfil contratado pelo usuário. O comportamento dos marcadores tem grande impacto no nível do

serviço em relação à largura de faixa obtida por um fluxo TCP que atravessa um domínio DiffServ.

A justiça na distribuição de largura de faixa varia de acordo com o marcador utilizado e o cenário de análise. Por exemplo, fluxos TCP com expectativas de serviços diferentes e a presença de fluxos insensíveis a congestionamento (não-adaptativos) conduzem a uma distribuição da largura de faixa excedente (largura de faixa não contratada) de forma injusta.

5.2. Marcadores de tráfego

Os marcadores são responsáveis por marcar os pacotes que chegam ao roteador de acordo com o perfil de serviço contratado pelo usuário. O tráfego que estiver de acordo com as especificações do perfil de serviço será marcado com baixa prioridade de descarte e receberá um melhor atendimento. Por outro lado o tráfego que não respeitar o perfil de serviço será marcado com alta prioridade de descarte e receberá um serviço de “melhor esforço”.

Os marcadores podem ser classificados em duas categorias: marcadores baseados em balde de fichas e marcadores baseados em um estimador de taxa média. A seguir, serão apresentadas as características de cada categoria juntamente com alguns condicionadores de tráfego propostos.

5.2.1. Marcadores baseados em balde de fichas

O algoritmo balde de fichas [29] é um mecanismo de moldagem de tráfego que atrasa o tráfego das aplicações que excedem uma taxa pré-determinada. Este algoritmo possui dois parâmetros: o tamanho do balde N e a taxa de preenchimento do balde K . Os parâmetros N e K podem ser expressos em bytes, bits ou pacotes.

Neste algoritmo, o balde é preenchido com fichas a uma taxa K . Cada pacote transmitido consome uma ficha do balde. Caso não haja fichas, o pacote não é transmitido, podendo ser armazenado no *buffer*. A taxa de saída varia de acordo com a taxa de chegada até quando o valor da taxa de chegada for igual ou menor do que K . As fichas que não são consumidas são acumuladas no balde até enchê-lo. A partir daí as fichas são perdidas. Entretanto, quando a taxa de chegada é maior do que K a taxa de saída vai depender da quantidade de

fichas armazenadas no balde. Enquanto houver fichas a consumir, a taxa de saída varia de acordo com a taxa de entrada até um máximo determinado pela velocidade do enlace. Quando não há mais fichas a consumir, o tráfego obedece a taxa de geração de fichas K . Logo este algoritmo permite que ocorram rajadas de tráfego com taxas superior à K na saída dos dispositivos.

Na arquitetura DiffServ os condicionadores de tráfego baseados em baldes de fichas utilizam como mecanismo de medição um ou mais baldes de fichas. A marcação varia em função da disponibilidade de fichas no(s) balde(s). O número de balde de fichas é função do número de níveis utilizados na marcação. Para dois níveis de marcação, é utilizado apenas um balde. Para três níveis de marcação são utilizados dois baldes. A seção a seguir apresenta alguns condicionadores de tráfego baseados em baldes de fichas utilizados na arquitetura DiffServ.

5.2.1.1. Balde de Fichas

Um condicionador de tráfego simples pode ser construído a partir de uma adaptação do algoritmo de balde de fichas. O caso mais simples consiste na definição de apenas dois níveis de marcação. Nesta implementação, a capacidade máxima do balde de fichas é determinada por CBS (*Committed Burst Size*), e o balde é preenchido com fichas a uma taxa CIR (*Committed Information Rate*). Ou seja, as fichas são colocadas no balde a uma taxa média constante CIR. Se existirem fichas disponíveis os pacotes serão marcados de verde (dentro do perfil), caso contrário de vermelho (fora do perfil) ou amarelo, dependendo da implementação. Em um PHB AF cada uma dessas cores está associada a um DSCP. A figura 5.2 ilustra este princípio de funcionamento.

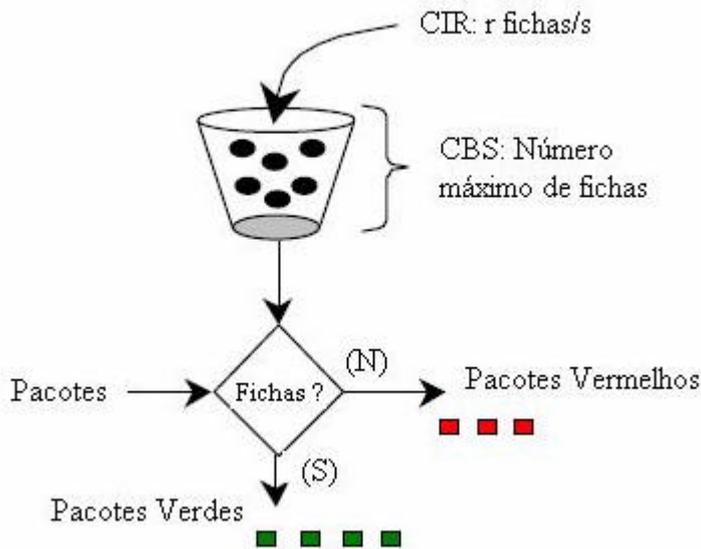


Figura 5.2: Balde de Fichas

O balde de fichas é um algoritmo que possibilita a transmissão de pacotes em rajadas onde o tamanho máximo da rajada é determinado pelo tamanho do balde. Esta característica é extremamente importante porque permite uma resposta rápida para surtos repentinos.

5.2.1.2. Single Rate Three Color Marker (srTCM)

O srTCM [12] mede um tráfego IP e marca os pacotes de verde, amarelo ou vermelho. Para marcar os pacotes são utilizados três parâmetros: CIR (*Committed Information Rate*), CBS (*Committed Burst Size*) e EBS (*Excess Burst Size*). Sendo EBS a máxima quantidade em excesso ao que foi comprometido (CBS) que a rede pode transmitir em um intervalo de tempo de referência. O srTCM utiliza dois baldes de fichas C e E que possuem a mesma taxa de chegada de fichas CIR. O tamanho máximo do balde de fichas C é CBS e do balde de fichas E é EBS. A figura 5.3 ilustra o princípio de funcionamento do srTCM.

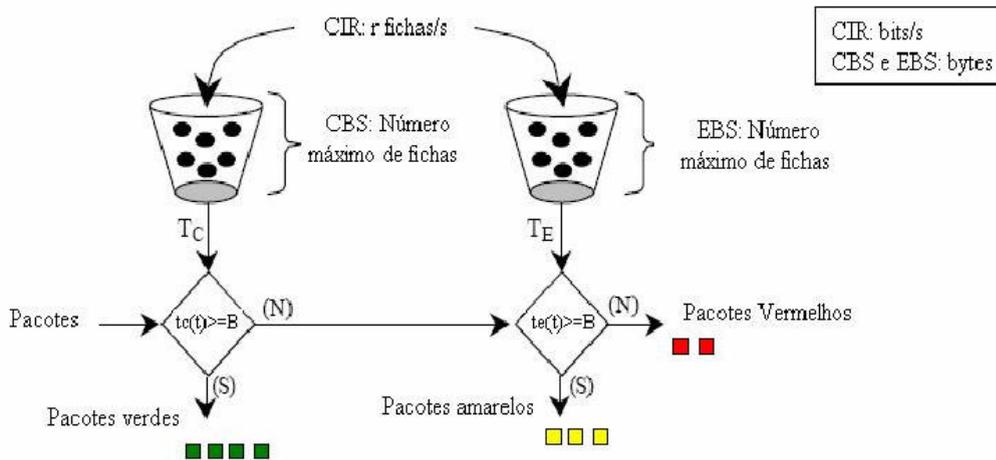


Figura 5.3: Single Rate Three Color Marker

Os baldes de fichas C e E estão inicialmente cheio de fichas, ou seja $t_C(0)=CBS$ e $t_E(0)=EBS$, onde $t_C(0)$ e $t_E(0)$ representam a quantidade de bytes armazenados no balde C e E, respectivamente, no instante 0. Quando um pacote de tamanho B bytes chega em um determinado instante, o seguinte algoritmo é executado:

- Se $t_C(t) = B$ o pacote é marcado de verde, e t_C é diminuído de B, senão
- Se $t_E(t) = B$ o pacote é marcado de amarelo, e t_E é diminuído de B, senão
- O pacote é marcado de vermelho. Neste caso nem t_C nem t_E são decrementados.

5.2.1.3. Two Rate Three Color Marker (trTCM)

O trTCM [13] é muito semelhante ao marcador srTCM. No srTCM os dois baldes de fichas possuem a mesma taxa de chegada CIR. No trTCM são definidos dois baldes de fichas P e C, com taxa PIR (*Peak Information Rate*) e CIR (*Committed Information Rate*) respectivamente. Sendo PIR a taxa máxima de informação aceita pela rede por um período determinado. O tamanho máximo do balde de fichas P é PBS e do C é CBS. Sendo PBS a máxima quantidade de dados aceita pela rede para ser transmitida em um determinado período a uma taxa PIR. A figura 5.4 ilustra o princípio de funcionamento do trTCM.

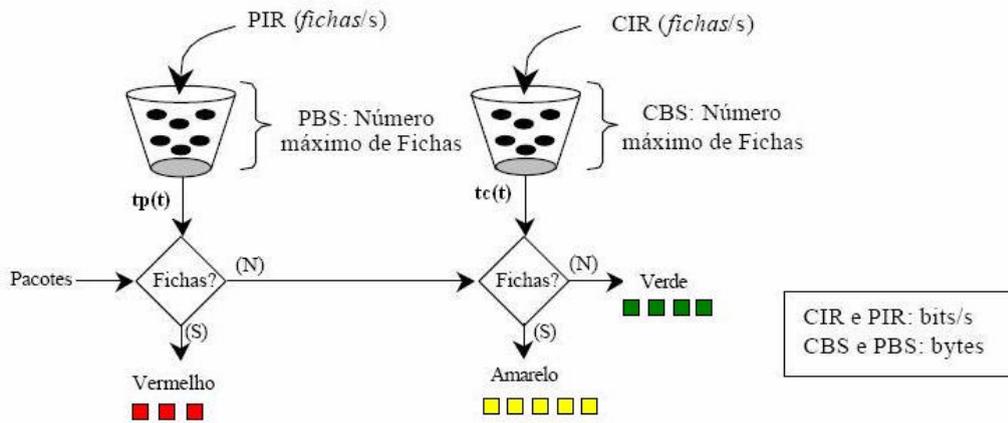


Figura 5.4: Two Rate Three Color Marker

Os baldes de fichas P e C estão inicialmente cheio de fichas ($t=0$), ou seja $t_p(0) = \text{PBS}$ e $t_c(0) = \text{CBS}$. Quando um pacote de tamanho B bytes chega no instante t o seguinte algoritmo é executado

- Se $t_p(t) < B$, o pacote é marcado de vermelho, senão
- Se $t_c(t) < B$, o pacote é marcado de amarelo e t_p é decrementado de B , senão
- O pacote é marcado de verde e t_p e t_c são decrementados de B

5.2.2. Marcadores baseados em Estimadores de Taxa Média

Na marcação baseada em estimadores de taxa média, o processo de medição é realizado através da estimativa da taxa média de informação enviada pelos fluxos individuais ou agregados. A razão para medir a taxa média é acomodar a natureza em rajadas do tráfego TCP. Nos mecanismos baseados em balde de fichas, as rajadas de tráfego TCP são suportadas pelo acúmulo de fichas nos baldes.

5.2.2.1. Marcador de Janela Deslizante no Tempo – tswTCM

O tswTCM [15] marca os pacotes de verde, amarelo ou vermelho. A marcação dos pacotes é realizada através da comparação da vazão medida de um determinado tráfego com as taxas CIR (*Committed Information Rate*) e PIR

(*Peak Information Rate*). Sendo CIR a taxa contratada, e PIR a taxa máxima de informação aceita pela rede por um período determinado. O marcador tswTCM consiste basicamente de dois componentes: um estimador de taxa e um marcador. Quando o marcador estiver sendo utilizado em um PHB AF, cada cor corresponderá a um nível de precedência de descarte. A figura 5.5 mostra o diagrama em blocos do tswTCM.

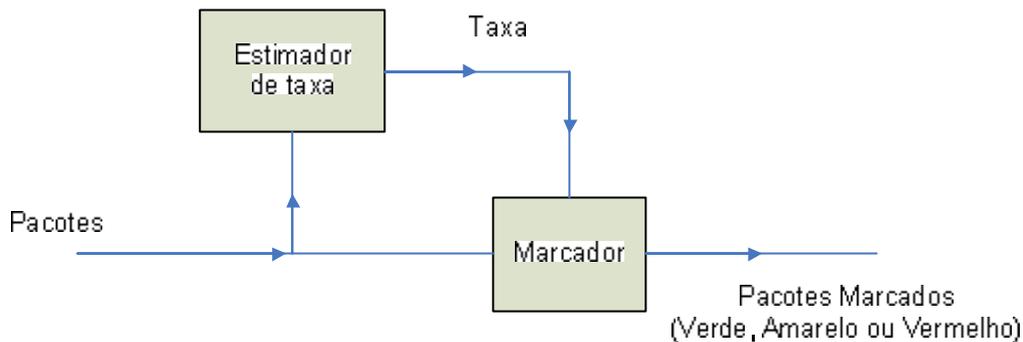


Figura 5.5: Diagrama em blocos do tswTCM

O estimador de taxa é o bloco responsável por estimar a taxa de chegada de um determinado tráfego. No algoritmo de medição, a taxa média é estimada a cada chegada de um novo pacote, essa taxa é calculada em uma janela de tempo finito que decai com o tempo. A taxa estimada é utilizada pelo marcador para determinar com qual cor um determinado pacote deve ser marcado. Os algoritmos de medição e marcação se encontram no apêndice A. A lógica utilizada no algoritmo de marcação tswTCM está descrita abaixo.

- Se a taxa média estimada for menor ou igual a CIR , o pacote será marcado de verde.
- Se a taxa média estimada for maior do que CIR e menor ou igual a PIR, os pacotes serão marcados de amarelo com probabilidade P_0 e marcados de verde com probabilidade $(1-P_0)$.
- Se a taxa média estimada for maior do que PIR, os pacotes serão marcados de vermelho com probabilidade P_1 , de amarelo com probabilidade P_2 e de verde com probabilidade $(1-(P_1 + P_2))$.

O tswTCM pode ser configurado para essencialmente trabalhar com uma única taxa. Se o PIR e CIR tiverem os mesmos valores todos os pacotes serão marcados de verde ou vermelho e não haverá pacotes marcados de amarelo. Se o PIR for configurado com a velocidade do enlace e CIR estiver abaixo de PIR, todos os pacotes serão marcados de verde ou amarelo. Não havendo pacotes vermelhos.

5.2.2.2.

Marcador de Janela Deslizante no Tempo – TSW2CM

Uma variação do tswTCM, o marcador Time Sliding Window Two Color Marker (TSW2CM) [28] utiliza apenas duas precedências de descarte onde o pacote é marcado de verde ou amarelo. Para isso é utilizado apenas o parâmetro CIR. O algoritmo do TSW2CM é apresentado abaixo:

- *Se a taxa média estimada for menor ou igual a CIR , o pacote será marcado de verde.*
- *Senão, os pacotes serão marcados de amarelo com probabilidade P_0 e marcados de verde com probabilidade $(1-P_0)$.*