

# Um Esquema de Controle de Acesso ao Meio (MAC) com Distinção de Classes de Serviços para ATM sem Fio (WATM)

Elaine Cristina Farinchön de Pádua Vicente  
Shusaburo Motoyama

Departamento de Telemática - Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação  
Universidade Estadual de Campinas – Unicamp  
Caixa Postal 6101, CEP: 13.083-970, Campinas SP – Brasil  
Tel.: (19) 3788-3765, Fax: (19) 3289-1395  
[elaine.motoyama@dt.fee.unicamp.br](mailto:elaine.motoyama@dt.fee.unicamp.br)

## RESUMO

Neste artigo é proposto um esquema de acesso ao meio (MAC) com distinção de classes de serviços para ATM sem fio. O protocolo proposto utiliza um eficiente esquema de reserva de canais uplink e permite também uma ordem de prioridade para atendimento de classes de serviços. São detalhadas as estruturas dos quadros uplink e downlink. É feita também uma comparação das características do esquema proposto com dois protocolos descritos na literatura.

## 1. INTRODUÇÃO

Vários estudos estão sendo feitos internacionalmente para a implementação de uma Rede Digital de Serviços Integrados (RDSI) que seja flexível e capaz de fornecer em uma plataforma comum os diversos serviços, bem como os novos serviços que venham a ser propostos.

Para que haja um controle mais efetivo no desenvolvimento dessa rede, um esforço maciço de padronização vem sendo feito internacionalmente e em fins da década de 80, teve início a proposta de implementação de uma RDSI baseada na tecnologia de comutação rápida de pacotes, levando à definição pela ITU-T e ATM Forum das redes ATM (Asynchronous Transfer Mode)

A rede ATM tem como objetivo oferecer uma rede única e universal para a transmissão dos mais variados serviços, com os mais variados requisitos de taxas de transmissão, qualidade e eficiência na utilização de recursos. Sua tecnologia é baseada na comutação rápida de pacotes. Cada pacote tem comprimento fixo de 53 bytes e é denominado célula

O desenvolvimento da rede ATM tem sido mundialmente bastante relevante e, espera-se que essa rede seja dominante em futuro próximo. Nesse cenário de rede ATM, será importante imaginar que se tenha não somente terminais multimídias fixos, mas também terminais multimídias sem fio, que permitem facilidade de locomoção.

O objetivo deste artigo é propor um eficiente esquema de controle de acesso ao meio (MAC) para redes ATM sem fio (WATM) que tenha facilidade para satisfazer a qualidade de serviço (QoS) de cada tipo de serviço. Na seção 2 são apresentados os principais conceitos sobre redes ATM sem fio. Os principais controles de acesso ao meio descritos na literatura são apresentados na seção 3. Na seção 4 é feita uma proposta de um eficiente esquema de acesso. Uma comparação entre os

principais protocolos de acesso da literatura e o esquema proposto é apresentada na seção 5. Finalmente, as principais conclusões deste trabalho são apresentadas na seção 6.

## 2. ATM SEM FIO (WIRELESS ATM)

A configuração possível de uma rede ATM sem fio é mostrada na Fig. 2.1.

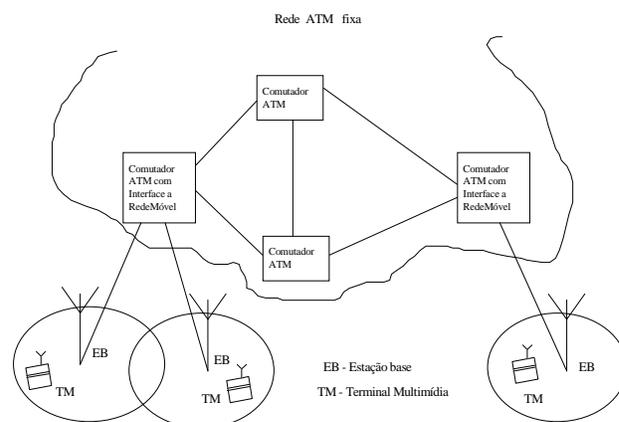


Figura 2.1. Rede ATM sem fio.

A Fig.2.1 mostra que cada estação base, EB, interliga com a rede ATM fixa, através de um meio de transmissão (fibra óptica) e faz a cobertura de uma determinada região. Os terminais multimídias móveis em qualquer região tentam se comunicar com outros terminais multimídias móveis ou fixos.

Uma rede ATM sem fio (WATM) se diferencia de uma rede local (LAN) sem fio ou de uma rede de telefonia celular, nos aspectos relativos a alocação flexível da banda e na manutenção da qualidade de serviço (QoS).

Uma possível estrutura em camadas de protocolos para WATM é mostrada na Fig. 2.2. O terminal móvel comunica-se com a estação base através da camada de rádio de alta velocidade, que é responsável pela transmissão e recepção de dados no nível físico em alta velocidade. A célula transmitida do terminal móvel para a estação base é uma célula WATM, composta por um cabeçalho WATM, pela célula ATM padrão e pelo CRC(Cyclic Redundancy Checks). A camada MAC (Medium Access Control) é responsável pelo controle do acesso ao canal de rádio, que é compartilhado por vários terminais. Ela deve suportar as classes

de serviço ATM em níveis de QoS aceitáveis, mantendo a eficiência do canal de rádio relativamente alta. A camada WDL (Wireless Data Link Control) é responsável pelo tratamento dos erros ocorridos no canal de rádio, antes que as células sejam liberadas para a camada ATM. A camada ATM exerce as funções de multiplexação e demultiplexação das células, adição e remoção de cabeçalho, comutação e encaminhamento de células e controle genérico de fluxo. A camada ATM AAL é de adaptação e oferece serviços com requisitos específicos. A camada de sinalização com suporte às aplicações móveis é responsável pelo estabelecimento e liberação de chamadas e pela negociação de parâmetros de QoS (Quality of Service). A estação base e o comutador ATM fixo comunicam-se através da camada física ATM, que é responsável pela transmissão adequada de bits pelo meio físico, controle de erros no cabeçalho, delineamento das células e desacoplamento da taxa de transmissão em relação à taxa de geração de células. A célula transmitida da estação base para o comutador ATM fixo é uma célula ATM padrão. A camada SDH/SONET é responsável pela geração e recuperação de quadros.

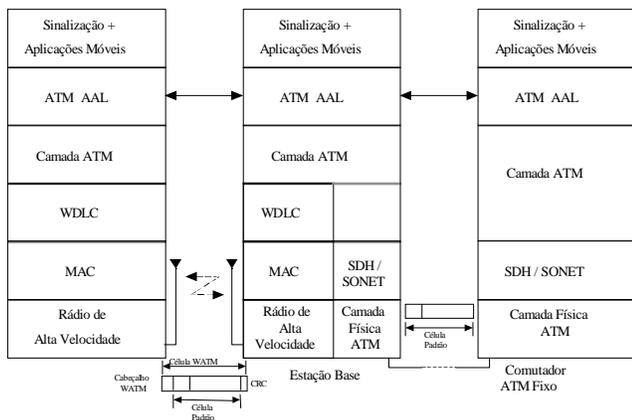


Figura 2.2 Estrutura em camadas de protocolos para WATM

### 3. CONTROLE DE ACESSO AO MEIO (MAC) EM WATM

O controle de acesso ao meio, que é necessário para dar suporte ao uso compartilhado do canal de rádio por múltiplos terminais móveis, deve fornecer suporte às classes de serviço ATM com garantia de qualidade de serviço (QoS). Um fator chave na escolha de um protocolo MAC é a capacidade de suportar estas classes de serviço ATM em níveis de QoS aceitáveis, enquanto mantém a eficiência do canal de rádio razoavelmente alta.

Os protocolos MAC podem utilizar para comunicação uma ou duas frequências portadoras por área de cobertura da estação base. Os que utilizam apenas uma frequência portadora para comunicar-se em ambos os sentidos (downlink, onde a estação base se comunica com os terminais móveis, e uplink, onde terminais móveis se comunicam com a estação base) são chamados de TDD (Time Division Duplex). Já os que utilizam duas frequências portadoras, uma para o downlink e outra para o uplink, são chamados de protocolos FDD (Frequency Division Duplex). Várias propostas de protocolos MAC são apresentadas na literatura: DQRUMA [1], PRMA/DA [2], DSA++ [3], DTDMA/PR [4], MASCARA [5], PRMA/ATDD [6], DTDMA/TDD [7]. A maioria dos esquemas propostos fornece

suporte a QoS de cada serviço [2], [3], [4], [5] e [6]. Apenas o protocolo apresentado em [1] não tem suporte a QoS de cada serviço.

Os protocolos MASCARA e DQRUMA serão apresentados com mais detalhes nas próximas duas subseções, pois o primeiro é o mais representativo daqueles que dão suporte a QoS, e o segundo apresenta um eficiente esquema de reserva dos canais que será aproveitado para a proposta de um novo esquema.

### 3.1 Protocolo DQRUMA (Distributed-Queuing Request Update Multiple Access)

O protocolo DQRUMA (Distributed-Queuing Request Update Multiple Access) foi proposto por Karol et al. [1]. É um protocolo FDD, que possui um sistema de slots (janelas temporais), no qual os canais RA (Request-Access) e Xmt (Packet-Transmission) são formados em cada janela temporal, como apresentado na Fig. 3.1. O canal uplink é dividido em uma série de pequenos slots (minislots) para requisições de acesso no canal RA, cada um seguido por um slot para transmissão de pacote no canal Xmt.

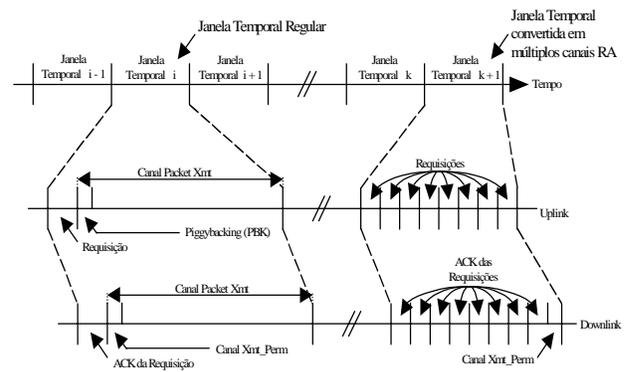


Figura 3.1 Diagrama de tempo do DQRUMA

Assim que a estação base recebe requisições para transmissão (enviadas no canal RA do uplink) dos terminais móveis, ela atualiza as entradas correspondentes na Tabela de Requisições. Esta tabela contém uma entrada para cada um dos terminais existentes na célula. Cada entrada contém o b-bit Access ID do terminal e um campo associado a ele, chamado Xmt\_Req, que informa se o terminal possui mais pacotes a serem transmitidos ou não.

Quando um pacote chega a um terminal que está com seu buffer vazio, ele envia uma requisição Xmt\_Req à estação base, através do canal RA do uplink, disputando o canal com outros terminais de acordo com um algoritmo de contenção e reserva. Este algoritmo pode ser o Slotted ALOHA [10] [11] ou o Binary Stack Algorithm [12] [13] [14]. A requisição de um terminal inclui o seu b-bit Access ID, que lhe é atribuído no momento do estabelecimento de chamada ou handoff. Quando a estação base recebe com sucesso a Xmt\_Req de um terminal, ela atualiza a entrada correspondente na Tabela de Requisições, indicando que o terminal possui pacotes a serem transmitidos. Além disso, reconhece o recebimento da requisição, transmitindo por broadcast o b-bit Access ID do terminal, através do canal ACK (Acknowledgment) do downlink (veja Fig. 3.1).

Uma vez que o terminal recebe a confirmação da sua requisição, ele passa a verificar o canal Xmt\_Perm (Transmit-Permission) do downlink nos slots seguintes até que seu b-bit Access ID seja transmitido nele por broadcast, indicando a permissão da estação base para que ele transmita no próximo slot. A permissão Xmt\_Perm é sempre enviada àqueles terminais que possuem o campo Xmt\_Req da Tabela de Requisições não vazio.

Cada vez que um terminal transmite um pacote, usando o canal Xmt do uplink, ele também inclui um bit de piggybacking (PGBK) para indicar se possui mais pacotes no buffer ou não (veja Fig. 3.1.). O piggybacking evita que o terminal tenha que disputar novamente o canal RA, pois enquanto seu valor for “1”, a estação base atualizará o campo Xmt\_Req da Tabela de Requisições automaticamente.

### 3.2 MASCARA (Mobile Access Scheme Based on Contention and Reservation)

Este protocolo foi proposto por Bauchot como o protocolo MAC para o projeto WAND (WATM Network Demonstrator), que está sendo desenvolvido com o suporte da EC (European Community).

O protocolo MASCARA opera em modo hierárquico através de um escalonador mestre (MS: Master Scheduler) na estação base (chamado ponto de acesso) e um escalonador escravo em cada terminal móvel. O tráfego do canal downlink é transmitido em modo TDM, enquanto os pacotes do canal uplink são transmitidos em uma mistura dos modos de contenção e reserva.

O MASCARA é baseado em um quadro de tempo (TF: Time Frame) de tamanho variável, que consiste de dois subquadros: um para os canais uplink e outro para os canais downlink. O subquadro do canal downlink é dividido em dois períodos: o período de cabeçalho de quadro (FH: Frame Header) e o período downlink. O subquadro dos canais uplink também é dividido em dois períodos: uplink e contenção. Todos os períodos são de tamanho variável e todos são posteriormente divididos em um número variável de slots de tempo. A estrutura de quadro do MASCARA é mostrada na Fig. 3.2.

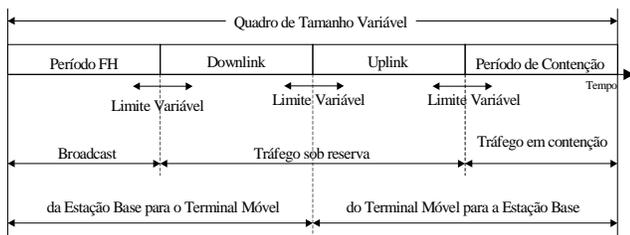


Figura 3.2. Estrutura do quadro de tempo do MASCARA

O quadro sempre começa com um período FH, que é usado pela estação base para difundir a todos os terminais um descritor do quadro de tempo atual (incluindo os tamanhos de cada período), os resultados dos procedimentos de contenção a partir do quadro anterior e a alocação de slot para cada terminal ativo. Os terminais móveis usam os slots de contenção do canal uplink para transmitir requisições de reserva (para quadros subsequentes) ou alguma informação de controle.

Cada um dos períodos dentro de um quadro tem um tamanho variável, que depende do tráfego instantâneo no enlace sem fio. Os períodos que operam em modo de reserva podem sofrer um colapso para zero slots. O período de contenção é sempre mantido em pelo menos um número mínimo de slots, uma vez que o terminal pode pedir registro a qualquer momento, enviando um pacote de controle.

O MASCARA utiliza o conceito de “trem de células” (“cell train”), que é uma seqüência de pacotes ATM pertencentes a um terminal móvel, variando de 1 a n, com cabeçalho comum. O payload do “trem de células” é chamado unidade de dados do protocolo MASCARA (MPDU: MASCARA Protocol Data Unit).

O escalonador mestre leva em conta a classe de serviço dos VCs ATM atuais, a QoS negociada, a quantidade de tráfego e o número de requisições de reserva de canais para determinar o tipo e o volume do tráfego que será transmitido no próximo quadro. Esta última informação é mantida em um mapa de slots, que especifica o tamanho dos três períodos (downlink, uplink e contenção), assim como a atribuição de slots de tempo (no quadro de tempo atual) para cada terminal envolvido.

A estação base difunde o mapa de slots dentro do FH no início de cada quadro. Com a ajuda deste mapa, cada terminal pode determinar se será permitido receber ou transmitir MPDUs no quadro atual. Este mecanismo permite aos terminais realizar algum procedimento de economia de energia, tal como entrar no modo “sleeping”, quando não há tráfego escalonado para ele.

O escalonador mestre usa um algoritmo chamado Priority Regulated Allocation Delay-Oriented Scheduling (PRADOS [16]) para escalonar transmissões através da interface de rádio. Este algoritmo é baseado na classe de prioridade e nas restrições do atraso de cada conexão ativa. Ele introduz prioridades para cada conexão de acordo com a classe de serviço. O PRADOS combina prioridades com um regulador de tráfego “leaky bucket” (LBTR: Leaky Bucket Traffic Regulator). O LBTR usa um conjunto de tokens, que é introduzido para cada conexão. A geração dos tokens ocorre a uma taxa fixa igual à taxa média de pacotes ATM para cada VC. Partindo da maior prioridade para a menor, o escalonador satisfaz requisições para os canais uplink e downlink à medida em que os tokens estão disponíveis. Para todo slot alocado a uma conexão, um token é removido do conjunto correspondente.

## 4. PROPOSTA DE PROTOCOLO MAC COM DISTINÇÃO DE CLASSES DE SERVIÇO - MAC-DCS

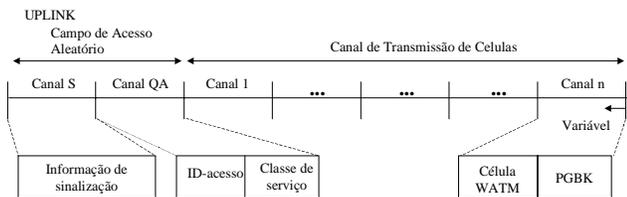
O esquema de acesso DQRUMA não é conveniente para satisfazer a qualidade de serviço (QoS) de cada conexão, pois não faz a distinção de classes de serviço. Entretanto, possui um esquema eficiente de reserva de canais para transmissão uplink. Por outro lado, o esquema de acesso MASCARA está mais preparado para satisfazer a QoS de cada conexão, através do uso de distinção de classes de serviço. Entretanto, o esquema de reserva de canais uplink é bastante complexo. Assim, é feita uma proposta de um esquema de acesso que combina a vantagem da distinção de classes de serviço do protocolo MASCARA, com a eficiência de reserva de canais do protocolo DQRUMA.

O esquema de acesso proposto utiliza um algoritmo de agendamento de células na estação base, baseado na prioridade de classes de serviço. A ordem de prioridade é CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR e UBR, sendo CBR a classe de maior prioridade.

Cada terminal envia as requisições e transmite pacotes de informação, segundo um algoritmo de contenção e reserva.

Para facilitar o entendimento do protocolo de acesso, serão utilizadas duas frequências portadoras: uma para transmissão uplink (de terminal para estação base) e outra para transmissão downlink (de estação base para terminal). O protocolo pode ser facilmente adaptado para transmissão com somente uma frequência portadora.

A Fig. 4.1 mostra a estrutura de quadro dos canais uplink. O quadro uplink é dividido dois campos: campo de acesso aleatório e campo de transmissão de células. O campo de acesso aleatório é utilizado para a efetuação de requisições de acesso pelos terminais. O campo é dividido em dois canais. Um canal é denominado S e outro QA. O canal S é utilizado pelos terminais quando é feito o primeiro contacto com a estação base (incluindo handoff). Portanto é um canal para troca de informações de sinalização. O canal QA é utilizado para requisitar canais, quando o terminal está ativo, mas momentaneamente, ficou sem enviar células, e novamente quer enviar células. Esta estratégia permite uma utilização eficiente dos canais. O identificador de acesso, ID-acesso, identifica o número de conexão, e é atribuído pela estação base na fase de sinalização. O ID-acesso é único para cada terminal e só tem significado na área de cobertura da estação base. Quando solicita um canal, o terminal móvel indica também a classe de serviço que quer transmitir. Isso possibilita a estação base organizar uma ordem de prioridade para alocar os canais uplink.



**Figura 4.1** Estrutura de quadro dos canais uplink.

O campo de transmissão de células é utilizado pelos terminais móveis para que estes transmitam seus dados para a estação base. Cada canal contém a célula WATM e um sufixo (piggybacking) (veja Fig. 4.1). O piggybacking informa não somente a continuidade ou não da transmissão, mas também a classe de serviço a que pertencem os dados que ele deseja continuar transmitindo, no caso de continuidade da transmissão. Quanto maior o valor do piggybacking, maior a prioridade da classe de serviço correspondente (veja Tab. 4.1).

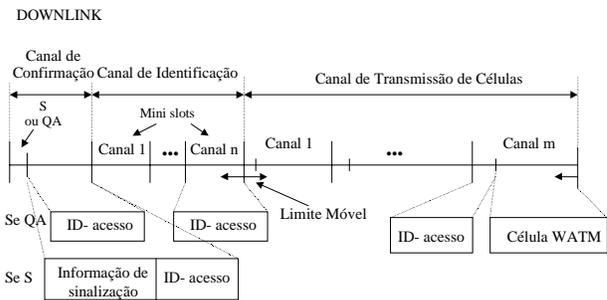
Podem ocorrer colisões no campo de acesso aleatório uma vez que os terminais podem efetuar suas requisições sempre que desejarem. Estas colisões são tratadas pelo esquema Slotted Aloha, que permite uma nova tentativa de requisição após um tempo aleatório da não confirmação do pedido. O tamanho do campo de transmissão de células é variável, sendo adaptado a cada novo quadro.

A Fig. 4.2. mostra a estrutura de quadro dos canais downlink. Os canais downlink são compostos por três campos: campo de confirmação, campo de identificação e campo de transmissão de células. O campo de confirmação é utilizado pela estação base para o envio de confirmações aos terminais móveis que obtiveram sucesso ao efetuar suas requisições. Esse canal pode ser S ou QA. Se o canal for S, contém a confirmação de sinalização e também um identificador de acesso (ID-acesso) que é enviado pela estação base e posteriormente utilizado para identificar o terminal. Se o canal for QA, contém a confirmação da requisição de uma estação ativa, e o terminal pode reconhecer através do ID-acesso. Caso um terminal não receba a confirmação no próximo quadro, este deve refazê-la após um tempo aleatório.

Valor do Piggybacking	Classe de Serviço Correspondente ou Situação
5	CBR
4	RtVBR
3	NrtVBR
2	ABR
1	UBR
0	A estação não possui dados a serem transmitidos.

**Tabela 4.1.** Classes de Serviço Correspondentes ou Situação de acordo com os valores do piggybacking.

Quando a estação base recebe com sucesso a requisição de um terminal, ela atualiza a entrada correspondente ao seu identificador (ID-acesso) na Tabela de Requisições. Esta tabela contém as seguintes informações sobre cada terminal móvel: ID-acesso, endereço do terminal origem, endereço do terminal destino e o valor do piggybacking.



**Figura 4.2** Estrutura de quadro dos canais downlink

O campo de identificação é utilizado pela estação base para informar quais terminais poderão transmitir no sentido uplink, no próximo quadro. Os terminais devem ficar checando o campo constantemente até o final da sua transmissão, pois a estação base envia neste campo os ID-acessos dos terminais que serão atendidos. A seqüência dos ID-acessos no campo é a seqüência em que os terminais deverão transmitir seus dados, isto é, o terminal que detectou o ID-acesso em primeiro lugar deverá transmitir no primeiro canal do campo de transmissão do uplink, o que detectou em segundo, no segundo canal e assim por diante.

O campo de transmissão de células é utilizado pela estação base para que esta transmita as células para os terminais. No início de cada canal existe o identificador de acesso e em seguida vem a célula WATM. Os terminais checam os seus ID-acessos em cada canal para verificar se as células são para eles. Se encontrarem os seus ID-acessos, fazem cópias das células WATM. Os tamanhos dos campos de identificação e de transmissão de células são variáveis. Cabe a estação base a decisão sobre o tamanho de cada campo.

Os terminais móveis são compostos por cinco buffers. Cada um armazena dados pertencentes a uma determinada classe de serviço (CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR e UBR). Cada terminal móvel pode fazer várias requisições de acordo com sua necessidade. Porém, há uma ordem de prioridade a ser seguida para os pedidos de requisições: CBR, rtVBR, nrtVBR, ABR, UBR, sendo CBR a classe de maior prioridade. Para isto, os terminais sempre checam o estado de cada buffer (vazio ou não) antes de fazer uma requisição.

Os terminais móveis podem se encontrar em um dos quatro estados seguintes: vazio, requisição, espera para transmitir e transmissão como mostra a Fig. 4.3. Os terminais que se encontram com todos os seus buffers vazios estão no estado vazio. Os terminais passam para o estado requisição quando dados chegam a pelo menos um de seus buffers. Um terminal no estado requisição envia sua requisição através do campo de acesso aleatório do uplink e permanece neste estado até receber uma confirmação da estação base no quadro seguinte a da requisição. Caso isto não ocorra, ele refaz a requisição após um tempo aleatório. Ao receber a confirmação, o terminal passa para o estado espera para transmitir. No estado espera para transmitir, ele checa o campo de identificação do downlink verificando se pode ou não transmitir no próximo quadro. Caso possa, ele passa para o estado de transmissão. Caso contrário, ele permanece no estado espera para transmitir. No estado de transmissão, é permitido ao terminal móvel transmitir no próximo quadro, no canal que lhe é indicado pelo campo de identificação. Ao término da transmissão do pacote, ele envia o piggybacking, indicando a continuidade ou não da transmissão e a classe de serviço a qual pertencem os dados no caso de continuidade de transmissão. A transmissão terminará quando o piggybacking enviado indicar a não continuidade da transmissão, o que indicará que todos os buffers do terminal estão vazios, ou seja, o terminal volta para o estado vazio.

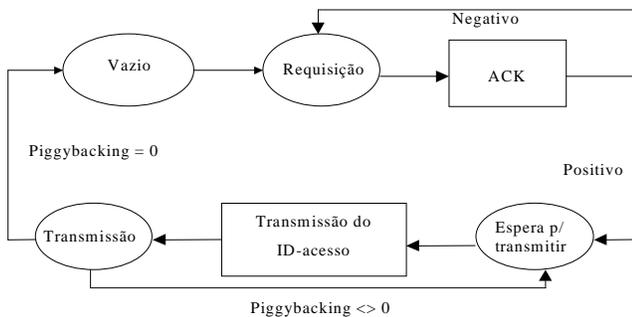


Figura 4.3 Modelo de canal do protocolo proposto.

A estação base utiliza-se do mesmo esquema de agendamento de células dos terminais móveis para escolher quais terminais irão transmitir no próximo quadro.

## 5. COMPARAÇÃO DOS PROTOCOLOS DQRUMA, MASCARA E MAC-DCS

Uma das vantagens do protocolo DQRUMA é que um terminal é capaz de receber a confirmação para o seu pacote de requisição quase imediatamente a cada slot. No caso de uma colisão, os terminais envolvidos ficam rapidamente cientes da sua falha no acesso ao canal RA do uplink e podem tentar a retransmissão no mesmo quadro. Isto não ocorre no protocolo MASCARA nem com o protocolo proposto MAC-DCS, onde os terminais tem que esperar pelo menos pelo próximo quadro para transmitir seus dados.

Uma contribuição do protocolo DQRUMA é a inclusão do campo de reserva piggybacking, que economiza largura de banda evitando requisições adicionais quando o terminal possui mais pacotes a serem transmitidos no seu buffer. Isto é especialmente útil para conexões VBR (VBR: Variable Bit Rate). O protocolo proposto MAC-DCS também faz uso desta vantagem de reserva de canais, utilizando o piggybacking não somente para indicar a continuidade ou não da transmissão, mas também para indicar a classe de serviço a que pertencem os próximos dados a serem transmitidos. Já o protocolo MASCARA utiliza o regulador de tráfego “leaky bucket” para controlar o atendimento das requisições, que é relativamente complexo.

Outra vantagem do DQRUMA é que usa um pacote de pequenos slots (minislots) para a contenção de acesso. Desta forma, a probabilidade de receber um pacote sem erro é maior do que quando um pacote maior é empregado. Além disso, uma vez que o tamanho do pacote WATM é da ordem de seis vezes o tamanho do pacote de contenção, a perda dos pacotes de contenção não afeta a utilização do canal tanto quanto a perda de um pacote regular. O MASCARA não utilizam minislots para a contenção de acesso. O MAC-DCS utiliza dois canais de contenção. Um dos canais acomoda pacote longo e o outro é minislot.

A desvantagem do DQRUMA é que não faz qualquer distinção entre os serviços VBR e ABR; ele trata ambos como tráfego em rajada. Conseqüentemente, ele não considera qualquer mecanismo de manipulação de prioridade. Já os protocolos MASCARA e MAC-DCS possuem mecanismos para tratamento de prioridade. No caso do MASCARA, o algoritmo PRADOS é responsável pelo tratamento de prioridades. Já no protocolo MAC-DCS, este tratamento é realizado no esquema de agendamento de células feito na estação base e também nos terminais móveis.

No protocolo MASCARA, a introdução do conceito “trem de células” é uma boa contribuição, uma vez que ele fornece capacidade variável aos terminais em múltiplos slots, que tem o tamanho padrão de um pacote ATM (53 bytes). Este conceito de “trem de células” não é utilizado pelo protocolo DQRUMA. No protocolo MAC-DCS é possível formar um “trem de células” se no campo de identificação forem utilizados os mesmos ID-acessos nos minislots contíguos, significando que um terminal pode enviar várias células em um quadro de transmissão uplink. Na transmissão downlink, o “trem de células” pode ser formado

no campo de transmissão de células se forem utilizados os mesmos ID-acessos em canais contíguos.

Outra contribuição importante do protocolo MASCARA é o algoritmo PRADOS proposto para o escalonador mestre, uma vez que decidir a alocação dos slots a cada quadro ajuda no cumprimento dos parâmetros QoS negociados para cada conexão. Além disso, este algoritmo possui um mecanismo para tratamento de prioridades, o que não ocorre no protocolo DQRUMA. No protocolo MAC-DCS, o tratamento de prioridades é feito através de uma interação entre os terminais móveis e a estação base, porém o regulador de tráfego “leaky bucket” utilizado no MASCARA também pode ser implementado no protocolo proposto.

Um inconveniente do protocolo MASCARA é que o quadro de tamanho variável introduz uma dificuldade extra na atribuição de capacidade aos terminais móveis com serviços CBR. Assumindo o caso de chamada de voz (64 kb/s), se o tamanho do quadro (em milissegundos) é menor que o tempo para preencher o pacote ATM (aproximadamente 6ms), pode haver quadros em que nenhum slot precise ser atribuído. Se o tamanho do quadro é maior que 6ms, pode ser necessário atribuir mais que um slot em um quadro para esta chamada. No protocolo DQRUMA não ocorre este tipo de problema, pois os quadros têm tamanho fixo, já o protocolo proposto MAC-DCS possui também este inconveniente, pois utiliza quadros de tamanho variável.

## 6. CONCLUSÕES

Neste artigo foi proposto um esquema de acesso ao meio (MAC) com distinção de classes de serviços para ATM sem fio. O protocolo proposto utiliza um eficiente esquema de reserva de canais uplink e fornece também uma ordem de prioridades para atendimento de classes de serviços.

O esquema de acesso proposto é bastante flexível e permite que um terminal envie as células em uma ordem de prioridade, uma a cada quadro ou em um conjunto de células por quadro. A estação base também pode enviar células, uma para cada terminal a cada quadro ou em conjunto de células por quadro.

São feitos os detalhamentos das estruturas dos quadros uplink e downlink, descrevendo em detalhes a função de cada canal.

A comparação das características do esquema proposto com dois protocolos descritos na literatura, mostra que o esquema de acesso proposto é bastante promissor.

## 7. REFERÊNCIAS

- [1] Karol M. J., Liu Z. e Eng K.Y.. “*Distributed-Queuing Request Update Multiple Access (DQRUMA) for Wireless Packet (ATM) Networks*”. Proc. IEEE INFOCOM’95, págs. 1224-31.
- [2] Kim J. G. e Widjaja I., “*PRMA/DA: A New Media Access Control Protocol for Wireless ATM*”. Proc. ICC’96, Dallas, TX, junho 1996, págs. 1-19.
- [3] Petras D. e Krämling A., “*MAC Protocol with Polling and Fast Collision Resolution for an ATM Air Interface*”. IEEE ATM Wksp., San Francisco, CA, Agosto 1996.
- [4] Qiu X., Li V.O. K. e Ju J. -H., “*A Multiple Access Scheme for Multimedia Traffic in Wireless ATM*”. J. Special Topics in Mobile Networks and Appls. (MONET), vol. 1, no 3, Dezembro 1996, págs. 259-72.
- [5] Bauchot F. et al., “*MASCARA, a MAC Protocol for Wireless ATM*”. Proc. ACTS Mobile Summit ’96, Granada, Espanha, Novembro 1996, págs. 17-22.
- [6] Priscoli F. D., “*Medium Access Control for the MEDIAN System*”. Proc. ACTS Mobile Summit ’96, Granada, Espanha, Novembro 1996, págs. 1-8.
- [7] Raychaudhuri D. et al., “*WATMnet: A Prototype Wireless ATM System for Multimedia Personal Communication*”. IEEE JSAC, vol. 15, no 1, Janeiro 1997, págs. 83-95.
- [8] Xie H. et al., “*Data Link Control Protocols for Wireless ATM Access Channels*”. Proc. of ICUPC ’95, Tóquio, Japão, Novembro 1995, págs. 1-5.
- [9] Sánchez J., Martínez R. e Marcellin M. W., “*A Survey of MAC Protocols for Wireless ATM*”. IEEE Network, Novembro/Dezembro 1997, págs. 52-62.
- [10] Abramson N., “*The ALOHA system – Another alternative for computer communications*”. AFIPS Conf. Proc., 1970 Fall Joint Computer Conf., vol. 37, págs. 281-285.
- [11] Kleinrock L. and Lam S. S., “*Packet switching in a multiaccess broadcast channel: Performance evaluation*”. IEEE Trans. Commun., vol. COM-23, págs. 410-423, Abril 1975.
- [12] Capetanakis J. I., “*Tree algorithms for packet broadcast channels*”. IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-25, págs. 505-515, Setembro 1979.
- [13] Tsybakov B. S. e Mikhailov V. A., “*Slotted multiaccess packet broadcasting feedback channel*”. Probl. Peredachi Inform., vol. 14, págs. 32-59, Outubro – Dezembro 1977.
- [14] Massey J. L., “*Some new approaches to random-access communications*”. Performance’87, págs. 551-569, 1988.
- [15] Raychaudhuri D., “*Wireless ATM Networks: Architecture, System Design and Prototyping*”. IEEE Personal Commun., Agosto 1996, págs. 42-49.
- [16] N. Passas et al., “*MAC Protocol and Traffic Scheduling for Wireless ATM Networks*”, proposta para publicação em ACM Mobile Networks and Appls. J., 1996.