

MACA: O PROTOCOLO DE CONTROLE DE ACESSO AO MEIO QUE VIABILIZA TRANSMISSÕES DE DADOS EM RÁDIOS TÁTICOS HARRIS

ANTONIO ANDERSON SILVA MARQUES
Graduado em Ciências Militares

RESUMO. ESTE TRABALHO EXPLORA O RECURSO MACA (*MULTIPLE ACCESS WITH COLLISION AVOIDANCE*) DISPONÍVEL NOS EQUIPAMENTOS DA EMPRESA HARRIS, FORNECEDORA DE RÁDIOS PARA O EXÉRCITO BRASILEIRO. INICIALMENTE FOI REALIZADA UMA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA A RESPEITO DO PROTOCOLO, SEU MODO DE FUNCIONAMENTO E COMPREENSÃO DE SUAS LIMITAÇÕES. APÓS, FOI VERIFICADO COMO O PROTOCOLO É EMPREGADO NO RÁDIO, DIFERENÇAS QUANTO A SUA CONCEPÇÃO ORIGINAL E A MELHOR FORMA DE UTILIZAÇÃO. O TRABALHO CONCLUI APONTANDO QUE HÁ DIVERSAS APLICAÇÕES, SUGERIDAS PELO PRÓPRIO FABRICANTE, ONDE É POSSÍVEL EXPLORAR O RECURSO COM PRODUTIVIDADE, EM ESPECIAL, QUANDO SE DESEJA A TRANSMISSÃO DE DADOS E FONIA. PORÉM O USUÁRIO DEVE COMPREENDER TAMBÉM QUANDO NÃO USAR O PROTOCOLO, DE ACORDO COM O QUE PRETENDE FAZER, VISTO QUE ESTE PODE INVIABILIZAR ENLACES DE LONGO ALCANCE.

PALAVRAS-CHAVE: MACA. ENLACES. CONTROLE DE ACESSO.

INTRODUÇÃO

Em uma situação clássica de perda de sinal, a estação Y pode ouvir a estação X e Z, mas X e Z não podem se ouvir. X e Z portanto não conseguem evitar uma destruição mútua de seus pacotes em Y. Esta falha técnica é usualmente chamada de problema do terminal oculto.

Este manuscrito descreve um protocolo de controle de acesso para a camada 2 do modelo Open System Interconnection (OSI) chamado Acesso Múltiplo com Evitação de Colisão (MACA). O protocolo foi inspirado no método Carrier Sense Multiple Access (CSMA), porém com melhoramentos quanto à visibilidade dos terminais entre si. O método MACA soluciona o problema de terminais ocultos e ainda está apto a utilizar de forma mais racional a potência do aparelho, frente a outros protocolos testados por Karn (1990). Isso aumenta substancialmente a capacidade de tráfego do rádio, colaborando assim para o mínimo uso de potência possível para o enlace.

Em comunicações militares, uso possível de potência é um fator crítico, visto que não há possibilidade constante de reposição de baterias em rádios empregados em campanha e devido à Guerra Eletrônica inimiga, que

pode utilizar esta emissão de potência em excesso para levantar informações sobre a rede ou até mesmo sobre o conteúdo transmitido, caso este seja demodulado e decodificado corretamente. De acordo com Brasil (2014),

as MAGE oponentes são dificultadas quando as forças amigas utilizam sempre a menor potência de transmissão necessária para o estabelecimento das comunicações.

O método MACA é empregado nos rádios RF-7800V da empresa Harris, sendo utilizado quando o usuário deseja transmitir voz e também dados em uma rede local, ativando configurações de IP.

1 SUBCAMADA MAC

Dentro do modelo de camadas OSI, a camada 2 (dois) pode ser subdividida em outras duas camadas, a Controle de Ligação Lógica (LLC), que fornece uma interface para camada superior, a 3ª camada (Rede). E a subcamada Controle de Acesso ao Meio Físico (MAC), que acessa diretamente o meio físico e controla a transmissão de dados, realizando também multiplexação.

Quando há transmissão em uma rede, a subcamada MAC encapsula os dados, ou



Protocol Data Unit (PDU), de forma que eles se tornem apropriados para a rede, adicionando um preâmbulo de sincronização ou preenchimento caso necessário, também adiciona um sequência de verificação de erros e envia estes dados para a camada física de acordo com as especificações do método de acesso ao canal. De acordo com Kozierok (2005):

Protocol Data Unit em telecomunicações descreve um bloco de dados que é transmitido entre duas instâncias da mesma camada. Cada camada recebe a PDU da camada superior como um bloco de dados, adiciona seus cabeçalhos (e em alguns casos, rodapés) de controle, criando a sua própria PDU, num processo chamado de encapsulamento.

Esse método de acesso ao canal será responsável por controlar os dados, evitando congestões e colisões. Adicionalmente, o método de acesso será responsável por reiniciar a transmissão caso um sinal de jamming seja detectado, ou reduzir a taxa de transmissão caso haja congestão no canal. Em síntese, de acordo com a IEEE Std 802-2001, as funções principais da subcamada MAC são:

- reconhecimento e delimitação dos dados;
- endereçamento dos dados para o seu destino;
- proteção contra erros; e
- controle de acesso para a camada física.

O método de acesso ao canal também pode ser chamado de protocolo de acesso múltiplo, pois possibilita que diversas estações se conectem ao mesmo meio físico para usá-lo em conjunto. O protocolo mais utilizado é o CSMA/CD, porém o MACA pode ser empregado com sucesso em algumas aplicações.

2 FUNCIONAMENTO DO CSMA E MACA

Ao se utilizar o CSMA, quando uma estação deseja transmitir dados para outra,

ela primeiro envia um pacote chamado Pedido para Enviar, *Request to Send* (RTS). A estação receptora responde com um pacote chamado Pronto para Receber, *Clear to Send* (CTS). Se o transmissor não recebe um pacote CTS depois de um tempo estipulado, ele envia novamente um RTS e espera um tempo maior pela resposta.

Dentro do pacote RTS não há somente uma requisição para transmissão mas também que tipo de dados serão transmitidos, o que permite a estação receptora se “preparar” para o fluxo de dados, por exemplo, alocando espaço de *buffer* suficiente para armazenar o que esta por vir.

Na forma tradicional do CSMA, o protocolo exige que as demais estações permaneçam fora do canal quando uma transmissão é iniciada, o que reduz a probabilidade de colisões de pacotes.

Porém, nem sempre o CSMA detecta que o canal está pronto para uso corretamente. O componente CS do seu acrônimo, *Carrier Sense*, de acordo com Forouzan (2008), funciona da seguinte forma:

Quando um host quer transmitir, ele primeiro “ouve” o canal (sensoriamento da portadora) para saber se existe transmissão de dados corrente. Existindo transmissão, aguardará um determinado tempo (que pode ser aleatório ou específico). Se não existir transmissão, então, dependendo da variação do CSMA implementada, ela decidirá pela transmissão ou não.

Karn (1990) aponta que em algumas situações, especialmente ao se utilizar transmissões via radiofrequência, o sensoriamento da portadora é falho. Pois nem sempre a percepção de ausência de portadora significa que o canal está livre. E, da mesma forma, o fato de detectar uma portadora de outra estação não significa que o canal está obstruído em sua totalidade, sendo mais interessante então cortar o sensor de portadoras e ampliar o mecanismo de evitamento de colisões.

Esse novo protocolo utiliza o termo



Multiple Access do CSMA, MA, e acrescenta as letras *Collision Avoidance*, formando MA/CA, ou MACA. A confiabilidade do MACA reside nos pacotes RTS e CTS. Quando uma estação recebe um pacote RTS que é direcionado para outro terminal, ele inibe o seu próprio transmissor tempo suficiente para este terminal responder com um CTS. Quando uma estação recebe um pacote CTS de outro terminal mas que não é direcionada a ela, há também uma inibição de seu transmissor. Em síntese, o transmissor é inibido todas as vezes que recebe um pacote CTS ou RTS que não está endereçado corretamente.

O tempo de inibição dos transmissores pode ser determinado pelo próprio protocolo, já que nos pacotes RTS também é informado o tamanho do fluxo de dados a ser enviado. O que permite a todas as estações permanecerem em silêncio durante o fluxo de dados no canal.

Enquanto houver um enlace adequado entre as estações, a recepção de um pacote CTS de uma estação que está fora de uma transmissão solicitando dados de outro terminal poderia gerar colisão no canal, porém, dentro do protocolo MACA, isso será evitado.

3 UTILIZAÇÃO DO MACA EM RÁDIOS HARRIS

O Exército Brasileiro utiliza diversos equipamentos para radiotransmissão, entre eles os rádios da empresa Harris, porém o emprego destes equipamentos em ambiente aberto traz dificuldades inerentes às comunicações.

Ao desdobrar tropas no terreno, em algumas situações, os rádios necessitam estabelecer enlaces a grandes distâncias, o que pode implicar que nem todas as estações consigam se enxergar, mesmo estando na mesma frequência, ocasionando perdas de dados, congestões no canal e colisões de pacotes.

Os rádios Harris podem ser utilizados tanto para transmissões mais simples, onde há

somente fonia, como para transmissões mais sofisticadas, onde há fluxo de dados. Para as transmissões onde há somente voz, o protocolo MACA pode não ser utilizado, porém, quando há fluxo de dados, o usuário deve acionar este recurso, através do software de configuração do equipamento, o *Harris Communications Planning Application* (CPA), conforme citado no manual de operações do equipamento:

Comunicações simultâneas de voz e dados podem ocorrer em uma rede de frequência fixa, configurando o parâmetro CHANNEL ACCESS como MACA2 (*Multiple Access Collision Avoidance Generation*) e o parâmetro CIRCUIT TYPE como SIMULTANEOUS (HARRIS, 2012).

Inclusive, há uma opção disponível no equipamento que regula o tempo de espera do transmissor, característica inerente do MACA conforme já citado neste manuscrito, para evitar a colisão de pacotes entre estações que desejam utilizar o canal.

Na tentativa de uma transmissão de voz em MACA2, ocorre um tempo de espera (*hold-off*) variável ao tentar obter acesso ao canal ou ocorre quando o canal está sendo usado. Se o canal está em uso e o usuário continua transmitindo em voz durante o tom de *hold-off* (por mais de 5 segundos), ocorre a prioridade de voz. A prioridade da voz resulta em rádio transmitindo a voz como uma prioridade mais alta do que os dados que estão usando o canal no momento (HARRIS, 2012).

Conforme observado na descrição do manual, a empresa Harris modificou o parâmetro original do MACA de inibição do transmissor, visto que um canal ocupado ainda recebe transmissão porém com fluxo prioritário de voz.

Ressalta-se que o rádio RF-7800V-HH utiliza um protocolo chamado MACA2, porém possui a possibilidade de integrar-se a outros equipamentos que utilizam o MACA no seu formato original, conforme citado em:

O protocolo MACA (*Multiple Access with Collision Avoidance*) oferece suporte à comunicação com RF-



-5800V-MP, RF-5800M-HH e RF-5800V-HH em *Wireless IP* e redes diretas. No display principal, selecione a tecla de atalho EDIT e selecione CHANNEL ACCESS > LEGACY MACA. (HARRIS, 2012)

4 PLANOS DE CONFIGURAÇÃO COM MACA

Visando auxiliar o usuário do rádio, o software CPA traz consigo alguns planos já pré-configurados chamados de *Samples Plans*, onde é possível verificar a utilização do recurso MACA conforme idealizado pelo próprio fabricante.

- a) plano 25KHz AES MACA GPS (RF-7800V-HH): este é um plano voltado para transmissão de dados porém com uma banda estreita de capacidade reduzida (apenas 25 KHz), porém apresenta criptografia AES e relatórios de Situational Awareness (GPS), permitindo versatilidade ao usuário;
- b) plano 75KHz AES MACA GPS (RF-7800V-HH): semelhante ao anterior, porém com uma largura de banda maior (75 KHz), apresenta criptografia e relatórios de Situational Awareness (GPS);
- c) plano 75K MACA RNDIS Interface (RF-7800V-HH): este plano apresenta a largura de banda de 75 KHz e ainda a interface RNDIS ativada, pela qual o usuário poderá transmitir dados via dispositivos USB;
- d) plano *Advanced Retransmission* (RF-7800V-HH): neste plano se realiza a retransmissão de dados através de uma rede LAN, onde dois conjuntos de rádios poderão estar localizados em locais distantes mas conectados via uma rede cabeada, internet ou fibra óptica.

Esses são exemplos de planos onde é possível observar o emprego do MACA, po-

rém há outras situações nas quais os pacotes de confirmação e solicitação (CTS e RTS) não são necessários. Quando há o emprego somente de fonia o fabricante recomenda a desabilitação do MACA. Por exemplo:

- a) plano *long range* MELP AES (RF-7800V-HH): neste plano, o fabricante apresenta uma configuração para enlaces a longo alcance com o equipamento, onde o MACA esta desabilitado, é empregada a potência máxima do rádio (High), a menor largura de banda (25 KHz) e o recurso MELP, um codificador de voz ideal para sinais analógicos de baixa qualidade;
- b) plano Dual PTT *Voice Only* (RF-7800V-HH): semelhante ao anterior, porém com habilitação do PTT duplo.

CONCLUSÃO

O protocolo MACA pode ser utilizado para redução da taxa de erros em equipamentos rádio, fornecendo uma solução para redução da congestão e colisão de pacotes através do seu mecanismo de confirmação e requisição. Porém cabe ao usuário decidir quando aplicar este recurso, priorizando dados ou fonia. A fabricante HARRIS fornece alguns exemplos de planos onde o usuário pode verificar o melhor uso do protocolo.

MACA: THE ACCESS CONTROL PROTOCOL THAT ALLOWS DATA TRANSMISSIONS IN HARRIS TACTICAL RADIOS

ABSTRACT. THIS WORK EXPLORES THE MACA (MULTIPLE ACCESS WITH COLLISION AVOIDANCE) FEATURE AVAILABLE ON HARRIS EQUIPMENT, A PROVIDER OF RADIOS FOR THE BRAZILIAN ARMY. INITIALLY A BIBLIOGRAPHICAL RESEARCH WAS DONE REGARDING THE PROTOCOL, ITS MODE OF OPERATION AND ITS LIMITATIONS. AFTER, IT WAS VERIFIED HOW THE PROTOCOL IS USED IN THE RADIO, ITS DIFFERENCES AS TO ITS ORIGINAL DESIGN AND THE BEST FORM OF USE. THE PAPER CONCLUDES BY POINTING OUT THAT THERE ARE SEVERAL APPLICATIONS, SUGGESTED BY



THE MANUFACTURER ITSELF, WHERE IT IS POSSIBLE TO EXPLOIT THE RESOURCE WITH PRODUCTIVITY, ESPECIALLY WHEN DATA TRANSMISSION AND PHONICS ARE DESIRED. HOWEVER, THE USER MUST UNDERSTAND WHEN TO ALSO GIVE UP THE PROTOCOL, ACCORDING TO THE USE THAT INTENDS TO MAKE OF THE EQUIPMENT, SINCE THIS CAN MAKE UNFEASIBLE LONG-RANGE LINKS.

KEYWORDS: MACA, LINKS. ACCESS CONTROL.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Exército Brasileiro. Comandante de Operações Terrestres. Caderno de Instrução EB70-CI-11.403. Brasília, DF, 2014.

FOROUZAN, Behrouz A. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 4ª ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2008.

HARRIS. Manual de Operação RF-7800V-HH: RÁDIO VHF PORTÁTIL. Rochester: Harris Corporation, 2012.

KARN, Phil. **MACA: A New Channel Access Method for Packet Radio**. 1990. 9th ARRL Computer Networking Conference, Ontario, Canada. 1990.

KOZIEROK, Charles M. **Data Encapsulation, Protocol Data Units (PDUs) and Service Data Units (SDUs)**. Disponível em < http://www.tcpiptide.com/free/t_Data-EncapsulationProtocolDataUnitsPDUsandServiceDa-2.htm> Acesso em: 16 de outubro de 2017.

KUROSE, James F.; Ross, Keith W. **Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2003.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. **Frames, Pacotes e Datagramas**. Disponível em <www.projetoderedes.com.br> Acesso em: 22 de maio de 2017.

