Extensões do Modelo de Comunicação MultiMob-RA para Multimídia

Flavio Paiva Junqueira   Otto Carlos M. B. Duarte *
flavio@gta.ufrj.br   otto@gta.ufrj.br

Grupo de Teleinformática e Automação - GTA
COPPE/PEE - Programa de Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Rio de Janeiro
C. P. 68504 - CEP 21945-970 - Rio de Janeiro - Brasil

Resumo

Neste artigo é proposta uma extensão para o modelo de comunicação multiponto para estações móveis denominado MultiMob-RA, o qual está baseado no conceito de redes ativas. O modelo foi proposto inicialmente para suportar aplicações de distribuição de dados, onde o transmissor é fixo. A extensão do modelo propõe o suporte a aplicações de teleconferência com um grande número de usuários, onde a troca de transmissores ocorre constantemente entre os integrantes do grupo de teleconferência. Para isto, foi proposto um mecanismo de construção dinâmica de árvores de distribuição e reserva de recursos, a fim de diminuir o atraso no envio dos dados multimídias e de obter uma melhor utilização dos recursos da rede.

Abstract

This paper presents an extension to the multipoint comunication model named MultiMob-RA, which is based on the active networking concept. This model was first proposed to support data distribution applications where the sender of a multipoint group is always the same. The extended model supports teleconference, where the senders exchange frequently among all the participants of a multipoint group. Therefore, we propose a mechanism to dynamically build the distribution trees that reduces the total multimedia data delivery delay and that make better use of the network resources.

1 Introdução

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse por aplicações multimídias distribuídas, onde existe a integração de várias mídias como texto, gráfico, áudio e vídeo em ambientes de redes de computadores [1]. No entanto, estas aplicações demandam uma

*Este trabalho foi realizado com apoio financeiro de: UFRJ, FUJB, PROTEM-CC, CNPq, CAPES

variedade de requisitos do sistema de comunicação não encontrada até então nas aplicações convencionais de transferências de dados. Dentre os novos requisitos necessários estão: distribuição eficiente dos dados para aplicações multiponto, garantia de atraso mínimo e controle do atraso, escalabilidade, confiabilidade etc. Contudo, os protocolos do nível de rede existentes atualmente fornecem serviços que não são capazes de se adequar prontamente aos mais variados requisitos destas aplicações. Com isto, torna-se evidente a necessidade de um serviço a nível de rede flexível o suficiente para se adequar às necessidades dos seus usuários [2, 3].

As redes ditas ativas propõem-se justamente a sanar este deficiência atual através do fornecimento de um serviço de rede flexível e de simples implantação. Estas redes são ativas no sentido de que os nós da rede podem realizar computações sobre os pacotes e ainda modificar o seu conteúdo. Isto significa que computações específicas de uma dada aplicação são realizadas nos nós da rede sobre os seus fluxos de dados, a fim de garantir a execução adequada desta aplicação [4].

A forma como computações específicas são inseridas na rede varia entre os modelos propostos. O modelo discreto separa os mecanismos de injeção de programas em um nó, do processamento dos pacotes de dados. Zegura *et al.* [5, 6] utilizam este modelo em redes ATM para solucionar o problema de congestionamento nos nós. Smith *et al.* [7, 8], como parte do projeto *Switchware*, propõem componentes de rede, tais como pontes e comutadores que reconhecem mensagens contendo código, denominadas *switchlets*. Por outro lado, o modelo integrado propõe a substituição de pacotes contendo dados por pacotes que contêm, além de dados, código executável. Neste contexto, este código é chamado de código móvel. Yemini *et al.* [9] propõem uma rede programável com a linguagem *Netscript*, voltada para a gerência de redes e baseada na troca de agentes móveis entre os nós. Gunter *et al.* [10], também como parte do projeto *Switchware*, estão desenvolvendo uma linguagem de script para programação a nível de pacotes denominada PLAN (*Programming Language for Active Networks*). O projeto *Liquid Software* [11] tem como objetivo o desenvolvimento de novas tecnologias de compilação para facilitar o uso de código móvel na rede. Tennenhouse *et al.* [4, 12] denominam pacotes contendo dados e código de cápsulas. Esta equipe desenvolveu o sistema ANTS (*Active Node Transfer System*) a partir do qual é possível a definição e a implementação de protótipos de protocolos ativos.

Baseado no modelo integrado, foi desenvolvido um modelo de comunicação multiponto para estações móveis, denominado MultiMob-RA, adaptado para aplicações de distribuição de dados [13]. Este artigo propõe uma extensão para este modelo, objetivando aplicações multimídias com requisitos de desempenho, mais especificamente teleconferência. Assim, seguindo o desenvolvimento para protocolos ativos proposto pelo ANTS, novas cápsulas são definidas para gerenciar a troca dinâmica de transmissores, sendo esta troca essencial para uma sessão de teleconferência onde o número de usuários é grande e todos eles podem se tornar transmissores no decorrer da sessão.

O artigo está estruturado da seguinte forma. Na seção 2 são apresentados os principais conceitos e definições relacionados ao modelo integrado e ao ANTS. O modelo de comunicação MultiMob-RA é descrito na seção 3. A extensão do modelo MultiMob-RA para multimídia é apresentada na seção 4. Por fim, na seção 5 o artigo é concluído.

2 Redes ativas - o modelo integrado e o ANTS

No modelo integrado baseado nas propostas de Tennenhouse *et al.*, as computações específicas de cada aplicação, realizadas sobre os fluxos nos nós da rede, correspondem a execução dos programas (ou também chamados de fragmentos de código) contidos nas cápsulas. Por fluxo, entende-se uma sequência de cápsulas que seguem o mesmo caminho e possuem o mesmo processamento. No entanto, a execução destes programas só é possível se houver um acordo com relação ao modelo computacional adotado por toda a rede ativa [3]. Neste contexto, define-se o modelo computacional como sendo o conjunto de instruções e recursos disponíveis nos nós para os fragmentos de código contidos nas cápsulas [12].

Ao ser recebida em um nó ativo, uma cápsula tem o seu conteúdo é enviado para um ambiente transiente, onde o seu programa é executado. O término da execução resulta na finalização dos recursos do ambiente transiente, sendo estes recursos reutilizados para a execução de outras cápsulas. Supõe-se que os programas são compostos de instruções de controle fornecidas pela linguagem de programação e primitivas que realizam computações básicas sobre o conteúdo da cápsula ou tomam decisões a respeito do seu destino. Assim, as cápsulas podem: ser replicadas para envio em mais de um enlace (fissão), aguardar a chegada de outras cápsulas (*rendez-vous*), se mesclar com outras cápsulas (fusão), ser descartadas etc. Além disso, é possível que os programas invoquem métodos externos para acesso a recursos fora do ambiente transiente. O acesso pode ser feito através de componentes de fundação, os quais fornecem acesso a recursos disponíveis globalmente, como por exemplo, consultas a tabelas de roteamento e de estado dos enlaces. O armazenamento não-transiente é um outro tipo de recurso externo disponível, através do qual uma cápsula pertencente a um dado fluxo pode consultar e atualizar o estado deixado pelas cápsulas anteriores do seu fluxo. Este estado é denominado de *soft-state*, e deve ser atualizado periodicamente para confirmar a sua utilização. Além disso, métodos e classes podem ser deixados nos nós para o uso de outras cápsulas através de extensões dos recursos dos nós.

A partir destes conceitos, foi desenvolvido o ANTS [2]. O serviço oferecido por este sistema é flexível, no sentido de que permite a introdução de protocolos por diferentes aplicações através da definição de procedimentos a serem executados nos nós da rede. Com esta finalidade, o sistema ANTS substitui roteadores e estações por nós ativos e pacotes convencionais por cápsulas, onde cada cápsula contém dados e uma referência para um procedimento. Um mecanismo de distribuição de código existe para assegurar a transferência dos procedimentos de forma automática e dinâmica para os nós onde são necessários.

No sistema ANTS, um protocolo ativo define o processamento que deve ocorrer por toda a rede ativa, a fim de realizar o serviço desejado pela aplicação. Por definição, um protocolo ativo é formado por um conjunto de grupos de código, sendo um grupo de código formado por um conjunto de cápsulas. Observa-se que o grupo de código é a unidade trocada entre os nós ativos pelo mecanismo de distribuição de código. Portanto, uma boa definição dos grupos de código em um protocolo ativo é importante para otimizar a sua distribuição. A definição das cápsulas é feita pelos procedimentos definidos para execução. Estes procedimentos são compostos de instruções de controle fornecidas pela linguagem de programação utilizada, e pelas intruções primitivas disponibilizadas nos nós. Neste sistema, a linguagem Java, que gera código intermediário a partir da compilação, é utilizada para programação das cápsulas. Este tipo de código procura equilibrar as características de desempenho e portabilidade [12]. Além disso, as instruções primitivas para programação das cápsulas são agrupadas em categorias. Dentre as categorias presentes no ANTS, três são destacadas. As primitivas de controle de operação permitem que cápsulas transmitam, descartem, suspendam ou acordem a si mesmas. As primitivas de acesso ao armazenamento não transiente realizam o acesso ao *soft-state*. Para reserva de recursos, como banda passante e tempo de processamento, são utilizadas as primitivas de acesso ao ambiente.

O desenvolvimento do protocolo ativo, feito neste artigo, para a extensão do modelo de comunicação MultiMob-RA, baseou-se na proposta do ANTS. Os algoritmos dos procedimentos das cápsulas, vistos mais adiante, utilizam-se das principais categorias de instruções primitivas definidas para este sistema.

3 O Modelo de Comunicação MultiMob-RA

O modelo de comunicação MultiMob-RA foi primeiramente imaginado para um serviço de distribuição de dados multiponto utilizado por estações móveis. Este modelo se utiliza dos principais conceitos do modelo integrado de redes ativas para obter escalabilidade, confiabilidade, uma diminuição no atraso das mensagens e no número de entidades participantes na comunicação.

Como o modelo é voltado para aplicações multiponto, existe a necessidade da formação de uma árvore para distribuição dos dados [14]. O ideal para este tipo de aplicação utilizada por estações móveis é a adesão direta destas estações à árvore de distribuição, isto é, sem a presença de agentes intermediadores, os quais aparecem nas propostas para mobilidade com o *Internet Protocol* (IP) [15]. Desta forma, a adesão direta das estações móveis é o primeiro passo dentro do modelo MultiMob-RA. Isto é feito através do envio de uma cápsula de inscrição para adesão ao grupo. Esta cápsula percorre o caminho na direção do transmissor até encontrar o próprio ou um outro nó ativo que faça parte da árvore de distribuição do grupo desejado. O caminho percorrido por esta cápsula está ilustrado na figura 1a. Após a adesão, a estação passa a receber as cápsulas contendo os dados distribuídos pelo transmissor, denominadas cápsulas de dados multiponto.

A execução do procedimento da cápsula de inscrição depende dos registros contidos na área de armazenamento não-transiente dos nós. A cada nó ativo pelo qual a cápsula de inscrição passa, procura pelo registro pertencente ao grupo multiponto de interesse. Uma das funções deste registro em um nó ativo é armazenar indicações dos enlaces pelos quais as cápsulas de dados multiponto deste grupo devem ser transmitidas, sendo a expiração do tempo de validade feita por indicação de enlace. Se o registro for encontrado, a cápsula verifica se o tempo de validade do *soft-state* está para expirar. Caso esteja expirando, então a cápsula realiza a atualização e prossegue o caminho em direção ao transmissor. Caso contrário é descartada. Observa-se que é necessário o envio periódico destas cápsulas de inscrição para confirmar a utilização do *soft-state*.

No entanto, nem todas as cápsulas de inscrição enviadas por receptores percorrem o caminho inverso completo até o transmissor. Ao executar o seu procedimento em um nó ativo, se uma dada cápsula de inscrição descobre que a indicação do enlace foi atualizada recentemente por outra cápsula de inscrição enviada por outro receptor, então a cápsula de inscrição atual é descartada. Sendo assim, concluí-se que este procedimento de inscrição e manutenção em grupo de estações é escalável, pois não permite a implosão de cápsulas de inscrição.

Uma estação móvel pertencente a uma determinada árvore de distribuição de um

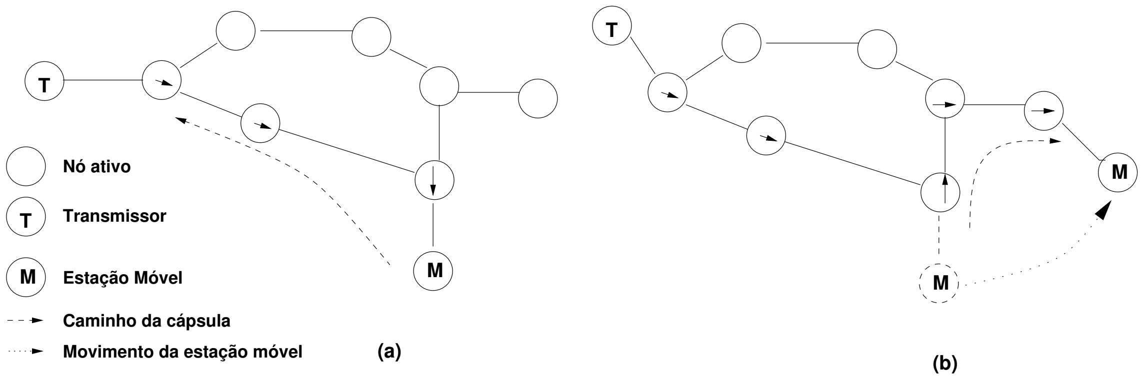

Figura 1: Cápsula de (a) inscrição; (b) redirecionamento.

grupo, ao mudar fisicamente de posição, passando do domínio de um nó ativo para outro, isto é, ao realizar um *handoff* envia uma cápsula de redirecionamento através do nó ativo corrente em direção ao nó ativo responsável pelo novo domínio. A figura 1b exemplifica o *handoff* e o caminho da cápsula de redirecionamento. É importante salientar que o nível de enlace deve sinalizar a necessidade de mudança de domínio. A cápsula de redirecionamento enviada cria um novo ramo na árvore de distribuição, caso não exista, de forma que a estação móvel não perca os dados em trânsito. Além da cápsula de redirecionamento, durante o *handoff*, a estação móvel deve enviar uma cápsula de inscrição pelo nó ativo novo ao qual a estação está se ligando, com a intenção de atualizar o caminho das cápsulas de dados multiponto.

Este redirecionamento pode ocasionar dois problemas: desordem e duplicação das cápsulas de dados. A solução proposta, para conferir um certo grau de simplicidade ao modelo, não inclui a ordenação destas cápsulas, deixando-a para a aplicação usuária do serviço de rede. Já o problema de duplicação é resolvido através do uso do *buffer* de unidades de dados previsto em cada nó ativo presente na árvore de distribuição, como parte do registro do grupo multiponto. Antes de uma cápsula de dados se replicar para transmissão, o procedimento desta cápsula confere o *buffer* de unidades de dados. Se houver uma unidade de dados igual a que a cápsula carrega, então a cápsula de dados é descartada.

A confiabilidade neste modelo é obtida através do uso de cápsulas de reconhecimento negativo NACK em conjunto com os *buffers* de unidades de dados presentes nos nós ativos. Uma abordagem utilizando reconhecimentos negativos (NACKs) é preferível quando o número de usuários de uma aplicação multiponto é grande e exige-se confiabilidade do sub-sistema de comunicação [14]. Ao detectar um salto no sequenciamento das unidades de dados, a aplicação usuária do serviço de rede solicita o envio de uma cápsula NACK. Esta cápsula percorre a árvore de distribuição no sentido do transmissor. A cada nó ativo verifica se as unidades de dados desejadas estão presentes no *buffer* do grupo. Ao encontrá-las em algum dos nós ativos intermediários ou no próprio transmissor, o pedido de retransmissão é efetuado.

Para evitar a implosão de cápsulas NACK, ao executar seu procedimento em um nó ativo, esta cápsula deve verificar no registro de grupo se alguma cápsula NACK recentemente passou por este nó demandando as mesmas unidades de dados. Se já houver registro de uma passagem anterior, então a cápsula é descartada, senão registra a sua passagem e segue caminho.

As cápsulas descritas anteriormente, juntas, formam um protocolo ativo para o modelo MultiMob-RA. Para este modelo foram definidos dois grupos de código: o grupo de distribuição de dados e o grupo de gerência de distribuição. O grupo de distribuição de dados é formado somente pela cápsula de distribuição de dados multiponto, que é a cápsula utilizada pelo transmissor para distribuir sua informação. Já o grupo de gerência de distribuição é formado pelas cápsulas enviadas pelos receptores, que são: cápsula de inscrição, cápsula de redirecionamento e cápsula NACK.

Assim, as cápsulas definidas para o protocolo ativo conferem ao modelo de comunicação multiponto para estações móveis MultiMob-RA, características como escalabilidade e confiabilidade. Além disso, permitem uma diminuição no atraso na transmissão das mensagens e na quantidade de tráfego de informação de gerenciamento para mobilidade.

4 Extensões do Modelo MultiMob-RA

O desenvolvimento do modelo de comunicação MultiMob-RA voltou-se inicialmente para aplicações simples de distribuição de dados. Nesta abordagem, o transmissor é o nó raiz de uma árvore de distribuição e as folhas desta árvore correspondem aos receptores. Considerou-se ainda, que para o caso de múltiplos transmissores, poderia-se utilizar o algoritmo CBT (*Core-based Tree*). Neste algoritmo, a raiz da árvore de distribuição é denominada de núcleo, e quando um transmissor quer difundir uma mensagem por esta árvore, então envia esta mensagem para o núcleo que se encarrega de distribuí-la pela árvore [14].

Neste artigo pretende-se expandir este modelo para aplicações de teleconferência. Em uma teleconferência, informações de voz e vídeo são trocadas entre os integrantes de um grupo. É interessante observar que nem todos os participantes podem falar ao mesmo tempo, para evitar uma confusão generalizada. Desta forma, supõe-se para este caso em particular que dentre todos os integrantes do grupo de teleconferência, no máximo três podem falar por vez. Um esquema de prioridade, portanto, deve existir para resolver conflitos entre usuários desejando falar ao mesmo tempo. Ainda, a distribuição de informação de áudio e vídeo deve considerar que todos os integrantes do grupo são transmissores em potencial. Assim, propõe-se um mecanismo de árvores montadas dinamicamente a partir da mudança entre os transmissores do grupo. Além disso, seria interessante um mecanismo para reservar recursos nos nós que compõem as árvore dinâmicas, a fim de garantir a qualidade do serviço prestada para a aplicação. Para atender a estes esquemas e mecanismos, diversas cápsulas novas são definidas, junto com os algoritmos para os seus procedimentos, para o protocolo ativo do modelo MultiMob-RA estendido. O funcionamento do modelo estendido, a partir da execução das cápsulas é explicado a seguir nesta seção.

4.1 Árvores de distribuição dinâmicas

Para uma aplicação de teleconferência, onde os diversos participantes podem tornar-se transmissores a qualquer instante, seria interessante que árvores de distribuição fossem montadas sob demanda. Isto significa que quando um participante do grupo de teleconferência tornar-se transmissor, uma árvore multiponto deve ser construída com este transmissor como raiz da árvore. Como benefício desta abordagem, em relação ao algoritmo CBT, dependendo da dispersão geográfica dos integrantes deste grupo, tem-se a diminuição no atraso da transmissão dos dados. Com relação ao algoritmo de árvore de distribuição baseada na fonte, onde seria necessária a construção de uma árvore de distribuição para cada participante antes do início da transmissão, a vantagem está na economia de recursos.

Ao iniciar-se uma sessão de um grupo de teleconferência, os futuros integrantes devem aderir a árvore de distribuição de um participante escolhido arbitrariamente. Caso alguma estação interessada em participar da sessão, deseje entrar após o seu início, esta deve enviar uma cápsula de busca de informação de grupo para algum dos participantes do grupo. Conforme os participantes forem aderindo, estes podem começar a enviar cápsulas de pedido de transmissão. Estas cápsulas percorrem a árvore no sentido do transmissor, e tem como intenção mostrar o desejo de transmitir de um dos integrantes. No entanto, não é aguardada a chegada no nó ativo raiz da árvore para ocorrer a distribuição da cápsula de pedido de transmissão para o restante do grupo, como é visto no algoritmo CBT. A cada nó ativo no caminho da árvore de distribuição entre o transmissor da cápsula de pedido de transmissão e do nó raiz, a cápsula já é transmitida pelas ramificações existentes nestes nós, se houverem. Com esta abordagem, dependendo da dispersão dos nós, ganha-se no tempo de construção das árvores dinâmicas, pois quanto mais cedo nós ativos integrantes do grupo receberem uma cápsula de pedido de vez, mais cedo começarão a construção da árvore. Além disso, ganha-se na quantidade de cápsulas transmitidas, pois a passagem no ramo que vai do nó ativo transmissor da cápsula de pedido de transmissão até o nó raiz ocorre uma só vez. O percurso da cápsula de pedido de transmissão está ilustrado na figura 2a.

Ao receberem cápsulas de pedido de transmissão, os integrantes do grupo lançam cápsulas de inscrição para adesão a árvore de distribuição do novo transmissor. Quando este novo transmissor receber a primeira cápsula de inscrição, envia uma cápsula para fazer a reserva de recursos na árvore e começa a transmitir cápsulas de dados multiponto. A cápsula de dados multiponto para esta extensão possui uma modificação com relação a que foi definida primeiramente para o modelo MultiMob-RA. Como o transmissor pode ser uma estação móvel, ao realizar um *handoff*, as cápsulas de dados são encaminhadas para a raiz da árvore de distribuição formada, para então serem distribuídas para o restante do grupo. Estas cápsulas devem informar também qual é o novo nó raiz da árvore para redirecionar o envio de cápsulas de inscrição. A figura 2b mostra o *handoff* de um transmissor.

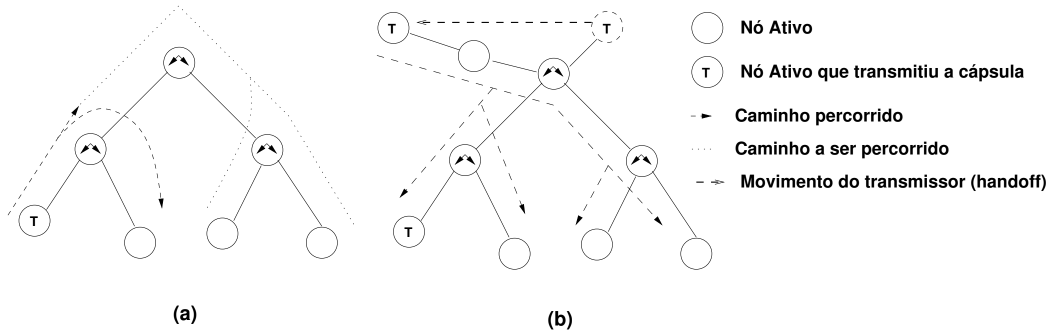

Figura 2: Cápsula de (a) pedido de transmissão; (b) dados multiponto após *handoff*.

Este procedimento para construção das árvores dinâmicas deve ser realizado toda a vez que um integrante do grupo desejar transmitir. Como no máximo três integrantes podem transmitir ao mesmo tempo, caso haja conflito nos pedidos de vez, então o esquema de prioridades descrito a seguir decide quais usuários terão a vez.

4.2 O esquema de prioridades

O esquema de prioridades está baseado no tempo em que um integrante pertence ao grupo. Isto é verificado a partir da informação de tempo total em que o usuário pertence ao grupo, contida nas cápsulas de pedido de transmissão. O critério de desempate é o número do endereço, sendo que o maior tem prioridade.

Durante a distribuição de uma cápsula de pedido de transmissão, caso seja encontrado um nó ativo onde já existam três grupos de transmissão indicados, duas situações podem ocorrer. Se um ou mais dos transmissores dos grupos registrados possuírem prioridade mais baixa do que o participante que está pedindo a vez, então a cápsula de pedido de transmissão continua a sua distribuição, envia uma cápsula de aviso para o transmissor que perdeu a vez e uma outra cápsula de aviso para o integrante que ganhou a vez, indicando de quem a vez foi tomada. Assim, os integrantes do grupo, ao receberem o pedido de vez, conferem a prioridade do pedido e redirecionam suas cápsulas de inscrição para o novo transmissor. A segunda situação ocorre quando uma cápsula de pedido de transmissão chega a um nó ativo e todos os transmissores registrados possuem prioridades maiores que a do integrante pedindo a vez. Desta forma, uma cápsula de aviso é enviada para o participante indicando falta de prioridade no pedido de transmissão, e a cápsula de pedido de transmissão é descartada.

Para a execução deste esquema de prioridades, montagem das árvores dinâmicas, alocação de recursos e redirecionamento dos transmissores, novas cápsulas foram definidas. As novas cápsulas, com os algoritmos para os seus procedimentos e a distribuição em grupos de código são apresentadas a seguir.

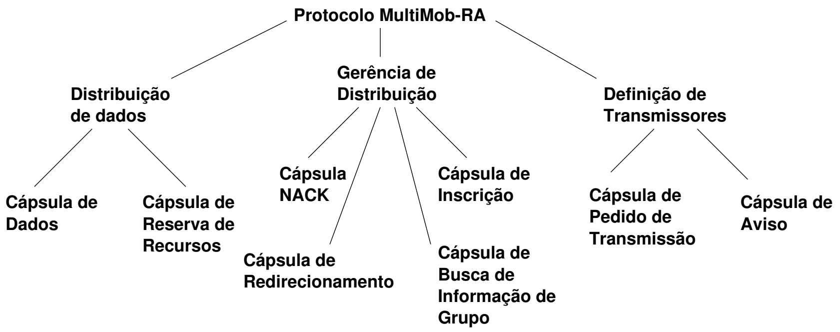

Figura 3: Hierarquia do protocolo ativo

4.3 As novas cápsulas

Para o modelo MultiMob-RA estendido, cinco novas cápsulas são definidas. Para o modelo de comunicação MultiMob-RA foram definidos os grupos de distribuição de dados e de gerência de distribuição. Nesta proposta, define-se um novo grupo de código chamado de grupo de definição de transmissores, que é formado pela cápsula de pedido de transmissão e a cápsula de aviso. A cápsula de dados multiponto estendida e a cápsula de reserva de recursos pertencem ao grupo de distribuição de dados. A cápsula de busca de informações de grupo foi definida como integrante do grupo de gerência de distribuição. A hierarquia do protocolo estendido é apresentada na figura 3.

4.3.1 Cápsula de aviso

As cápsulas de aviso são utilizadas para indicar aos integrantes do grupo, as decisões tomadas a respeito dos direitos de transmissão, baseadas no esquema de prioridades. Além disso, é utilizada para informar a um integrante quais são os transmissores correntes, caso este integrante tente aderir à árvore dinâmica de distribuição de um outro participante que não está mais transmitindo. Esta cápsula e a cápsula de pedido de transmissão formam o grupo de definição de transmissores. As cápsulas deste grupo têm como objetivo definir os transmissores atuais e avisar as decisões tomadas aos integrantes que disputam pela transmissão. O algoritmo do procedimento de aviso em linguagem estruturada é ilustrado a seguir.

```
Procedimento Aviso(mensagem, destino)
Se nó ativo atual é o destino
    Então enviar mensagem para a aplicação
    Senão transmitir para o destino
Fim-Procedimento
```

4.3.2 Cápsula de pedido de transmissão

As cápsulas de pedido de transmissão são utilizadas quando um determinado integrante do grupo deseja transmitir seus dados de áudio e vídeo para o restante do grupo. Esta cápsula se replica e transmite em cada enlace que faz parte da árvore de distribuição.

O objetivo desta cápsula é atingir todos os participantes do grupo. Caso o pedido do integrante entre em conflito com o de algum outro, então decisões são tomadas de acordo com o esquema de prioridades visto anteriormente e cápsulas de aviso são lançadas. A seguir, apresenta-se o algoritmo referente a cápsula de pedido de transmissão em linguagem estruturada.

```
Procedimento Pedido de Transmissão
Extrair informação de grupo
Se não houver informação de grupo
    Então descartar cápsula
Se houverem 3 indicações de informação de transmissores no registro
    Então
        Se prioridade maior que a de algum transmissor
            Então
                Seja tn o transmissor com menor prioridade
                Seja t1 o integrante que enviou esta cápsula
                Enviar cápsula de aviso( perda de permissão, tn)
                Enviar cápsula de aviso( permissão concedida, t1)
            Senão
                Enviar cápsula de aviso( falta de prioridade, t1)
                Descartar cápsula
Para cada enlace de saída no registro de grupo
    Enviar réplica da cápsula
```

Se `não passou pela raiz da árvore`
    Então `enviar réplica para a raiz`
Fim-Procedimento

4.3.3 Cápsula de dados multiponto estendida

Para o modelo de comunicação MultiMob-RA foi definida uma cápsula de dados multiponto, pertencente ao grupo de distribuição de dados, que simplesmente percorre a árvore de distribuição para entregar as unidades de dados aos receptores do grupo. Para a extensão apresentada neste artigo, uma nova funcionalidade é acrescentada a esta cápsula. Esta funcionalidade diz respeito ao caso em que o transmissor realiza um *handoff*. Neste caso, a cápsula deve percorrer a árvore baseada na raiz antiga e sinalizar a mudança de raiz da árvore de distribuição, até que uma cápsula de inscrição para o transmissor em questão seja recebida no nó ativo que é a nova raiz.

As cápsulas de dados multiponto utilizam-se dos recursos disponibilizados através da reserva feita pelas cápsulas de reserva de recursos. Estas cápsulas reservam banda passante e tempo de processamento para garantir o serviço adequado de entrega de dados de áudio e vídeo. O algoritmo para o envio de dados multiponto é apresentado a seguir.

Procedimento XUDados
Se `houve` *handoff*
    Então Se `não passou pela raiz antiga da árvore`
        Então
            `Enviar cápsula para a raiz antiga da árvore`
Se `existe registro de grupo`
    Então `extrair`
    Senão `descartar cápsula`
Se `indicação da unidade de dados já existe no` *buffer*
    Então `descartar cápsula`
Para `cada enlace de saída indicado no registro de grupo`
    `Enviar uma cópia da cápsula de dados`
`Colocar indicação da unidade de dados no` *buffer*
Fim-Procedimento

4.3.4 Cápsula de reserva de recursos

Quando a vez é concedida a um transmissor, assim que recebe a primeira cápsula de inscrição envia uma cápsula de reserva de recursos. O objetivo desta cápsula é reservar tempo de processamento e banda passante nos nós ativos que compõem as árvores de distribuição, necessários para a transmissão das cápsulas multiponto.

Cápsulas de reserva de recursos são enviadas periodicamente para confirmar a utilização dos recursos pelo fluxo de dados de áudio e vídeo do transmissor. O procedimento de reserva de recursos é ilustrado pelo algoritmo mostrado abaixo.

Procedimento Reserva de Recursos(`ciclos de CPU, banda passante`)
Se `existe registro de grupo`
    Então `extrair`
    Senão `descartar cápsula`
`Reservar ciclos de CPU no máximo para o fluxo`

```
Para cada enlace de saída indicado no registro de grupo
     Reservar banda passante no máximo para o fluxo
     Enviar réplica da cápsula
Fim-Procedimento
```

4.3.5 Cápsula para busca de informação de grupo

Se alguma estação desejar aderir a um grupo, no qual a sessão de teleconferência já foi iniciada, então esta estação deve buscar a informação de quais integrantes estão transmitindo neste instante. Para isso, envia uma cápsula para busca de informação de grupo para um integrante qualquer do grupo de teleconferência. Ao coletar os dados necessários, esta cápsula retorna ao nó ativo que a originou. O algoritmo do procedimento de busca de informação de grupo é mostrado a seguir.

```
Procedimento Busca de informações
Se cápsula já alcançou o destino
     Então Se cápsula está na fonte
          Então entregar dados
          Senão enviar cápsula para fonte
     Senão Se cápsula está no destino
          Então
               Extrair dados de grupo
               Enviar cápsula para a fonte
          Senão Enviar cápsula para o destino
Fim-Procedimento
```

5 Conclusões

Nas redes ditas ativas, o serviço de rede disponibilizado é flexível, no sentido de que permite a inserção de computações específicas das aplicações na rede. Esta flexibilidade é de grande importância no contexto atual, onde há um grande interesse por aplicações multimídias distribuídas, com os mais variados requisitos de comunicação, existindo as vezes poucos destes requisitos em comum entre as aplicações.

O modelo de cápsulas, utilizado pelo sistema ANTS para a definição de protocolos ativos, foi utilizado na extensão do modelo de comunicação multiponto para estações móveis, chamado de MultiMob-RA. Esta extensão teve como alvo a aplicação de teleconferência. Nesta aplicação, como nem todos os integrantes do grupo podem falar ao mesmo tempo, mas todos são transmissores em potencial, foi proposta a construção dinâmica de árvores de distribuição. Esta solução tem como uma vantagem a economia de recursos, com relação a proposta de montagem de uma árvore de distribuição por integrante. Com relação a proposta de árvore baseada em núcleo (CBT), a vantagem está no menor atraso no envio das mensagens. Além disso, o modelo estendido é escalável, visto que a quantidade de informação necessária para manter o funcionamento da aplicação no máximo é de três árvores de distribuição e ainda devido aos mecanismos que evitam a implosão de cápsulas.

Como proposta para trabalhos futuros, têm-se a implementação utilizando-se o protótipo do sistema ANTS disponibilizado e a simulação do modelo com o intuito de quantificar o ganho em termos dos recursos da rede economizados e da diminuição do atraso no envio de mensagens, destacados neste artigo.

Referências

[1] R. Steinmetz, "Synchronization properties in multimedia systems", *Journal on Selected Areas on Communications*, vol. 8, no. 3, pp. 401–12, abril 1990.

[2] J. G. David Wetherall e D. Tennenhouse, "ANTS: A Toolkit for Building and Dynamically Deploying Network Protocols", in *IEEE OPENARCH'98, a ser publicado*, São Francisco, CA, abril 1998.

[3] F. Junqueira, L. H. K. Costa e O. C. M. B. Duarte, "Uma Arquitetura de Roteamento com Qualidade de Serviço baseada em Redes Ativas", in *II Seminário Franco-Brasileiro de Sistemas Informáticos Distribuídos*, Fortaleza, Ceará, novembro 1997.

[4] D. Tennenhouse, J. M. Smith, W. D. Sincoskie, D. Wetherall e G. Minden, "A Survey of Active Network Research", *IEEE Communications Magazine*, pp. 80–86, janeiro 1997.

[5] S. Bhattacharjee, K. Calvert e E. W. Zegura, "An Architecture for Active Networking", in *High Performance Networking*, White Plains, NY, abril 1997.

[6] S. Bhattacharjee, K. Calvert e E. W. Zegura, "Implementation of an Active Networking Architecture", in *Workshop Gigabit Switch Technology*, Universidade de Washington, St. Louis, julho 1996.

[7] D. S. Alexander, M. Shaw, S. M. Nettles e J. M. Smith, "Active Bridging", in *ACM SIGCOMM'97*, Cannes, France, setembro 1997.

[8] J. Smith et al., "SwitchWare: Accelerating Network Evolution", tech. rep., Universidade da Pensilvânia, junho 1996.

[9] T. Yemini e S. da Silva, "Towards Programmable Networks", in *IFIP/IEEE International Workshop on Distributed Systems*, outubro 1996.

[10] M. Hicks, P. Kakkar, J. T. Moore, C. A. Gunter e S. Nettles, "PLAN: A Programming Language for Active Networks". submetido ao ACM SIGPLAN, junho 1998.

[11] John Hartman *et al*, "Liquid Software: A New Paradigm for Networked Systems", Tech. Rep. TR96-11, Universidade do Arizona, 1996.

[12] D. Tennenhouse e D. Wetherall, "Towards an Active Network Architecture", *Computer Communication Review*, vol. 26, no. 2, abril 1996.

[13] F. Junqueira e O. C. M. B. Duarte, "Comunicação Multiponto Móvel baseada em Redes Ativas", Tech. Rep. GTA-98-03, COPPE/PEE, janeiro 1998.

[14] C. Diot, W. Dabbous e J. Crowcroft, "Multipoint Communication: A Survey of Protocols, Functions, and Mechanisms", *Journal on Selected Areas on Communications*, vol. 15, no. 3, abril 1997.

[15] G. Xylomenos e G. Polyzos, "IP Multicast for Mobile Hosts", *IEEE Communications*, pp. 54–58, janeiro 1997.