

Uma proposta de uso otimizado do conjunto mSCTP-SCTP

Helder Cleber A. Pereira¹, Paulo Roberto de L. Gondim²

¹Campus Palmas/TO - Instituto Federal de Educação do Tocantins (IFTO)
AE 310 Sul, Av. LO 05, Plano Diretor Sul - Palmas/TO

²Universidade de Brasília(UnB) - Departamento de Engenharia Elétrica
Campus Darci Ribeiro, Asa Norte - Brasília/DF

helder@ifto.edu.br, pgondim@unb.br

Abstract. *The mSCTP (mobile SCTP) makes use of the procedure adopted in SCTP (Stream Control Transmission Protocol) for deciding the moment of handover. The decision of when changing the primary path is based on parameters that do not meet the application in relation to the service being provided to the user ([Funasaka et al. 2005]). The solution proposed here seeks mitigate this latency, based on signals from the receiver of data packets, which will predict the best time to perform the handover. Therefore, the decision-making of handover will no longer be reactive (current status of SCTP, mSCTP) and will be proactive.*

Resumo. *O mSCTP (Mobile SCTP) faz uso do procedimento adotado no SCTP (Stream Control Transmission Protocol) para tomada de decisão do handover. A decisão do momento da troca do caminho primário é baseada em parâmetros que não englobam as necessidades da aplicação em relação ao serviço que está sendo prestado ao usuário ([Funasaka et al. 2005]). A solução aqui proposta busca amenizar essa latência, baseando-se em sinalizações do receptor de pacotes de dados, que irão predizer o melhor momento para efetuar o handover. Portanto, a tomada de decisão de handover deixará de ser reativa (situação atual do SCTP, mSCTP) e passará a ser proativa.*

1. Introdução

Movimentar uma estação móvel migrando de uma rede a outra e mantendo uma sessão anteriormente estabelecida ainda é uma barreira a ser transposta. Soluções propostas como, por exemplo, MIP (*Mobile IP*) não tem uma boa empregabilidade, como por exemplo, para FTP ou mesmo para aplicações de tempo real.

Em 2000, foi apresentado um novo protocolo para a camada de transporte denominado SCTP (Stream Control Transmission Protocol) [Stewart 2007]. Uma importante característica desse novo protocolo é a capacidade de prover múltiplos caminhos de forma transparente para a aplicação, contornando dessa forma problemas relacionados a falhas no meio de transmissão. Em 2007 foi apresentada oficialmente uma extensão ao SCTP denominada mSCTP (*Mobile SCTP*) [Stewart et al. 2007], possibilitando teoricamente prover gerenciamento de mobilidade baseado em *soft handover* na camada de transporte.

Com o mSCTP foi possível inserir e remover endereços IPs em uma associação SCTP já estabelecida. Com o SCTP tradicional isso era estático, ou seja, uma vez configurada a associação qualquer tentativa de inserir ou deletar endereços IPs conduziria

sumariamente ao seu encerramento. Outra possibilidade provida pelo mSCTP foi a capacidade de trocar o destino primário, para transmissão de pacotes de dados, a qualquer momento e por quantas vezes fosse desejado.

Uma vantagem do mSCTP, em relação a outras formas de gerenciamento de mobilidade, é a sua posição privilegiada, pois se encontra na camada de transporte. Por ser a primeira camada da arquitetura TCP/IP que consegue prover uma conexão fim-a-fim, tem acesso a muitos tipos de informações, como, por exemplo, RTT (*Round Trip Time*). Tecnicamente falando, tem maiores condições para uma possível tomada de decisão de *handover*. Outra grande vantagem do mSCTP é não requerer suporte adicional na rede, como é o caso do MIP (requer agentes intermediários na rede).

Por fim o questionamento desse artigo em relação ao conjunto mSCTP-SCTP é o custo relacionado ao *handover*. O procedimento de *handover* é satisfatório, o problema é determinar qual o melhor momento para fazê-lo. O termo *handover* nesse artigo é o ato de trocar o caminho primário para transmissão de pacotes de dados. Para amenizar o custo desse procedimento no conjunto mSCTP-SCTP, um novo algoritmo é proposto para determinar o melhor momento de realizar o *handover*. Esse algoritmo fundamenta a sua decisão no receptor dos pacotes, por meio de métricas fim-a-fim, referentes a paradas prolongadas no recebimento de pacotes, picos de atraso, atraso médio e na variação da CWND (janela de congestionamento).

O restante do artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 detalha o *multi-homing* no SCTP, a seção 3 apresenta os trabalhos relacionados, a seção 4 explana a proposta, a seção 5 apresenta os resultados e a seção 6 trata da conclusão e de trabalhos futuros.

2. Gerenciamento do *multi-homing* no SCTP

O critério usado pelo conjunto mSCTP-SCTP para realizar o *handover* é baseado na perda de conectividade do caminho primário. Resumidamente falando, a detecção da ausência de conectividade é um procedimento lento, que conduz, no mínimo a 63 segundos de espera, após a perda de conectividade, para então realizar a troca do caminho primário. Ambientes intermitentes, onde existe perda de conectividade com tempos menores que 63 segundos devido a interferências no meio físico ou congestionamento, é um cenário propício para a percepção da onerosidade em trocar o caminho primário. Nesse caso, também é comum não ocorrer a troca do caminho para a transmissão dos pacotes de dados, com isso o fluxo de dados permanece lento mesmo existindo um caminho secundário em melhores condições para ser usado no transporte de pacotes de dados.

Existem parâmetros configuráveis do protocolo SCTP que podem ser alterados para propiciar uma percepção mais rápida de perda de conectividade e consequentemente efetuar a troca do caminho primário. Os parâmetros configuráveis do SCTP que influenciam de forma direta no momento do *handover*, estão listados na tabela 1.

O valor do PMR (*Path Max Retransmission*) determina a quantidade máxima de *timeouts* consecutivos antes do procedimento de troca do caminho primário.

O valor de RTO (*Retransmission Timeout*) é calculado a cada confirmação (SACK *Selective Acknowledgement*) do pacote enviado. Quando não houver o recebimento do SACK no tempo estipulado, há a ocorrência do *timeout*. Nesse caso o valor do RTO é

dobrado. O valor computado para o RTO sempre deve ser um resultado pertencente ao intervalo delimitado por RTO.Min e RTO.Max, caso contrário o novo valor de RTO será ajustado para RTO.Min ou RTO.Max.

Table 1. Parâmetros configuráveis do protocolo SCTP

Parâmetro	Padrão (RFC4960)	Função
PMR	5	Limite de envio de pacotes sem recebimento de confirmação.
RTO.Min	1 segundo	Limite mínimo de espera por confirmação do pacote enviado.
RTO.Max	60 segundos	Limite máximo de espera pela confirmação do pacote enviado.

No caso da figura 1, um pacote foi enviado do Host1 para o Host2, via o caminho primário D1-R1, estando o RTO em 1 segundo. Como não houve a confirmação do pacote no tempo estipulado, o valor do RTO foi dobrado, o pacote perdido foi retransmitido pelo caminho secundário e um novo pacote é transmitido pelo caminho primário.

Após o primeiro *timeout*, sendo contabilizadas cinco tentativas de transmissão sem recebimento de confirmação (PMR) o *handover* é executado. Se somados todos os valores de RTO, o tempo de espera do conjunto mSCTP-SCTP para o *handover* é de 63 segundos sendo isso inaceitável para muitas aplicações.

Em ambientes com meios intermitentes, ou seja, com variações frequentes na condição do meio de transmissão, o *handover* pode nunca acontecer, já que, se houver, por exemplo, três envios de pacotes consecutivos sem recebimento de confirmação e para o quarto pacote há o recebimento de confirmação, o contador de quantidade de pacotes enviados e não confirmados é zerado. Esse ciclo pode induzir ao não procedimento do *handover*.

Ao buscar ser mais eficaz na tomada de decisão de *handover*, o conjunto mSCTP-SCTP disponibiliza parâmetros configuráveis, que, ao serem reduzidos, certamente trazem uma melhoria no desempenho. O custo exigido pelo uso dessa configuração (ajustes nos valores da tabela 1) será apontado na seção referente aos resultados.

3. Trabalhos Relacionados

[Grace et al. 2006] apresenta ganho de performance com o SCTP quando alterados os valores dos seus parâmetros configuráveis (tabela 1). Com isso é possível executar o *handover* mais precocemente. Após leitura do artigo é fácil chegar a conclusão de que esses valores são dependentes da situação da rede. A cada novo cenário é preciso um estudo de quais os melhores valores para os parâmetros configuráveis da tabela 1.

[Kashihara et al. 2004] propõe um novo mecanismo para tomada de decisão de *handover* no conjunto mSCTP-SCTP em ambientes de redes sobrepostas. Conforme os autores a tomada de decisão de *handover*, baseada na perda de conectividade, é falha em atender a necessidade da aplicação. Então é proposto usar a largura de banda computada, por meio de pacotes de sondagem chamados de *heartbeat*, para conseguir o *soft-handover* com o mSCTP. O SRTT (*Smoothed Round-Trip Time*) computado também na sondagem é utilizada como um limiar auxiliar.

[Kim et al. 2008] propõe também um novo mecanismo a ser utilizado para tomar decisão de *handover* em um cenário de movimentação entre duas redes *wireless* baseando-se na comparação do RTT do caminho primário com o do secundário.

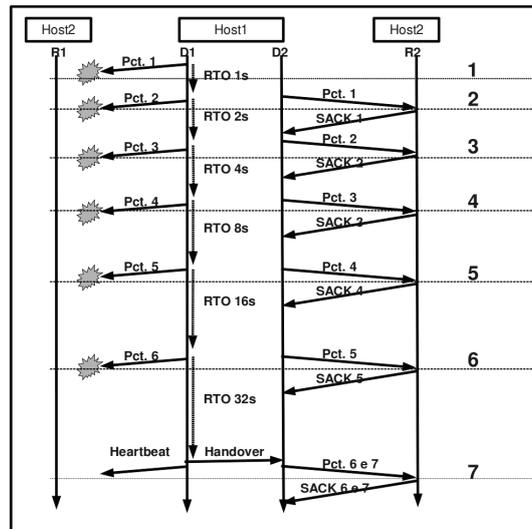


Figure 1. Fluxo SCTP, com ausência de conectividade

Ainda em [Funasaka et al. 2005], [Han and Teraoka 2009], [Hanley et al. 2010], [Noonan et al. 2004] e [Fallon et al. 2008] são apresentadas alternativas ao procedimento de quando realizar o *handover*. Todos chegam a um consenso na afirmação de que a forma de gerenciamento do *multi-homing* do SCTP é muito conservadora para fazer a troca do caminho primário. Essa inércia gera atrasos que o incapacita para aplicações com algum tipo de exigência mínima de largura de banda ou atraso máximo na chegada de pacotes.

Os artigos citados buscam melhorar o procedimento de *handover*, seja para fins de aumentar a vazão de pacotes de dados ou diminuir a latência em ambientes de transição de redes. O denominador comum é que a generalidade do SCTP para tomada de decisão de troca do caminho primário é considerada ineficaz para aplicações com algum tipo restrição de tempo. A adaptabilidade do SCTP para variados tipos de uso é contemplada por procedimentos manuais de configuração, sendo que, praticamente, está condicionada a sua boa performance a ambientes de rede com condições estáticas.

4. Solução Proposta – PA-SCTP (Proativo Adaptativo SCTP)

A proposta do PA-SCTP almeja a adaptabilidade do protocolo a aplicações com ou sem restrições parciais ao seu fluxo de pacotes de dados. Durante os experimentos com o PA-SCTP os resultados obtidos são comparados com SCTP na sua configuração tradicional, bem como quando configurado para atender aplicações com restrições de tempo no recebimento de pacotes.

O conjunto mSCTP-SCTP faz a alternância do destino primário baseando-se exclusivamente em percepções das condições do meio captadas pelo emissor de pacotes de dados. O receptor de dados é passivo (só recebe pacotes de dados e envia confirmação *chunks SACKs*), não participa no processo de tomada de decisão da troca do destino primário. Na verdade, ele só participa quando é omissor, ou seja, quando não envia confirmação (*SACKs*).

A proposta do PA-SCTP é fazer o uso das percepções de picos de atraso, atraso

médio e variação do CWND a cada recebimento de pacotes de dados e, por meio disso, fazer a solicitação de alteração de um caminho primário instável, desde que o secundário se apresente em melhor situação em relação ao atual caminho primário diante da necessidade da aplicação. O PA-SCTP não altera o atual mecanismo *handover*, apenas cria outro, baseado-se nas percepções do receptor de dados, mais sensível às oscilações do meio e ao mesmo tempo consciente das condições reais do caminho secundário.

A tomada de decisão do *handover* no PA-SCTP coube ao receptor, uma vez que, a solução é baseada principalmente no atraso. Sendo no transmissor o caminho de retorno dos SACKS influenciaria diretamente sua percepção da condição do meio. Outro fator relevante se refere a questões de escalabilidade, pois haveria muito processamento no servidor, e da forma proposta parte significativo do processo cabe ao receptor.

O momento da tomada de decisão de *handover*, baseada em perda de conectividade, é aferido apenas para o transmissor dos pacotes de dados, o receptor de dados mSCTP-SCTP é totalmente passivo na tomada dessa decisão. Com o PA-SCTP essa decisão passa também ao receptor. Na prática a tomada de decisão baseada em perda de conectividade vai coexistir com o PA-SCTP. Como o mecanismo para tomada de decisão de *handover* no PA-SCTP é proativo, ele sempre será acionado primeiro em relação a tomada de decisão baseada na perda de conectividade.

Quando a aplicação que usa o PA-SCTP é inicializada, é computado o atraso médio a cada recebimento de pacotes de dados e paralelamente a esse procedimento estará sendo computado o tempo desde o recebimento do último pacote de dados.

Se na computação do atraso médio no recebimento de pacotes for constatado que este valor ultrapassou um limiar pré-definido, isso gerará uma sinalização de possível instabilidade do meio em atender a demanda da aplicação. Se essa situação ocorrer mais de uma vez em um período de tempo pré-determinado e a CWND, do ponto de vista do transmissor, for menor que um limiar pré-estabelecido, uma sondagem da condição do caminho secundário é realizado. Se o caminho secundário se apresentar em melhores condições que o primário o *handover* é automaticamente recomendado.

No caso do tempo computado, desde o recebimento do último pacote de dado, ultrapassar o limiar definido pelo PA-SCTP, automaticamente é feita a sondagem do caminho secundário e persistindo o problema de falta de conectividade no caminho primário, o procedimento para o *handover* é automaticamente acionado.

4.1. PA-SCTP - lado transmissor dos pacotes de dados SCTP

A figura 2 apresenta o transmissor de pacotes de dados SCTP. Os retângulos mais escuros representam os módulos que foram inseridos pela extensão PA-SCTP. Ao retirar os módulos mais escuros da figura, tem-se o mSCTP-SCTP puro como proposto pela RFC 4960.

Os módulos documentados aqui serão apenas aqueles inseridos pelo PA-SCTP.

O módulo **Servidor_Sondagem** é acionado logo após a conclusão da configuração da associação e fica à espera de pacotes de sondagem originados por um cliente PA-SCTP. É aberto um *socket* UDP à espera da chegada de pacotes de sondagem. O *socket* é UDP, pelo fato do SCTP não poder proporcionar um atraso mais exato devido à sua política de retransmissão de pacotes e controle de fluxo.

O módulo **Esperar_Pacotes_Sondagem** fica a cargo de tratar os pacotes UDP provenientes do receptor de dados SCTP.

O módulo **Confirmar_Pacotes_Sondagem** informa ao solicitante o recebimento dos pacotes de sondagem. Os pacotes de sondagem recebidos são de apenas 40B, e os de confirmação são de 1.400B. Essa diferença entre os tamanhos dos pacotes é similar ao processo de envio de pacotes de dados mSCTP-SCTP e o recebimento de confirmação SACK. Com isso, tem-se um atraso mais similar a um fluxo normal de dados do caminho primário de uma associação mSCTP-SCTP.

Como o protocolo UDP não tem, na sua essência, nenhum mecanismo de retransmissão de pacote, a cada solicitação de sondagem que chega, é gerado três pacotes UDP de confirmação, tendo cada um o tamanho de 1.400B. O não recebimento de no mínimo dois pacotes UDP de resposta é sinalização para o cliente de que o caminho não está apto para transmissão de dados.

Segundo [Liu et al. 2004], existe uma maior probabilidade de sucesso na transmissão de pequenos pacotes em relação aos de tamanho grande em ambientes *wireless*.

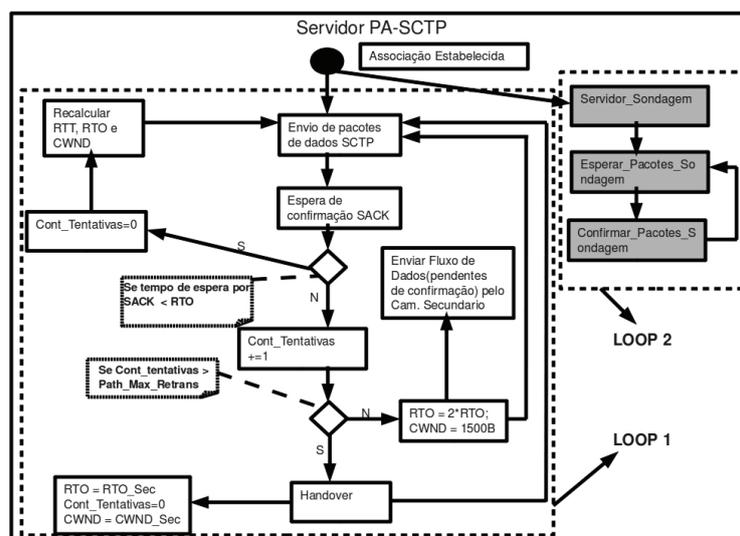


Figure 2. Detalhamento da transmissão de pacotes SCTP e PA-SCTP

4.2. PA-SCTP - lado receptor dos pacotes de dados SCTP

As figuras 3 e 4 apresentam o receptor de pacotes de dados mSCTP-SCTP. Os retângulos mais escuros representam os módulos propostos pela extensão PA-SCTP. Ao retirar os módulos mais escuros da figura, tem-se o SCTP puro como proposto pela sua RFC.

Os módulos documentados aqui são apenas os propostos pela extensão PA-SCTP. Os outros foram detalhados de forma direta ou indireta dentro deste documento.

Os laços *Loop1* e *Loop2* são executados paralelamente e ficam em constante execução até que a associação seja finalizada.

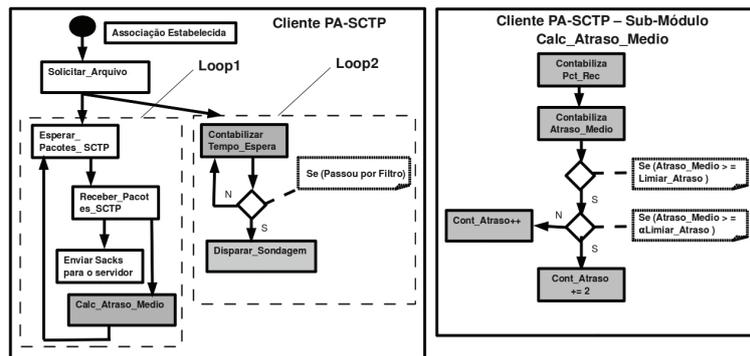


Figure 3. Módulo PA-SCTP cliente e sub-módulo Calc_Atraso_Medio

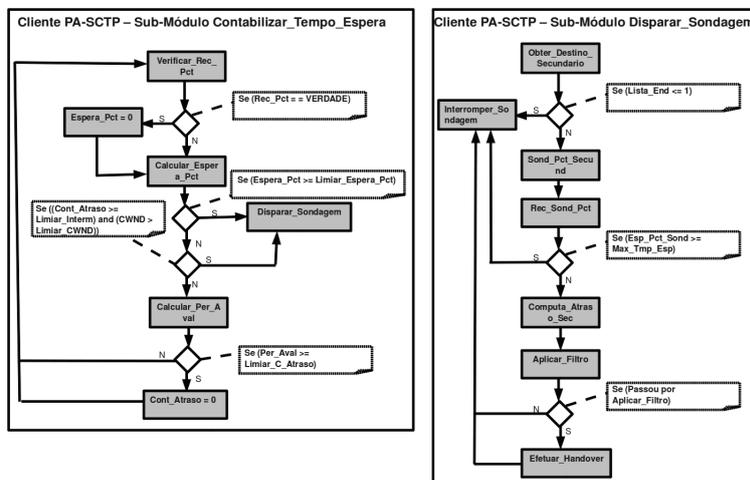


Figure 4. Módulo PA-SCTP: sub-módulos Contabilizar_Tempo_Espera e Disparar_Sondagem

4.3. Sub-Módulo Calc_Atraso_Medio

Esse sub-módulo é responsável por contabilizar o atraso médio na chegada de pacotes de dados no caminho primário da associação estabelecida. Seu funcionamento é demonstrado na figura 3.

Por meio desse módulo, é monitorado o caminho primário buscando detectar um comportamento intermitente em relação ao recebimento de pacotes de dados SCTP, ou seja, com espaços de tempo no recebimento de pacotes de dados não uniforme. Esse comportamento poderá gerar uma sinalização de que o atual caminho primário pode não estar suportando manter a exigência da aplicação com relação ao atraso médio máximo permitido no recebimento de pacotes de dados.

A função **Contabiliza Pct_Recebido** é um sinalizador para o sistema do recebimento de um pacote de dados pelo caminho primário.

A função **Contabiliza Atraso_Medio** calcula o atraso médio no recebimento de pacotes de dados atualmente.

O parâmetro **Atraso_Medio** guarda o atraso médio no recebimento de pacotes de

dados SCTP em milissegundos.

O parâmetro α é um coeficiente usado para determinar o quão grande foi um determinado espaço de tempo entre o recebimento de pacotes de dados. Isso determinará a intensidade do incremento ao sinalizador (**Cont_Atraso**) que informa para o sistema uma proeminente possibilidade de falha do caminho primário em atender à aplicação.

O parâmetro **Cont_Atraso** é um sinalizador para o sistema sobre a atual condição do caminho primário em atender à necessidade da aplicação. Quanto maior esse valor, pior é a condição do atual caminho primário.

4.4. Sub-Módulo Contabilizar_Tempo_Espera

Esse módulo computa o tempo decorrido entre o recebimento de pacotes de dados. É por meio desse módulo que é acionado a sondagem de pacotes de dados pelos caminhos secundários. Seu funcionamento é demonstrado na figura 4.

Existem duas possibilidades de esse módulo acionar o mecanismo **Disparar_Sondagem** (módulo para disparar pacotes de sondagem pelo caminho secundário). O disparo de pacotes de sondagem pode ser acionado devido ao atraso muito grande entre recebimento de pacotes de dados, sendo isso computado nesse módulo, e também devido ao comportamento intermitente do caminho primário detectado pelo módulo **Calc_Atraso_Medio**.

A cada acionamento do módulo **Disparar_Sondagem**, o módulo **Contabilizar_Tempo_Espera** é interrompido temporariamente até que o processo de sondagem seja finalizado ou uma possível realização de troca do destino primário seja efetuada.

A função **Verificar_Rec_Pct** busca sinalização do recebimento de pacotes de dados a cada *loop*. Uma vez que haja a sinalização do recebimento de um pacote de dados, o parâmetro **Espera_Pct** é reinicializado com zero. O parâmetro **Espera_Pct** armazena o tempo decorrido desde o recebimento do último pacote de dados.

A função **Calcular_Espera_Pct** contabiliza o período, em milissegundos, desde o recebimento do último pacote de dado pelo caminho primário.

O acionamento do mecanismo para sondar o caminho secundário pode ocorrer por meio de dois possíveis fatores: período muito longo sem receber pacotes de dados ou devido ao atual caminho primário apresentar um comportamento intermitente em relação ao recebimento de pacotes de dados.

Um período sem receber pacotes de dados maior ou igual ao parâmetro **Limiar_Espera_Pct** ativa o mecanismo de sondagem do caminho secundário.

Se o índice de caminho intermitente, o parâmetro **Cont_Atraso**, computado durante a execução do módulo **Calc_Atraso_Medio**, for maior ou igual ao parâmetro **Limiar_Interm** e a janela de transmissão (CWND) do transmissor for menor do que o **Limiar_cwnd**, o mecanismo de sondagem do caminho secundário também poderá ser acionado.

A função **Calcular_Per_Aval** computará há quanto tempo está executando o módulo **Contabilizar_Tempo_Espera**. O valor gerado por essa função será comparado com o parâmetro **Limiar_C_Atraso**, que limita o tempo máximo permitido para validade do valor do parâmetro **Cont_Atraso**.

4.5. Sub-Módulo Disparar Sondagem

Esse módulo é responsável por fazer o processo de sondagem sobre o caminho secundário existente dentro da associação. Seu funcionamento é demonstrado na figura 4.

Como o processo de sondagem é efetuado via um *socket* UDP, que é um protocolo não confiável para a entrega de pacotes, sempre são enviados, no mínimo, três pacotes de sondagem, e o caminho é considerado apto quando se recebe a confirmação de pelo menos dois dos pacotes de sondagem enviados.

A opção por enviar os pacotes de sondagem via outra conexão que não seja a SCTP, no caso o UDP, é devido ao fato de que, para os pacotes de sondagem, não é conveniente trabalhar com mecanismos de controle de fluxo ou retransmissão de pacotes de dados. Essas características são implícitas quando se usa o protocolo de transporte SCTP, podendo produzir resultados imprecisos quanto à real qualidade do meio de transmissão.

A função **Obter_Destino_Secundario** é utilizada para capturar todos os endereços de destino IPs, do ponto de vista do receptor de dados, que fazem parte da associação mSCTP-SCTP. A API do mSCTP-SCTP fornece uma função chamada *sctp_getpaddrs*, que disponibiliza todos os endereços IPs que fazem parte da associação ativa no momento.

A função **Sond_Pct_Secund** é encarregada de enviar pacotes de sondagem para os endereços secundários existentes na associação.

A função **Rec_Sond_Pct** é encarregada de monitorar o recebimento das respostas dos pacotes de sondagem enviados. O período máximo por espera de resposta dos pacotes de sondagem é definido pelo parâmetro **Max_Tmp_Esp**. Após esse período, o caminho é considerado impróprio para uso como destino dos pacotes de dados da aplicação.

A função **Aplicar_Filtro** executa um filtro que depende de qual mecanismo acionou o disparo de pacotes de sondagem, podendo ser por tempo de espera de pacotes de dados ou por intermitência do caminho primário. O filtro se aplica da seguinte forma:

- quando o disparo de pacotes de sondagem foi acionado por uma espera longa no recebimento de pacotes de dados: se houver o recebimento de sinalização da chegada de novos pacotes de dados e o valor do parâmetro **Atraso_Medio** for menor ou igual ao atraso médio computador no caminho secundário multiplicado por um coeficiente de segurança - a interrupção do mecanismo de sondagem deve ocorrer imediatamente;
- quando o disparo de pacotes de sondagem for acionado por um comportamento intermitente: valor do parâmetro **Atraso_Medio** for menor ou igual ao atraso médio computador no caminho secundário multiplicado por um coeficiente de segurança - a interrupção do mecanismo de sondagem deve ocorrer imediatamente.

A função **Efetuar_Handover** utiliza a funcionalidade disponibilizada pelo mSCTP para solicitar a alteração do atual destino primário do ponto de vista do transmissor de pacote dados da associação mSCTP-SCTP.

4.6. Parâmetros de limiar no algoritmo PA-SCTP

Os parâmetros limiares (tabela 2) adotados na proposta PA-SCTP são todos utilizados pela parte receptora de uma associação SCTP para determinar quando se devem acionar certos mecanismos para resguardar a boa condição do caminho de recebimento de pacotes de dados do ponto de vista da necessidade de uma dada aplicação.

Table 2. Lista de parâmetros limiares usados pelo PA-SCTP

Parâmetro Limiar	Valor	Função
Limiar_Atraso	50 ms	Atraso máximo na monitoração de caminhos intermitentes. Margem aceitável que atende muitas aplicações com algum tipo de restrições no recebimento de pacotes de dados.
Limiar_Interm	2	Delimita quantas vezes o Limiar_Atraso deve ser alcançado, para mapear o caminho como intermitente. Baseado durante os experimentos.
Limiar_C_Atraso	2s	Determina o tempo máximo de validade do parâmetro Cont_Atraso, que contabiliza quantas vezes o atraso no recebimento de pacotes de dados é igual ou superior ao Limiar_Atraso. Baseado durante os experimentos.
Limiar_Espera_Pct	1s	Período máximo de atraso no recebimento de pacotes. Baseado durante os experimentos.
Limiar_CWND	40.000 bytes	Tamanho máximo da CWND para que ocorra o <i>handover</i> . Baseado durante os experimentos.
Per_Probe	3s	Determina o intervalo mínimo de ocorrência entre sondagens. Baseado durante os experimentos.
Max_Time_Wait	2s	Período máximo de espera por respostas dos pacotes de sondagem. Baseado durante os experimentos.

5. Apresentação do testbed

Para demonstrar o ganho de performance do uso conjunto do mSCTP-SCTP utilizando o PA-SCTP, o *testbed* da figura 5, será utilizado para executar os experimentos.

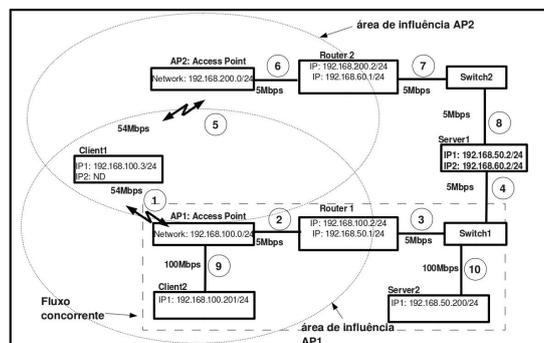


Figure 5. Testbed utilizado nos experimentos

O caminho primário inicial da associação, conforme sugerido no *testbed*, para todos os experimentos será 1-2-3-4 e o secundário 5-6-7-8.

Os experimentos aqui realizados serão categorizados da seguinte forma:

- Sctp-Padrao – quando o conjunto mSCTP-SCTP utiliza o mecanismo de decisão de *handover* baseado na perda de conectividade. Para isso utiliza os valores de parâmetros configuráveis sugeridos pela própria RFC do Sctp. PMR=5, RTO.Min=1 segundo e RTO.Max= 60 segundos.
- Sctp-Parametrizado – quando o conjunto mSCTP-SCTP utiliza o mecanismo de decisão de *handover* baseado na perda de conectividade. Os valores dos

parâmetros configuráveis foram alterados. $PMR=1$, $RTO.Min=100$ milissegundos e $RTO.Max=110$ milissegundos.

- PA-SCTP – quando o conjunto mSCTP-SCTP passa a tomar suas decisões de *handover* baseado no PA-SCTP. Os parâmetros configuráveis do PA-SCTP estão listados na tabela 2.

O PA-SCTP foi implementado em linguagem C e compilado para a plataforma FreeBSD 7.2. O gráfico gerado representará a variação da janela de transmissão CWND e o tempo de transferência de um arquivo de 15MB.

O SCTP-Padrao, o SCTP-Parametrizado e o PA-SCTP serão submetidos a três condições:

- Condição 1 – estação móvel (cliente1) está associada a dois *access points* no momento da configuração da associação SCTP e não há movimentação da estação móvel. Após 30 segundos da associação estabelecida o caminho primário será interrompido fisicamente.
- Condição 2 - nesse cenário a estação móvel permanece o tempo todo parado e sobre a área de influência de dois *access points*. Após 30 segundos de transmissão de dados é gerado um tráfego concorrente no caminho primário. O fluxo concorrente trafega nos enlaces 9-2-3-10, conforme sugerido pelo *testbed*.
- Condição 3 – nesse cenário a estação móvel está apenas sobre a área de influência do AP1 quando é iniciada a associação mSCTP-SCTP com o servidor. A partir do momento que a associação é estabelecida a estação móvel inicia uma caminhada em direção ao AP2.

6. Resultados e Discussão

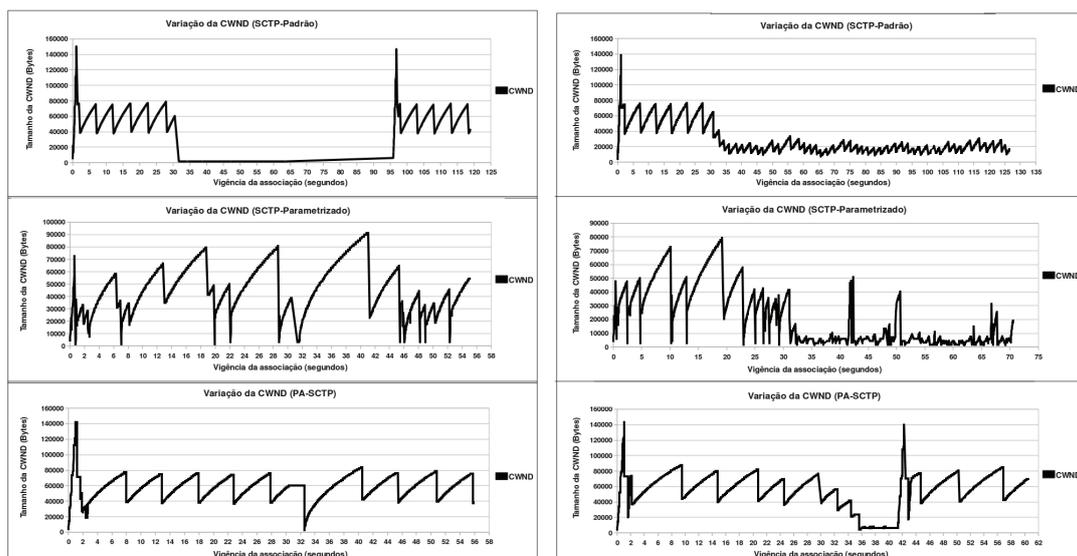


Figure 6. Variação da CWND, quando submetido a Condição 1 (Gráficos da esquerda) e Condição 2 (Gráficos da direita)

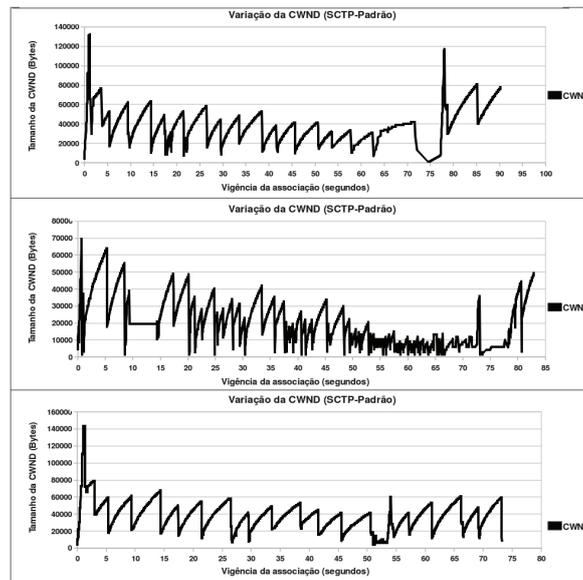


Figure 7. Variação da CWND, na presença movimentação do nó móvel

6.1. Condição 1 - figura 6

Com o SCTP-Padroo houve a interrupção no recebimento de pacotes de dados entre 30 e 90 segundos. Isso é representado no gráfico quando a CWND chega a zero. No SCTP-Parametrizado houve vários momentos de redução da CWND para patamares abaixo de 10.000 *bytes*. A alteração nos parâmetros configuráveis do SCTP desencadeou interpretações equivocadas de perda de pacote/ conectividade. Quando existe perda de pacote, ocorre retransmissões por meio do caminho secundário e a janela CWND do transmissor é reduzida para 1500 *bytes*. No caso de perda de conectividade o *handover* é realizado e a janela CWND do transmissor é reduzido para 4380 *bytes*.

Como consequência, dessa interpretação equivocada de perda de pacotes, o SCTP-Parametrizado, antes da interrupção do meio, fez uso do caminho secundário desnecessariamente para retransmissão de pacotes tido como perdidos e até mesmo realizou procedimentos de *handover*. Esse comportamento é prejudicial para outras aplicações que utilizam protocolos de transportes (UDP/TCP) não providos de *multi-homing*, uma vez que o uso de apenas um caminho por parte do conjunto mSCTP-SCTP já era satisfatório para a aplicação, como no caso do SCTP-Padroo. Após a interrupção definitiva do meio, o SCTP-Parametrizado, reduziu a CWND a valores abaixo de 10000 *bytes* por várias vezes, devido a interpretações equivocadas de *timeouts*.

Com o uso do PA-SCTP a troca do caminho para transmissão de pacotes ocorreu logo após a interrupção do meio primário devido à contabilização de um segundo sem recebimento de pacotes de dados. Apesar do *handover* com o SCTP-Parametrizado ter sido mais eficiente, no contexto geral não se obteve o melhor resultado devido a sua frequente interpretação equivocada de perdas de pacotes. Por fim, analisando o gráfico (figura 6), fica evidente que o PA-SCTP obteve um melhor desempenho que o SCTP-Padroo por ter sido mais hábil em detectar a perda de conectividade. Quando comparado ao SCTP-Parametrizado, o tempo de transmissão foi similar, mas o uso mais moderado

dos recursos do meio é realizado pelo PA-SCTP. Pelo fato de constantes interpretações de perdas equivocadas de pacotes de dados (redução da CWND para 1500 *bytes*) e troca do caminho primário (redução da CWND para 4380 *bytes*) o SCTP-Parametrizado acaba fazendo uso de dois caminhos para transmissão de pacotes de dados, sendo isso prejudicial para aplicações concorrente que faça uso de protocolos de transporte TCP ou UDP e até mesmo para outras aplicações SCTP.

6.2. Condição 2 - figura 6

Alguns gráficos usam escalas numéricas diferentes no eixo Y para SCTP-Padrao, SCTP-Parametrizado e PA-SCTP. É necessário em virtude aos resultados variados.

Com o SCTP-Padrao após 30 segundos de transmissão o fluxo de pacotes de dados diminui abruptamente mas em nenhum momento houve o *handover*. Fica aqui comprovado a ineficácia da tomada de decisão de *handover* do conjunto mSCTP-SCTP, visto que o caminho primário está congestionado e o secundário não foi usado. Quando utilizado o SCTP-Parametrizado, houve também a queda de performance devido a frequentes interpretações equivocadas de perda de pacote e conectividade. Como consequência, há o uso quase paralelo dos dois caminhos. Com isso é plausível concluir que o SCTP promove uma competição desleal para com outros protocolos (UDP/TCP) pela disputa dos recursos compartilhado da rede. Na prática o SCTP-Parametrizado mantém uma boa performance mas prejudica a largura de banda de outras aplicações que possa vir a utilizar enlaces que façam parte de uma associação mSCTP.

Com o uso do PA-SCTP foi constatado o uso racional do *multi-homing*, uma vez houve a troca do caminho primário uma única vez, sendo isso entre os tempos de 36 e 41 segundos da transmissão. Um comportamento anormal do protocolo foi detectado nessa transição uma vez que houve um retardo, após o *handoff*, do crescimento da CWND. Por fim podemos ver o ganho de performance claramente pelo tempo decorrido para transferir o arquivo de 15MB, aproximadamente 128 segundos para o SCTP-Padrao, 72 segundos para o SCTP-Parametrizado e 61 segundos para o PA-SCTP.

6.3. Condição 3 - figura 7

Analisando os gráficos gerados podemos constatar que quando usado o SCTP-Padrao, o caminho primário permaneceu inalterado até a perda total de conectividade constatado no tempo 75 aproximadamente da transmissão de pacotes de dados. Mais uma vez ficou constatado que a tomada de decisão de *handover* baseada na ausência de conectividade não é bom para a aplicação e conseqüentemente não apresenta bons resultados com o uso do conjunto mSCTP-SCTP.

Com o SCTP-Parametrizado também não se obtém um bom resultado devido a constante troca do caminho primário e interpretações equivocadas de perda de pacotes e conectividade. Como já comentado antes, isso conduz a uma competitividade desleal do mSCTP por recursos compartilhados da rede. Mais uma vez o PA-SCTP conseguiu fazer um uso mais sensato dos recursos da rede proporcionando para a aplicação uma melhor qualidade na propagação dos seus pacotes de dados. Houve apenas um procedimento de *handover* que ocorreu entre 50 e 55 segundos do tempo de transmissão. Por fim podemos ver o ganho de performance claramente pelo tempo decorrido para transferir o arquivo de 15MB, aproximadamente 90 segundos para o SCTP-Padrao, 83 segundos para o SCTP-Parametrizado e 73 segundos para o PA-SCTP.

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

O procedimento para tomada de decisão de *handover* no conjunto mSCTP-SCTP se confirmou lento e com a redução nos valores dos parâmetros configuráveis se mostrou desleal na disputa pelos recursos compartilhados da rede. A solução PA-SCTP se mostrou eficiente, pois além de amenizar a latência de tomada de decisão de *handover*, não causa alteração significativa, do ponto de vista de limitar a empregabilidade do protocolo. Como trabalho futuro será estudado o comportamento do algoritmo PA-SCTP para transmissão de pacotes de vídeo na forma de multicamadas proporcionando uma transmissão contínua de pacotes de vídeo, variando o fluxo e qualidade do vídeo recebido em detrimento a condição do meio de transmissão.

References

- Fallon, S., Jacob, P., Qiao, Y., Murphy, L., Fallon, E., and Hanley, A. (2008). SCTP Switchover Performance Issues in WLAN Environments. In *5 th IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)*.
- Funasaka, J., Ishida, K., Obata, H., and Jutori, Y. (2005). A study on primary path switching strategy of SCTP. In *Autonomous Decentralized Systems, 2005. ISADS 2005. Proceedings*, pages 536–541.
- Grace, K., Pecelli, D., and D'Amelia, J. (2006). Improving Multi-homed SCTP Mobile Communication Performance. *Technical Papers, The MITRE Corporation*.
- Han, Y. and Teraoka, F. (2009). SCTPmx: An SCTP Fast Handover Mechanism Using a Single Interface Based on a Cross-Layer Architecture. *IEICE Transactions on Communications*, 92(9):2864–2873.
- Hanley, A., Murphy, J., Qiao, Y., Murphy, L., and Fallon, E. (2010). Path Selection of SCTP Fast Retransmission in Multi-homed Wireless Environments. *International Federation for Information Processing Digital Library*, 284(1).
- Kashihara, S., Nishiyama, T., Iida, K., Koga, H., Kadobayashi, Y., and Yamaguchi, S. (2004). Path selection using active measurement in multi-homed wireless networks. In *Applications and the Internet, 2004. Proceedings. 2004 International Symposium on*, pages 273–276.
- Kim, D., Lee, D., Koh, S., Kim, Y., and Incorporation, M. (2008). Adaptive Primary Path Switching for SCTP Handover. In *Proc. of ICACT*, volume 2, pages 900–902.
- Liu, S., Yang, S., and Sun, W. (2004). Collaborative SCTP: a collaborative approach to improve the performance of SCTP over wired-cum-wireless networks. In *Local Computer Networks, 2004. 29th Annual IEEE International Conference on*, pages 276–283.
- Noonan, J., Kelly, A., Perry, P., Murphy, S., and Murphy, J. (2004). Simulations of multimedia traffic over SCTP modified for delay-centric handover. In *World Wireless Congress*.
- Stewart, R. (2007). RFC 4960: Stream Control Transmission Protocol.
- Stewart, R., Xie, Q., Tuexen, M., Maruyama, S., and Kozuka, M. (2007). RFC 5061: Stream control transmission protocol (SCTP) dynamic address reconfiguration.