

Uma Arquitetura Multimídia Composto SCTP, SIP e Protocolos Auxiliares para Suporte a Aplicações VoIP Móveis

Daniel Gouveia Costa e Sergio Vianna Fialho

Resumo - Novas extensões do protocolo SCTP permitem sua utilização na implementação de mecanismos de *handover* a nível de transporte, bem como o fornecimento de um serviço de transporte de dados parcialmente confiável. Combinando o SCTP com o protocolo de iniciação de sessões, SIP, uma arquitetura de comunicação pode ser proposta, a fim de atender às aplicações de voz sobre IP com requisitos de mobilidade. Descrevem-se ainda os procedimentos de localização de usuário a nível de aplicação, utilizando o protocolo SIP, como alternativa aos mecanismos empregados por protocolos tradicionais que suportam mobilidade na camada de rede.

Palavras-chaves – SCTP, SIP, mobilidade.

Abstract - New extensions of SCTP protocol allow its use in the implementation of handover mechanisms in a transport layer level, as well as the supply of a partially reliable data transport service. This article proposes the use of these new versions of SCTP with the Session Initiation Protocol, SIP, in order to build a communication architecture to support Voice over IP applications with mobility requirements. Procedures for user localization using SIP are also described, as an alternative solution compared to the traditional mechanisms used by protocols that support mobility in the network layer, as Mobile IP.

Keywords – SCTP, SIP, mobility.

I. INTRODUÇÃO

A necessidade de integração no transporte das mídias de voz, vídeo e dados numa mesma rede para atender as exigências de algumas novas aplicações, tais como videoconferência e telefonia IP, impulsionou o surgimento de padrões de comunicações multimídia na Internet, a exemplo

do H.323, SIP, MGCP, entre outros. Paralelamente, nestes últimos tempos, a questão da mobilidade nas redes de computadores vem se impondo e exigindo novas soluções robustas tanto para as aplicações quanto para o subsistema de comunicação subjacente, sobretudo quando os ambientes usados para telefonia e comunicação de dados tendem a convergir também na área de comunicação móvel. Nesse cenário, a demanda por aplicações de voz sobre IP (VoIP) [1], quando essas utilizam enlaces de conexão sem fio, encoraja a especificação de arquiteturas de comunicação móvel adaptadas a novos requisitos operacionais.

O SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) [2] é um protocolo de transporte que provê uma série de serviços atraentes a diversas aplicações na Internet. Com algumas extensões ao protocolo original, arquiteturas de comunicação mais robustas podem ser construídas. Através da característica de *multihoming* aliada a esquemas de configuração dinâmica de endereços IP, o SCTP é capaz de realizar operações necessárias ao suporte de mobilidade na pilha TCP/IP. Dessa forma, mecanismos antes executados na camada de rede podem ser migrados para processamento na camada de transporte da Internet. Aliada a essa característica, o SCTP provê um serviço de transmissão parcialmente confiável, o que garante a coexistência de dados com características de confiabilidade diversas numa mesma comunicação de transporte.

O protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) [3] é utilizado para criar, modificar e encerrar sessões multimídia entre um ou mais participantes. Em conjunto com o SDP (*Session Description Protocol*) [4], protocolo de descrição de capacidades de processamento de mídia e com o RTP (*Real Time Transport Protocol*) [5], para transporte de dados com características de tempo real, o SIP constitui uma das mais utilizadas arquiteturas de comunicação multimídia na Internet.

Considerando um ambiente de mobilidade SCTP empregando padrões de sinalização para transmissão de dados em tempo real, este artigo propõe a especificação de uma arquitetura de comunicação utilizando SCTP em conjunto com o protocolo SIP. Nessa arquitetura, os esquemas de localização de usuário necessários a um ambiente

Daniel Gouveia Costa e Sergio Vianna Fialho, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. E-mails: danielgouveia@pop.rnp.br, fialho@pop-rn.rnp.br

móvel serão executados a nível de aplicação, utilizando os esquemas de localização já presentes no SIP. Além disso, a arquitetura proposta pretende simplificar as implementações desse protocolo referentes a tratamentos de *handover*, eliminando a necessidade de um mecanismo de mobilidade a nível de aplicação. Esses mecanismos de *handover* serão executados a nível de transporte pelo protocolo SCTP.

Trabalhos anteriores já abordaram a utilização do SIP sobre o SCTP [6], mecanismos de mobilidade a nível de aplicação pelo SIP [7] e a utilização do SCTP em conjunto com padrões de mobilidade a nível de rede [8]. Entretanto, em [6] o SCTP é encarregado apenas de realizar o transporte de sinalização SIP entre terminais ou *proxies* comunicantes. Em [7], operações de suporte a mobilidade são disponibilizadas a nível de aplicação pelo SIP, utilizando elementos operacionais já especificados por esse protocolo. Por fim, [8] aborda a integração do SCTP com padrões de mobilidade a nível de rede para oferecer suporte às aplicações móveis. Por outro lado, esse artigo propõe uma arquitetura que utilize os protocolos SCTP e SIP em conjunto, para oferecer serviços de mobilidade e de transmissão de dados com requisitos de tempo real, eliminando a necessidade de suporte à mobilidade a nível de rede, como em [8], e a nível de aplicação, como em [7]. Além disso, esse artigo especifica a utilização do SCTP para transporte de sinalização SIP e de dados com características de tempo real, oferecendo um serviço adicional àquele presente em [6].

Esse artigo está organizado da seguinte forma: na seção II são apresentados os principais conceitos relativos aos protocolos da arquitetura de comunicação de rede considerada e que são relevantes para a alternativa proposta. Na seção III é descrita a arquitetura de comunicação baseada na utilização do protocolo SCTP em conjunto com o protocolo SIP para atender às aplicações VoIP móveis. Na seção IV é discutido o estado atual de verificação e implementação da arquitetura proposta. Por fim, são apresentadas as conclusões do trabalho.

II. TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO

A. SCTP e suas extensões

O SCTP é um protocolo de transporte da pilha TCP/IP que opera num nível equivalente ao UDP (*User Datagram Protocol*) [9] e ao TCP (*Transport Control Protocol*) [9]. Especificado originalmente para transportar sinalização telefônica pela Internet, a aplicabilidade do SCTP foi logo reconhecida como vantajosa em outros escopos de execução.

O protocolo SCTP é orientado a conexão, estabelecendo uma associação SCTP com um número arbitrário de fluxos *simplex* de transmissão e recepção. O escopo de ordenação das mensagens de usuário é restrito a cada fluxo particular, garantindo uma maior eficiência na transmissão de dados. Assim como o TCP, o SCTP fornece entrega confirmada de dados, livre de erros e não duplicados.

O PR-SCTP (*Partial Reliability – Stream Control Transmission Protocol*) [10] é uma extensão do protocolo SCTP que define um serviço de transporte parcialmente confiável para ser utilizado com o SCTP. Essa extensão do SCTP permite ao usuário especificar quão persistente o serviço de transporte deve ser na tentativa de enviar mensagens através da rede.

Como os pacotes SCTP são formados por um conjunto de uma ou mais mensagens, dados de natureza confiável e não confiável podem estar presentes numa mesma associação SCTP, que implemente a extensão mencionada. Dessa forma, o número de datagramas IP (*Internet Protocol*) [9], bem como o *overhead* na rede, são diminuídos, pois outro protocolo de transporte não seria empregado para transmissão dos dados com características de transmissão não confiáveis.

Uma característica marcante do protocolo SCTP é o suporte a múltiplos endereços IP numa “conexão” SCTP, permitindo redundância de caminhos em caso de falhas na rede. Essa característica é conhecida como *multihoming*. A especificação MSCTP (*Mobile Stream Control Transmission Protocol*) [11] utiliza essa característica para oferecer mecanismos de *handover* a nível de transporte. Para permitir o fornecimento desse serviço, mensagens de controle específicas são definidas para atualizar dinamicamente a configuração dos endereços de rede associados às estações participante de uma comunicação de transporte SCTP.

B. Arquitetura SIP

A arquitetura SIP, destinada a comunicações multimídia em tempo real na Internet, é formada por inúmeros protocolos com objetivos específicos. Combinando as funcionalidades desses protocolos, essa arquitetura de comunicação é capaz de oferecer um serviço flexível e ao mesmo tempo robusto para uma série de aplicações multimídia de escopos distintos. Os principais protocolos constituintes dessa arquitetura de comunicação são o SIP [3], o SDP [4] e o RTP [5].

O protocolo SIP é destinado à abertura, controle e encerramento de chamadas em comunicações multimídia. Além disso, o protocolo SIP é capaz de realizar convite a usuários para participar de sessões multimídia

preexistentes ou criar novas seções de comunicação. Outra funcionalidade marcante desse protocolo é a localização de usuários, desempenhada através do uso de elementos (*SIP Registrars*) e mensagens de controle específicas, bem como um esquema de endereçamento globalmente único.

O protocolo RTP foi especificado para ser utilizado no transporte de dados sensíveis ao atraso na Internet. Sua utilização é necessária, tendo em vista as características dos protocolos de transporte empregados nessa rede: o TCP e o SCTP são protocolos confirmados enquanto o UDP e o PR-SCTP, embora não confirmados, ou parcialmente confirmado, como esse último, não possuem qualquer informação de tempo. As aplicações de tempo real são prejudicadas por retransmissão de pacotes perdidos e necessitam de marcas de tempo para reconstruir as informações da mídia recebida.

Uma alternativa para prover autenticidade, integridade e confidencialidade em fluxos de mídia em tempo real é utilizar o protocolo SRTP (*Secure Real Time Protocol*) [12], que é um perfil operacional a ser opcionalmente utilizado com o RTP.

O protocolo SDP é utilizado para descrever sessões multimídia. Dessa forma, aplicações participantes de comunicações com suporte multimídia podem trocar informações sobre suas capacidades de processamento de mídia, permitindo assim compatibilizar os tipos de *codecs* (enCOder/DECoder) [1] a serem empregados em tais comunicações.

III. Arquitetura de Comunicação Proposta

A arquitetura proposta é formada por um conjunto de protocolos de comunicação já especificados. Com a operação conjunta desses protocolos, pretende-se atingir uma maior eficiência de comunicação no escopo considerado, uma vez que benefícios específicos de cada tecnologia são explorados.

A aplicabilidade dessa arquitetura está relacionada às aplicações da Internet com capacidades de comunicação de voz e com requisitos de mobilidade, que trafegam entre redes sem fio e que não necessitem de comunicação multiponto, como em audioconferências.

Assim, compondo serviços de protocolos baseados em SCTP com o protocolo SIP, além do uso de protocolos adicionais, como o RTP e o SDP, a arquitetura de comunicação proposta oferece serviços de sinalização de chamada e transmissão de voz em tempo real, além de suporte a mobilidade de terminal e sua localização. Aliada a essas características, recomenda-se ainda o uso opcional do protocolo SRTP, que oferece serviços de integridade,

autenticidade e confidencialidade de dados, visando assim disponibilizar um maior nível de segurança aos pacotes de voz transmitidos.

Adicionalmente aos protocolos apresentados, os serviços oferecidos pelos protocolos DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) [9] e DNS (*Domain Name System*) [9] são utilizados na arquitetura, embora possam ser substituídos por serviços equivalentes de outros protocolos. Por questões de simplicidade, o protocolo RTCP (*Real Time Control Protocol*) [5] não é utilizado na arquitetura proposta.

A figura 1 apresenta a pilha de protocolos da arquitetura proposta.

Voz	Controle SIP/SDP	Localização SIP/ DNS e DHCP
RTP/SRTP		
PR-SCTP		UDP
MSCTP		
IP		

Fig 1. Pilha de protocolos da arquitetura.

O ambiente de comunicação especificado pela arquitetura é composto por redes sem fio e estações móveis que se comunicam entre si e, eventualmente, com terminais não móveis em redes cabeadas. Além das estações com suporte a voz e telefones IP, o ambiente de comunicação deve contar com servidores SIP *registrar*, que mantém o “rastros” dos terminais de voz, enquanto estes se movem entre as redes sem fio.

Utilizando a arquitetura especificada, dois tipos de comunicação são identificados: as comunicações que operam sobre SCTP e as que operam sobre UDP. As que utilizam os serviços desse primeiro protocolo são provenientes das sessões multimídia SIP entre os terminais usuários da arquitetura, podendo conter dados de voz digitalmente codificada transmitidos sobre RTP/SRTP ou informações de controle SIP. Já as comunicações que operam sobre UDP concernem aos registros e consultas a servidores *registrars*, bem como as trocas de mensagens com servidores DNS e DHCP.

Nessa primeira especificação do ambiente omitiram-se os elementos para realizar contabilidade de recursos. Da mesma forma, os outros elementos operacionais da arquitetura SIP não foram incluídos, a exceção dos servidores *registrars*.

Nas subseções a seguir apresenta-se uma descrição informal do ambiente e seus principais serviços.

A. Estabelecimento de conexão (chamada)

Inicialmente, para efetuar uma chamada a um terminal, é necessário que o usuário interessado conheça o endereço SIP do terminal destino, que deve estar na forma “sip: usuário@domínio”. A partir desse endereço é possível descobrir a localização do *home registrar* do terminal a ser chamado, uma vez que a parte *domínio* desse endereço permite a descoberta do endereço IP desse servidor, através de consultas a servidores DNS, por exemplo. Em seguida, com a parte *usuário* desse mesmo endereço, é possível obter o endereço IP atual do terminal que será chamado, realizando uma busca ao registro correspondente presente no *registrar* consultado. Todos os terminais usuários da arquitetura devem ter um endereço SIP único associado a apenas um (*home registrar*).

As consultas feitas a servidores DNS utilizam mensagens próprias para esses fins, bem como as comunicações entre cliente e servidor *registrar* utilizam mensagens SIP específicas (REGISTER). Quando essa mensagem é utilizada para consulta, apenas a parte *usuário* do endereço SIP está presente, ficando o endereço IP requerido na mensagem de resposta 200 OK, enviada pelo *registrar* ao terminal requisitante.

Com o endereço de rede do terminal destino, o terminal chamador (agente cliente) inicia o estabelecimento de uma associação SCTP (*four-way handshake*), com um único fluxo *simplex* em cada direção. O não sucesso no estabelecimento dessa associação pode indicar, entre outras coisas, a não disponibilidade de comunicação do usuário a ser chamado. No par de fluxos *simplex* pertencente à associação recém estabelecida, ocorre a troca de mensagens SIP, iniciada pelo envio de uma mensagem INVITE ao terminal chamado (agente servidor). Uma mensagem INVITE é reconhecida por uma mensagem 200 OK. Por fim, para completar o processo de *handshake* SIP, uma mensagem ACK é enviada no mesmo sentido de envio do INVITE.

B. Transporte de dados isócronos

Após o estabelecimento da comunicação a nível de transporte (SCTP) e aplicação (SIP), a troca de dados isócronos (tempo real) pode ocorrer utilizando o protocolo RTP/SRTP. Os dados são enviados, utilizando os serviços do protocolo PR-SCTP, de forma desordenada (não associado a um fluxo) e não confiável através da associação SCTP. Devido as características dessa mídia, os dados referentes à voz digitalizada devem ser transmitidos de forma não confiável e não ordenada, enquanto as informações de controle seguem num fluxo ordenado e confiável.

Assim, efetuando a comunicação de controle e de dados em uma mesma associação SCTP, o *overhead* da comunicação é reduzido, uma vez que o número de datagramas IP, o número de portas de transporte necessárias e o processamento nas estações de origem e destino são diminuídos.

C. Detecção de mudança de rede

Uma estação móvel, a partir dos procedimentos adotados para associação a um AP (*Access Point*), como em [13], consegue identificar quando deve ocorrer mudança entre redes físicas distintas, sendo esse procedimento gerenciado pelo protocolo de nível de enlace.

Quando a mudança de rede física acarreta uma mudança de rede lógica IP, o endereço de rede e a máscara de subrede associados à estação móvel devem ser alterados. Tanto a identificação da mudança de rede lógica quanto a atribuição do novo endereço IP e máscara de subrede podem ser desempenhados pelo protocolo DHCP, embora outras soluções equivalentes possam ser utilizadas no ambiente considerado.

D. Atualização dinâmica de endereço na associação

Enquanto um terminal da arquitetura move-se entre redes distintas, dois procedimentos devem ser adotados. O primeiro procedimento diz respeito à troca de mensagens ASCONF e a ASCONF-ACK pelo SCTP, para substituição dos endereços IP da associação corrente por novos endereços, referentes às redes móveis visitadas. Após a atribuição de um novo endereço de rede, uma mensagem ASCONF (*Address Configuration*) é enviada automaticamente para informar ao par da comunicação o novo endereço IP a ser utilizado, substituindo o endereço IP prévio associado ao terminal emissor dessa mensagem. Com uma mensagem ASCONF-ACK (*Address Configuration ACK*), a requisição de inserção do novo endereço na associação é confirmada.

No segundo procedimento, que ocorre imediatamente após o primeiro, o terminal emissor do ASCONF deve enviar uma mensagem de atualização ao seu *home registrar*, informando sua localização atual após a mudança de endereço IP. Essa medida tem a finalidade de tornar o terminal móvel alcançável por outros terminais da arquitetura.

E. Localização de usuário

A especificação MSCTP sugere a utilização de *home agents* [14] para localização de usuários. Contudo, em vez de utilizar serviços de localização a nível de rede, como aqueles

especificados em MIP (*Mobile IP*), podem-se empregar outros mecanismos de localização, como os oferecidos pelo protocolo SIP e por elementos de seu padrão de comunicação. Como a arquitetura especificada é voltada a aplicações de voz na Internet, a utilização do SIP para localização de usuários não causa *overhead* adicional considerável, uma vez que esse protocolo estará também responsável pelas sinalizações dessas comunicações de voz.

Sendo os mecanismos de *handover* executados a nível de transporte pelo protocolo MSCTP, as funções de mobilidade da arquitetura especificada estão localizadas nas camadas lógicas de transporte e de aplicação, que, por serem fim-a-fim, garantem flexibilidade ao serviço proposto.

O protocolo SIP transparentemente suporta “mobilidade pessoal”, que é a possibilidade de um usuário poder utilizar terminais diferentes possuindo um único endereço lógico globalmente visível. Isso é obtido graças ao emprego de um esquema de endereçamento baseado em endereços de *email*, permitindo a manutenção de um escopo único dessa variável.

Para manter o “rastros” dos terminais móveis, enquanto estes trafegam por redes sem fio, esses devem registrar-se junto ao seu *home registrar* correspondente (SIP *registration*). Cada usuário dos terminais da arquitetura, móveis ou não, deve possuir um endereço SIP globalmente único, tendo esse endereço o mesmo domínio que o endereço do seu *home registrar* associado. Dessa forma, mantém-se um escopo de endereçamento voltado aos usuários, onde a localização ocorrerá independente do terminal atualmente sendo utilizado: os terminais são meros pontos de acesso ao serviço de comunicação disponibilizado.

A cada mudança de rede lógica de um terminal móvel no ambiente considerado, deve ocorrer uma atualização de registro no *home registrar*, onde será informado o endereço IP atual desse terminal.

F. Término de chamada

Após encerrar a comunicação de voz, a sessão multimídia SIP deve ser desfeita, usualmente por uma mensagem SIP BYE. Em seguida, a associação SCTP é também encerrada, utilizando um *handshake* de três vias com mensagens SHUTDOWN. Após esses procedimentos de finalização da comunicação, nenhuma mensagem de atualização deve ser enviada ao *home registrar* das estações comunicantes.

IV. VERIFICAÇÃO DA ARQUITETURA

O estado atual de desenvolvimento da arquitetura proposta está focalizado nas

especificações dos procedimentos necessários a sua correta operação, num processo de refinamento gradual. Têm-se indicações que essa solução deve apresentar índices de desempenho favoráveis, mas ainda não existem resultados medidos de sua operação. Devido às extensões do SCTP utilizadas serem recentes, ainda está sendo definida como será feita a verificação das hipóteses levantadas: se através de simulação, técnicas de análise numérica ou implementação.

A mobilidade SCTP, embora não completamente verificada, apresenta algumas indicações relativas à sua adoção na Internet. Em [15] é descrito que os *handovers* a nível de rede, de forma geral, sofrem de alta latência e considerável perda de pacotes. A configuração provável de mobilidade na Internet deverá ser composta por uma arquitetura multicamada, comandada pelo nível de transporte e auxiliada por outros níveis lógicos, como o nível de aplicação.

Em [16] o MSCTP é apontado como a solução que apresenta *handover* mais eficiente, quando comparado às soluções MIP e HIP (*Host Identity Protocol*) [17]. Além disso, os procedimentos de reendereçamento do MSCTP, por serem mais rápidos que os presentes nas soluções de mobilidade MIPv6 (*Mobile IPv6*) e HIP, constituem-se na melhor das três soluções para telefonia celular de terceira e quarta geração [18]: os constantes *handover* dos usuários dessas redes necessitam de mecanismos rápidos de reendereçamento.

A eficiência e flexibilidade esperadas da arquitetura proposta são indicativos de sua relevância para os cenários de comunicação atuais. Assim, espera-se que as tarefas de verificação a serem efetuadas sobre a arquitetura confirmem sua eficiência de operação.

V. CONCLUSÃO

O protocolo SCTP vem se apresentado à comunidade Internet como alternativa real a aplicações que demandam serviços adicionais da camada de transporte, não disponibilizados pelos protocolos tradicionais UDP e TCP. Por ainda não estar consolidado como protocolo de transporte de ampla utilização na Internet, o SCTP permite maior flexibilidade à adoção de novos mecanismos operacionais, como aqueles referentes ao suporte à mobilidade e à transmissão parcialmente confiável de dados de usuário, o que culminará numa maturação mais eficiente desse protocolo.

Em relação às arquiteturas de comunicação multimídia em tempo real, o SIP está se tornando padrão de mercado para aplicações que necessitem de um protocolo leve e flexível. Na área de telefonia IP, esse protocolo é um dos mais

fortes candidatos à adoção em complexos sistemas de comunicação.

A arquitetura proposta, utilizando a eficiência conjunta desses e de outros protocolos de comunicação, apresenta-se como uma boa solução às aplicações de voz sobre IP, sobretudo àquelas com requisitos de mobilidade.

Os esforços de pesquisas em soluções de mobilidade prometem ainda aquecer o campo das discussões sobre a melhor solução a ser adotada. Ainda mais, esse cenário de pesquisa é alimentado pela demanda por telefonia de terceira e quarta geração, onde os ambientes de micro e macro mobilidade estarão integrados. Soluções como Mobile IP, Mobile SCTP e HIP são algumas das alternativas estudadas para suprir essa demanda.

Trabalhos futuros estão relacionados à especificação e verificação formal da operação da arquitetura, bem como a implementação de aplicações usuárias para obtenção de dados quantitativos de sua eficiência. Nesse processo, novos cenários de comunicação mais complexos serão considerados, com a adequação da arquitetura a outros escopos operacionais, como videoconferência, o que facilitará o processo de generalização de seu uso.

REFERÊNCIAS

- [1] HERSENT, Oliver. Guide, David. PETIT, Jean-Pierre. **Telefonia IP**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- [2] STEWART, R. XIE, Q. **RFC 2960. Stream Control Transmission Protocol**. Outubro de 2000.
- [3] ROSEMBERG, J. SHCULZRINNE, R. **RFC 3261. Session Initiation Protocol**. Junho de 2002.
- [4] HANDLEY, M , JACOBSON, V. **RFC 2327. Session Description Protocol**. Abril de 1998.
- [5] SHCULZRINNE, R. CASNER, S. **RFC 1889. RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications**. Janeiro de 1996.
- [6] MARCO, Giuseppe de. VITO, Diario de. LONGO, Maurizio. LORETO, Salvatore. **SCTP as a transport for SIP: a case study**. Acessado em Novembro de 2004 pela URL: http://www.coritel.it/publications/IP_download/SCTP%20as%20a%20transport%20for%20SIP.pdf.
- [7] WEDLUNG, Elin, SCHULZRINNE, Hennig. **Mobility Support Using SIP**. Acessado em Novembro de 2004 pela URL: http://www.cs.columbia.edu/~hgs/papers/Wed1908_Mobility.pdf.
- [8] NOOMAN, James. PERRY, Philip, MURPHY, John. **A study of SCTP services in a Mobile-IP network**. Acessado em Novembro de 2004 pela URL: <http://www.eeng.dcu.ie/~jnoonan/publication/s/a-study-of-sctp.pdf>.
- [9] COMER, E. **Interligação em Redes com TCP/IP**. 3 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.
- [10] STEWART, R. Xie, Q. **RFC 3758. Stream Control Transmission Protocol Partial Reliability Extension**. Maio de 2004.
- [11] STEWART, R. XIE, Q. **Stream Control Transmission Protocol Dynamic Address Reconfiguration**. Internet Draft .Julho de 2004.
- [12] BAUGHER, M., MCGREW, D. **RFC 3711 - The Secure Real-time Transport Protocol (SRTP)**. Março de 2004.
- [13] **IEEE P802.11, Main General Info Page**. Acessado em Fevereiro de 2005 pela URL: grouper.ieee.org/groups/802/11/main.html
- [14] PERKINS, C. **RFC 3344. IP Mobility Support for IPv4**. Agosto de 2002.
- [15] LE, Deguang. FU, Xiaoming. HOGREFE, Dieter. **A Review of Mobility Support Paradigms for the Internet**. Acessado em Janeiro de 2005 pela URL: <http://www.tmg.informatik.uni-goettingen.de/publications/1156/IFI-TB-2005-001.pdf>.
- [16] JOHNSON, D. PERKINS, C. **RFC 3775. Mobility Support in IPv6**. Junho de 2004.
- [17] MOSKOWITZ, R. NIKANDER, P. **Host Identity Protocol**. Internet Draft. Outubro de 2004.
- [18] RATOLA, mika. **Which Layer for Mobility? – Comparing Mobile IPv6, HIP and SCTP**. Acessado em Fevereiro de 2005 pela URL: <http://www.tml.hut.fi/Studies/T-110.551/2004/papers/Ratola.pdf>.