

5 Conclusão

Este trabalho apresentou o protocolo SIP como protocolo de sinalização de chamadas VoIP. O desempenho do protocolo SIP quando utilizado na sinalização para estabelecimento e término de chamadas foi avaliado e comparado com os objetivos definidos para a PSTN. O SIP mostrou ser uma boa opção para sinalização de chamadas VoIP, mesmo em ambientes hostis, com altas perdas.

Em todos os ambientes experimentais, o *post-dial delay* (PDD) ficou abaixo do recomendado pela recomendação E.721. O *post-pickup delay* (PPD) também atendeu a recomendação, mas em duas situações o valor de 95% superou o recomendado. Quanto ao *call release delay* (CRD), os valores apresentados na recomendação não se adequaram a chamadas VoIP, já que não há distinção do CRD para o tipo de chamada. Em muitos casos, a média e valor de 95% das chamadas realizadas superaram o recomendado. Assim, sugere-se que os valores recomendados para o PPD também sejam usados para o CRD, já que o número de mensagens trafegadas é o mesmo. A Tabela 28 apresenta esta sugestão.

Parâmetro / Tipo de Chamada	Média	95%
PDD – Chamada Local	3,0 seg	6,0 seg
PDD – Chamada Nacional	5,0 seg	8,0 seg
PDD – Chamada Internacional	8,0 seg	11,0 seg
PPD – Chamada Local	0,75 seg	1,5 seg
PPD – Chamada Nacional	1,5 seg	3,0 seg
PPD – Chamada Internacional	2,0 seg	5,0 seg
CRD – Chamada Local	0,75 seg	1,5 seg
CRD – Chamada Nacional	1,5 seg	3,0 seg
CRD – Chamada Internacional	2,0 seg	5,0 seg

Tabela 28 – Sugestão de objetivos de PDD, PPD e CRD

Em todos os casos, houve 100% de completamento das chamadas, mesmo quando havia perda de pacotes de 20%, demonstrando o atual nível de amadurecimento e robustez do protocolo.

Verificou-se que à medida que o retardo de propagação aumenta para um valor percentual fixo de perda de pacotes, há uma diminuição do valor percentual do indicador medido (no ambiente com perdas de pacotes) em relação ao indicador medido para um ambiente sem perda de pacotes (razão $\text{Indicador_com_perda}/\text{Indicador_sem_perda}$). Isto era de se esperar, pois os timers de retransmissão do SIP possuem valores fixos, não variando com o aumento do RTT. Além disso, quanto maior a perda de pacotes, maior o valor da razão $\text{Indicador_com_perda}/\text{Indicador_sem_perda}$.

Quando o *jitter* foi variado, a média manteve-se constante e houve uma pequena variação do valor de 95% para tipos de chamadas com alto retardo de propagação. Isto mostrou que o *jitter* não afeta a qualidade da sinalização.

O desempenho dos *softphones* e *proxies* mostrou afetar a qualidade da sinalização, principalmente quando o retardo de propagação é pequeno.

Comparando a diferença de desempenho de chamadas realizadas através de SIP sobre UDP e do SIP sobre TCP, percebe-se que o PDD para chamadas realizadas com SIP sobre TCP é praticamente o dobro em relação ao SIP sobre UDP em ambientes com retardo de propagação. Esta diferença é devido ao estabelecimento da conexão TCP, que acrescenta um valor igual ao RTT ao PDD. Em ambientes LAN, o retardo adicionado pelo TCP é desprezível. Apesar do PDD das chamadas realizadas com SIP sobre TCP atender a recomendação E.721, sugere-se que o TCP não seja utilizado entre um *user agent* e um servidor *proxy*, já que o UDP adequa-se bem a esta situação (menor PDD). No entanto, o SIP sobre TCP pode ser utilizado entre servidores *proxies* que possuam alto tráfego de mensagens, já que apenas uma conexão TCP é necessária trafegar múltiplas sessões SIP. Assim, mesmo utilizando-se o TCP entre os *proxies*, não há aumento do PDD devido a estabelecimentos de conexão TCP. Nesta situação de alto tráfego, o TCP é superior ao UDP, pois protocolos de transporte orientados a conexão detectam perdas de pacotes muito mais rápido do que os protocolos de transporte não orientados a conexão [56]. Nos ambientes experimentais, onde o tráfego era baixo, percebeu-se que as retransmissões do SIP sobre TCP freqüentemente ocorriam mais rápido do que as retransmissões do SIP sobre UDP. Além disso, o mecanismo de controle de congestionamento utilizado pelo TCP também o faz superior ao UDP em ambientes com alta perda de pacotes, já que o UDP continua a enviar os pacotes com taxa constante mesmo após subseqüentes perdas de pacotes, congestionando cada vez mais a rede, enquanto o TCP ajusta sua janela de

congestionamento diminuindo a taxa de transmissão. Logo, para baixo tráfego, o UDP é mais indicado, e para alto tráfego, o TCP é mais indicado.

Quando a banda é limitada, o PDD é mais afetado, pois há uma quantidade maior de mensagens envolvidas na transação. Com uma banda de 256 Kbps é possível ter qualidade total à nível de sinalização, ou seja, com uma conexão ADSL é possível obter-se os mesmos tempos de PDD, PPD e CRD que em uma rede local.

A inclusão de um *proxy* a mais elevou os indicadores em cerca de 50% para o caso de chamadas em ambiente LAN. Para as chamadas em ambiente com retardo de propagação, há um aumento significativo dos indicadores dependendo da localização do novo *proxy*.

5.1. Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros, sugere-se que os indicadores medidos sejam avaliados nos mesmos ambientes experimentais, mas agora, com tráfego concorrente, ou seja, um número de chamadas por segundo deve ser gerado e as chamadas de teste entre os dois UAs deve ser realizada em paralelo. Os protocolos UDP e TCP devem ser utilizados, possibilitando a comparação de desempenho do SIP sobre UDP e sobre TCP.

Outra avaliação interessante seria avaliar como técnicas de QoS podem melhorar os tempos de PDD, PPD e CRD quando a rede encontra-se com diferentes ocupações de banda em uso. Neste caso, seriam necessárias a geração de tráfego concorrente de chamadas de teste e a variação da banda ocupada por este tráfego concorrente.

De modo a facilitar a computação dos indicadores de interesse, há a necessidade de desenvolvimento de uma aplicação que interprete o formato de arquivo exportado pelo Ethereal e calcule todos os valores PDD, PPD e CRD para cada uma das chamadas realizadas.

Quando *softphones* e *proxies* que tenham suporte ao protocolo de transporte SCTP estiverem disponíveis, sugere-se a montagem de ambientes de teste similares a deste trabalho de modo a avaliar o comportamento dos indicadores com o protocolo SCTP e comparar com o UDP e TCP.