

Protótipo de Conferência Multimídia e Transmissão de Dados de Experimentos Médicos em Tempo Real pela Web

Joylan Nunes Maciel^{1,3}, Renato Bobsin Machado¹, Feng Chung Wu^{1,2,3},
Huei Diana Lee¹, João José Fagundes²,
Juvenal Ricardo Navarro Góes²

¹Laboratório de Bioinformática – LABI
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE
Parque Tecnológico Itaipu – PTI
Caixa Postal 1511, CEP 85856-970
Foz do Iguaçu, PR, Brasil

²Serviço de Coloproctologia da Faculdade de Ciências Médicas
Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP, Campinas, SP, Brasil

³Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação — ITAI/PTI,
Foz do Iguaçu, PR, Brasil

joylan@ig.com.br, renato@unioeste.br

Abstract. *Advances of computational and communication technologies, in conjunction with necessities of the medical area, have motivated the development of applications directed to Telemedicine. In this work, it is presented a prototype of a multimedia conference and transmission, in real time through the Web, system of medical data from experiments. This prototype allows the remote accompaniment of the Total Energy of Rupture biomechanical test and the interaction among the researchers during the accomplishment of assays.*

Resumo. *O avanço das tecnologias computacionais e de comunicação, em conjunto com as necessidades da área médica, motivam o desenvolvimento de aplicações direcionadas à Telemedicina. Neste trabalho apresenta-se o protótipo de um sistema para conferência multimídia e transmissão de dados de experimentos médicos em tempo real pela Web, o qual permite o acompanhamento remoto do teste biomecânico Energia Total de Ruptura e a interação entre pesquisadores à distância durante a realização dos ensaios.*

Palavras-chave: *Telemedicina, Comunicação de Dados, Energia Total de Ruptura.*

1. Introdução

O desenvolvimento das tecnologias que compõe a Internet e das redes de telecomunicações, aumentou a possibilidade de aplicação dessas técnicas em diversas áreas do conhecimento. Uma dessas áreas é a medicina, a qual possui vários processos, como consultas e monitoração de pacientes de maneira remota, compartilhamento de informações e

realização de pesquisas médicas à distância, entre outros, que podem ser otimizados com o auxílio da Telemedicina [Sabbatini 1999].

O Laboratório de Bioinformática — LABI — da UNIOESTE/Foz do Iguaçu possui uma linha de pesquisa em Telemedicina, aplicada ao teste biomecânico Energia Total de Ruptura — ETR —, o qual é utilizado na análise de materiais com propriedade viscoelástica não linear, pois a ruptura desses tecidos promovem altos índices de morbidade e mortalidade [Wu et al. 2004]. Nessa linha de pesquisa, foram desenvolvidos projetos relacionados à conferência multimídia e transmissão de dados em tempo real pela Web [Bueno 2004, Pereira 2004].

Um dos projetos desenvolvidos caracterizou-se pelo estudo de técnicas que podem ser empregadas para a comunicação de dados pela Web, conferência multimídia e segurança de aplicações. Esse estudo possibilitou o desenvolvimento de um modelo em teleconferência, o qual permitiu a transmissão segura de dados em tempo real e a interação dos pesquisadores por meio de sessões ponto a ponto de áudio e multiponto para mensagens texto [Bueno 2004].

Outro projeto, dentro da linha de pesquisa em Telemedicina, foi desenvolvido abordando características como videoconferência e realização de conferência em modo multisessão. Assim, projetou-se um modelo multiponto baseado na arquitetura de conferência multimídia proposta pela *Internet Engineering Tasks Force* [Pereira 2004].

Neste trabalho é apresentado o protótipo de um sistema ponto a ponto em Telemedicina, o qual possibilita a realização de conferência multimídia e a transmissão segura de dados de experimentos médicos em tempo real pela Web, baseado nos resultados dos trabalhos anteriores e no estudo das tecnologias de transmissão de dados pela Web e conferência multimídia. Esse protótipo permite o acompanhamento remoto e a interação entre os pesquisadores durante a realização dos experimentos do teste ETR, por meio de mensagens texto, áudio e vídeo [Maciel et al. 2005].

2. Materiais e Métodos

O teste biomecânico ETR, apresentado na Figura 1, foi desenvolvido pelo LABI em parceria com o Serviço de Coloproctologia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas — UNICAMP. Um dos componentes do teste ETR é o Sistema de Aquisição e Análise de Dados Biomecânicos — SABI 2.0 —, o qual permite adquirir e disponibilizar de modo automático, e em tempo real, os dados da função força \times alongação, referente à resistência do espécime durante a realização dos experimentos [Machado et al. 2002, Metz et al. 2003, Voltolini et al. 2003].

Com a finalidade de disponibilizar essas informações durante os ensaios e possibilitar a interação entre os pesquisadores à distância, projetou-se um modelo computacional, cuja arquitetura é composta por três módulos: Aplicação Fonte de Dados, Aplicação Servidora e Aplicação Cliente, conforme apresentado na Figura 2.

2.1. Aplicação Fonte de Dados - AFD

O módulo Aplicação Fonte de Dados — AFD — foi adicionado ao aplicativo SABI 2.0 para realizar a transmissão dos dados provenientes dos experimentos médicos à Aplicação Servidora — AS —. Para isso, configura-se o endereço de rede *Internet Protocol* e a porta

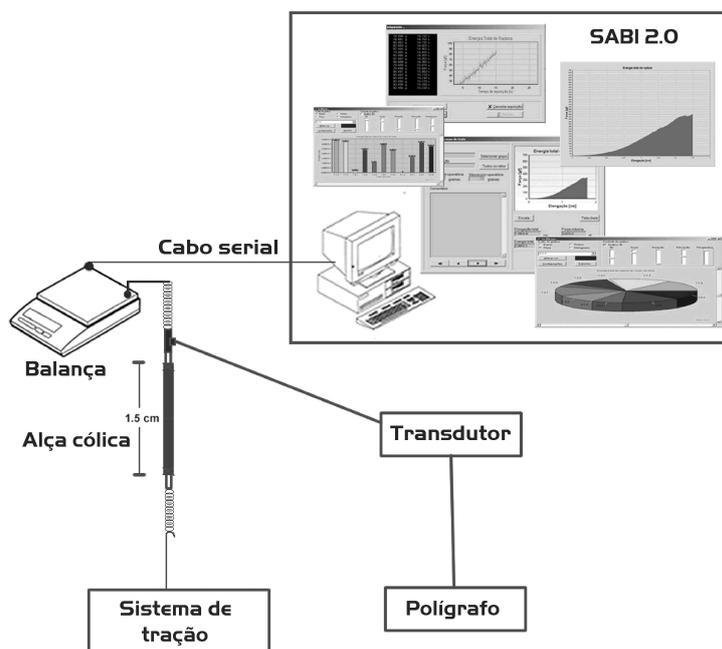


Figura 1. Representação Esquemática do Teste Biomecânico Energia Total de Ruptura [Wu et al. 2004].

de conexão *Socket/Transmission Control Protocol* — TCP — em que a AS receberá os dados [Maciel 2005].

Para facilitar a extensibilidade do modelo a outras aplicações, e considerando as características do teste biomecânico ETR, definiu-se três tipos de pacotes que podem ter tamanhos variáveis:

- Pacote Pré-Experimento: são pacotes de controle enviados antes da aquisição dos dados, contendo informações de identificação do experimento;
- Pacote Experimento: são pacotes de dados transmitidos durante os experimentos, o quais contém os atributos tempo e força, utilizados na representação gráfica do

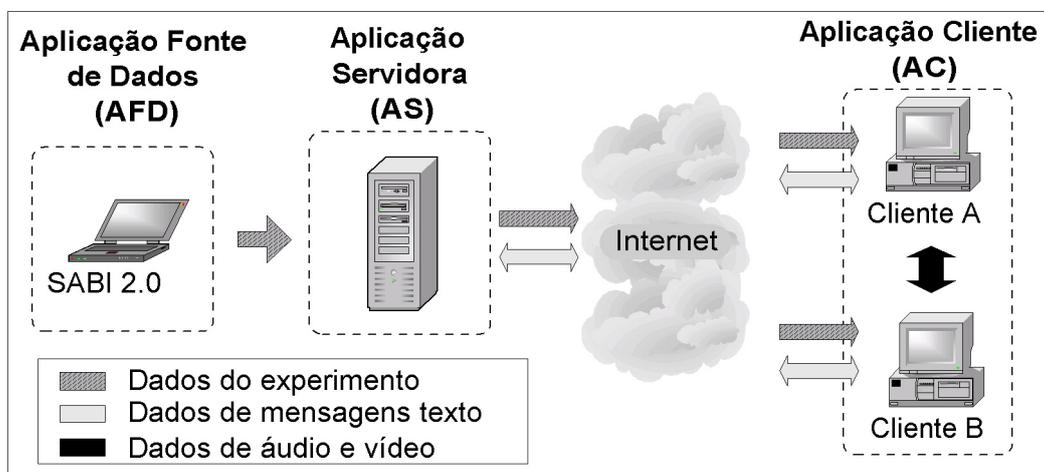


Figura 2. Arquitetura Lógica do Modelo [Maciel 2005].

comportamento do espécime e

- Pacote Pós-Experimento: são pacotes de controle transmitidos após o término da aquisição, contendo atributos tais como a elongação total do espécime, força máxima, energia total de ruptura do espécime, tempo de aquisição e velocidade de tração.

2.2. Aplicação Servidora - AS

A Aplicação Servidora — AS — (Figura 3) é responsável pelo processamento das informações recebidas da AFD (SABI 2.0) e pelo gerenciamento da conferência.

O processamento consiste em realizar a recepção, a compactação e/ou criptografia e o encaminhamento das informações dos experimentos para a Aplicação Cliente — AC —, utilizando o protocolo TCP. Cada tarefa do processamento é executada por uma *thread* distinta e independente. Tem-se a opção de configurar parâmetros como a criptografia, a compactação e o tamanho máximo do pacote de dados. As técnicas de segurança da informação aplicadas foram baseadas no modelo proposto por [Bueno 2004].

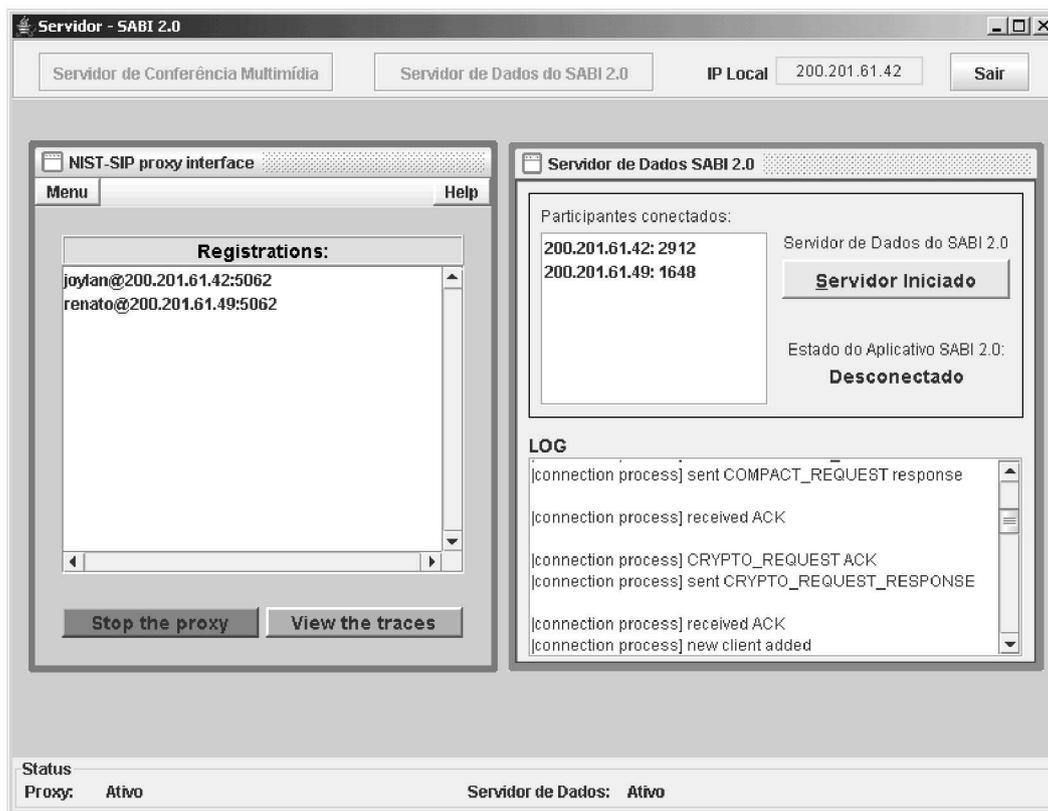


Figura 3. Interface da Aplicação Servidora [Maciel 2005].

A AS gerencia a execução da conferência multimídia por meio do protocolo *Session Initiation Protocol* — SIP [Sinnreich and Johnston 2001], utilizando o *software JAIN-SIP Proxy* [O’Doherty and Ranganathan 2003], que implementa as funções Registrar e Proxy da arquitetura SIP [Rosenberg et al. 2002]. A conexão estabelecida com o *JAIN-SIP Proxy* não garante o recebimento dos dados dos experimentos em tempo real pela AC. Essa conexão é relevante apenas para o estabelecimento de sessões multimídia (áudio e vídeo) e mensagens texto.

2.3. Aplicação Cliente - AC

A AC é responsável por apresentar as informações do teste biomecânico ETR e possibilitar a comunicação multimídia entre os pesquisadores durante a realização dos ensaios biomecânicos.

A AC realiza a aquisição, a descompactação e/ou decifração (caso estejam habilitadas), e a apresentação das informações dos experimentos aos pesquisadores, utilizando *threads* distintas e independentes, as quais trabalham de modo paralelo. A interface da AC é apresentada na Figura 4.

Para possibilitar a comunicação multimídia na conferência, utilizou-se a biblioteca *JAIN-SIP* [O'Doherty and Ranganathan 2003] e o *framework Java Media Framework* — *JMF* [Sun 1999, Sun 2003], os quais são responsáveis pela sinalização de sessões e transmissão de dados multimídia necessários à aplicação.

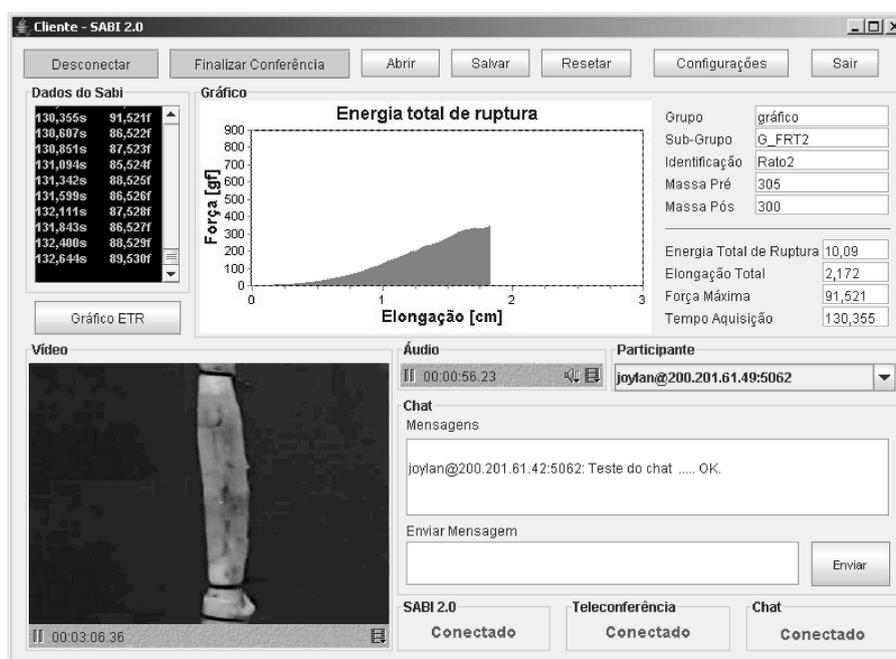


Figura 4. Interface da Aplicação Cliente [Maciel 2005].

A captura, processamento e a apresentação das mídias de áudio e vídeo, são realizadas por meio do *framework JMF*, o qual utiliza os protocolos *Real-time Transport Protocol* — *RTP* — e *Real-time Transport Control Protocol* — *RCTP* — para a transmissão e controle dos *streams* de áudio e vídeo [Schulzrinne et al. 1996]. No modelo, as mensagens texto são encaminhadas de maneira independente da comunicação multimídia.

2.4. Configuração Experimental

Com a finalidade de buscar-se atributos que permitam otimizar o processo de transmissão de dados dos experimentos, foram realizadas análises da performance de transmissão do protocolo TCP em dois ambientes distintos [Maciel 2005].

No primeiro ambiente (ponto a ponto), simulou-se a interação entre as Aplicações Clientes interconectadas por meio de uma rede ponto a ponto Ethernet de 10 Mbits, con-

tribuindo para o determinismo das análises. Nessas avaliações utilizou-se dois computadores com processador AMD Duron 1200 Mhz, 512 MB de memória RAM DDR e HD de 40 GB, com o sistema operacional Microsoft Windows 2000 e máquina virtual Java 1.5.0_02.

No segundo ambiente (Internet), utilizou-se um *link* pertencente à UNIOESTE/Foz do Iguaçu (2 Mbps) e outro ao Instituto de Tecnologia Aplicada e Inovação — ITAI/PTI (4 Mbps). Nessa análise empregou-se um computador com processador AMD Duron 1200 Mhz e outro com processador Pentium IV 2.4GHz, ambos com 512 MB de memória RAM DDR e HD de 40 GB, sistema operacional Microsoft Windows 2000 e máquina virtual Java 1.5.0_02.

Para cada ambiente aplicou-se dois modos de análise. Primeiramente, foi avaliado o desempenho da transmissão dos pacotes TCP, contendo os dados médicos, com distintos tamanhos de *payloads*. Após, analisou-se o desempenho da transmissão desses pacotes TCP com transmissão simultânea bidirecional dos *streams* multimídia de áudio e vídeo. Nos *streams* multimídia de áudio aplicou-se o *codec* DVI/RTP, 8000.0 Hz, 4-bit, Mono. Para os *streams* de vídeo, utilizou-se o *codec* JPEG/RTP com 320x240 pixels de resolução e uma atualização de 15 quadros por segundo. Esses *codecs* são implementados pelo *framework* JMF.

Para cada análise, variou-se o tamanho do *payload* dos pacotes, selecionando-se para as avaliações os seguintes tamanhos: 30 bytes (grupo controle) e pacotes de 100 a 1200 bytes, com variação de 100 bytes. Em seguida, contabilizou-se para cada configuração, a quantidade de pacotes transmitidos durante 10 segundos, e coletou-se 100 amostras para cada tamanho de pacote. Após os experimentos, os dados foram analisados estatisticamente por meio do teste Kruskal-Wallis com o pós-teste Dunn [Motulsky 1995].

3. Resultados

Os resultados para o ambiente ponto a ponto são apresentados na Tabela 1 e na Figura 5.

Tabela 1. Performance da Transmissão de Dados no Ambiente Ponto a Ponto [Maciel 2005].

Tamanho	Rede sem Fluxo Multimídia			Rede com Fluxo Multimídia		
	Tempo Médio (Milisegundos)	Desvio Padrão (Milisegundos)		Tempo Médio (Milisegundos)	Desvio Padrão (Milisegundos)	
30 Bytes	0,145777609	0,000078542		0,251201765	0,011878626	
100 Bytes	0,204444983	0,000067777		0,346299515	0,008035736	
200 Bytes	0,286563509	0,000060568		0,462569636	0,019157604	
300 Bytes	0,370081188	0,000103884		0,575068823	0,025969544	
400 Bytes	0,452841629	0,000206978		0,701950994	0,016937555	
500 Bytes	0,617650108	0,000222132		0,810941732	0,037092358	
600 Bytes	0,700375439	0,000298388		0,925651930	0,017278211	
700 Bytes	0,782758216	0,000354799		1,043183535	0,019732788	
800 Bytes	0,865309458	0,000381528		1,159541767	0,028212038	
900 Bytes	0,947571130	0,000225237		1,256457409	0,033151414	
1000 Bytes	1,030129431	0,000466638		1,369661755	0,051791279	
1100 Bytes	1,112641849	0,000469204		1,483474979	0,023772481	
1200 Bytes	1,195157364	0,000516657		1,565236735	0,031834121	

Na Tabela 2 e Figura 6 são apresentados os resultados da performance no ambiente Internet.

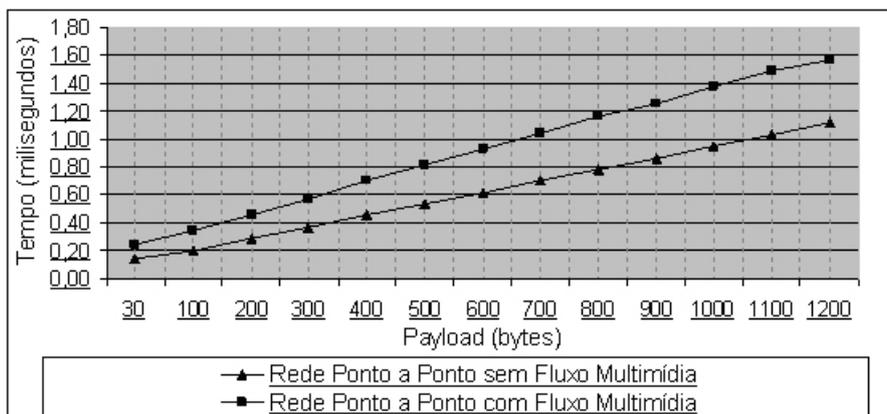


Figura 5. Representação Gráfica da Performance da Transmissão de Dados no Ambiente Ponto a Ponto [Maciel 2005].

Tabela 2. Performance da Transmissão de Dados no Ambiente Internet [Maciel 2005].

Tamanho	Internet sem Fluxo Multimídia		Internet com Fluxo Multimídia	
	Tempo Médio (Milisegundos)	Desvio Padrão (Milisegundos)	Tempo Médio (Milisegundos)	Desvio Padrão (Milisegundos)
30 Bytes	33,24144480	16,40994532	33,46556730	36,85167376
100 Bytes	33,37454297	15,42885429	34,12717120	11,82975773
200 Bytes	38,28268742	38,30669372	53,37867013	43,01524626
300 Bytes	25,84768949	12,91681138	51,36773234	38,97078446
400 Bytes	24,40399123	2,693493687	34,25545601	11,47910113
500 Bytes	33,78075914	23,17707279	64,43730517	77,13870527
600 Bytes	34,98051648	20,57567738	74,32281742	63,61130423
700 Bytes	28,71258619	11,78941528	34,67007837	5,71930658
800 Bytes	39,61009127	18,65237759	32,57766635	4,510750417
900 Bytes	27,86319613	2,520338616	36,66744938	16,32702977
1000 Bytes	31,89043054	5,648874153	35,62583423	2,424465286
1100 Bytes	31,73687205	3,537137445	38,13859560	6,517759300
1200 Bytes	33,89826914	4,161547243	40,75238096	11,8766484

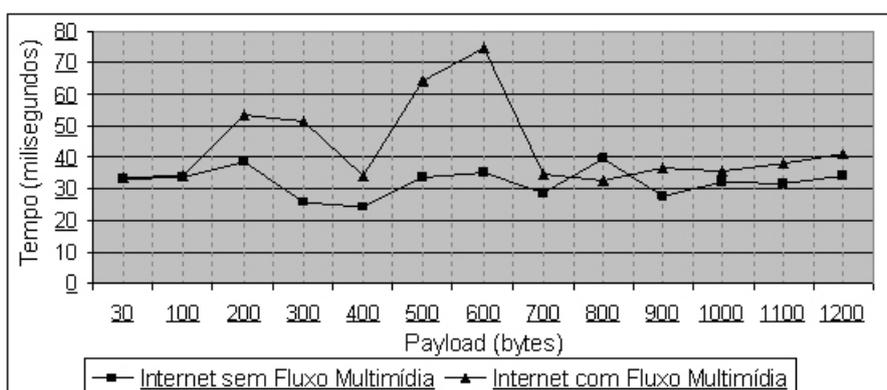


Figura 6. Representação Gráfica da Performance da Transmissão de Dados no Ambiente Internet [Maciel 2005].

4. Discussão

No ambiente ponto a ponto (Tabela 1), comparando-se os pacotes TCP com tamanhos de *payloads* iguais entre os dois modos de avaliação (sem e com fluxo multimídia), não

obteve-se diferença significativa ($p > 0,05$) entre os *payloads* de 30, 100, 200 e 300 bytes. Nas demais comparações a diferença foi significativa ($p < 0,001$).

As comparações entre os resultados do ambiente ponto a ponto demonstraram que pode-se realizar otimizações na transmissão de dados, por meio do protocolo TCP, alterando-se o tamanho do *payload* dos pacotes [Maciel 2005]. Assim, tem-se a possibilidade de adaptar a aplicação de acordo com o ambiente utilizado e os requisitos de desempenho desejados. Esses resultados motivaram a implementação da característica de flexibilidade quanto ao tamanho máximo do *payload* dos pacotes TCP no modelo, facilitando sua aplicação em outras áreas.

Em teoria, a influência do fluxo multimídia no desempenho da transmissão dos pacotes TCP pode ser menor no ambiente Internet (Tabela 2). Essa hipótese considera que cada pacote UDP (áudio e vídeo) pode assumir rotas distintas durante a transmissão [Tanenbaum 2003]. No ambiente Internet, fatores como o número de pacotes que trafegam pelos roteadores pertencentes à rota TCP, a qualidade de *hardware* e *software* desses roteadores, algoritmos de roteamento e controle de fluxo e a falta de suporte à qualidade de serviço, contribuem para a instabilidade/não-determinismo da transmissão [Tanenbaum 2003].

Na arquitetura proposta, a utilização da comunicação multimídia juntamente com a transmissão segura de dados em tempo real, acarreta em um maior tráfego na rede devido ao fluxo contínuo de pacotes RTP e RTCP dos *streams* de áudio e vídeo, reduzindo o nível da performance de transmissão. Porém, mesmo com esse tráfego, o transporte dos pacotes de áudio, vídeo e dados dos experimentos foi realizado em tempo aceitável, não comprometendo os objetivos da aplicação.

Para otimizar o processamento de todas as tarefas relacionadas à manipulação dos dados dos experimentos, tanto na AC quanto na AS, foram utilizadas *threads* independentes que trabalham paralelamente e otimizam o desempenho da aplicação. Cada uma dessas *threads*, permanecem em modo de espera por um tempo configurável, quando não há dados para serem processados.

Dessa maneira, pode-se encontrar um equilíbrio e dividir o tempo de processamento entre a manipulação dos dados multimídia e dos dados dos experimentos na AC, possibilitando a interação entre os pesquisadores e o acompanhamento remoto do teste biomecânico ETR em tempo real durante os ensaios [Maciel 2005]. A implementação da característica de execução paralela dos processos, contribui para a aplicação do modelo em diversas aplicações da área médica.

5. Considerações Finais

Neste trabalho, apresentou-se a arquitetura de um modelo computacional que utiliza o protocolo SIP para controle de sessões multimídia e os protocolos RTP e RTCP para o transporte dos dados multimídia. Adicionalmente, utilizou-se o protocolo TCP para o transmissão dos dados do teste ETR, garantindo-se a confiabilidade na transmissão das informações médicas. As tecnologias empregadas no modelo, tais como gerenciamento de sessões, compactação e segurança das informações foram baseadas em trabalhos anteriores pertencentes a linha de pesquisa em Telemedicina do LABI [Bueno 2004, Pereira 2004].

As avaliações de desempenho do protocolo TCP possibilitaram otimizar a transmissão de dados do modelo computacional, o qual atendeu aos requisitos de transmissão de dados do teste ETR e de dados multimídia em tempo real. A maneira como o modelo foi concebido, permite que seja extensível a áreas e aplicações similares, fornecendo um ambiente para a transmissão de dados em tempo real, assim como para a comunicação multimídia, garantindo-se as premissas de performance e segurança.

A principal contribuição deste trabalho consiste na aplicabilidade das técnicas computacionais apresentadas para a área médica. Esta solução foi aplicada ao teste biomecânico ETR, permitindo aos pesquisadores acompanharem os experimentos em tempo real, assim como a interação por meio de mensagens texto, áudio e vídeo.

Os resultados da implementação do modelo proposto permitem definir evoluções desse trabalho, tais como: suporte a teleconferência multimídia em modo multiponto e multisessão, e incorporação de funcionalidades para transmissão de dados a partir de equipamentos disponíveis em unidades hospitalares.

Referências

- Bueno, M. A. F. (2004). *Transmissão Segura de Dados em Tempo Real pela Web*. Monografia de Graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná — UNIOESTE.
- Machado, R. B., Lee, H. D., Wu, F. C., Fagundes, J. J., Góes, J. R. N., Coy, C. S. R., Voltolini, R. F., and Metz, J. (2002). A Computational System to Evaluate Biomechanical Colonic Test: SABI - Biomechanical Data Acquisition and Analysis System. *International Conference on Computer Science, Software Engineering, Information Technology, e-Business and Applications*, pages 352–356. Foz do Iguaçu - PR.
- Maciel, J. N. (2005). *Protótipo de Conferência Multimídia e Transmissão de Dados Experimentos Médicos em Tempo Real pela Web*. Monografia de Graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná — UNIOESTE.
- Maciel, J. N., Machado, R. B., Wu, F. C., Lee, H. D., Fagundes, J. J., and Góes, R. J. N. (2005). *Proposta de um Modelo de Conferência Multimídia e Transmissão de Dados em Tempo Real pela Web*. *Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul*. Acesso em 03/04/2005.
- Metz, J., Voltolini, R. F., Machado, R. B., Lee, H. D., Wu, F. C., Fagundes, J. J., and Góes, J. R. N. (2003). *Uma Ferramenta Para Avaliação da Energia Total de Ruptura em Alça Intestinal. II Jornada Científica da Unioeste*.
- Motulsky, H. (1995). *Intuitive Biostatistics*. Oxford University Press, New York.
- O'Doherty, P. and Ranganathan, M. (2003). JAIN SIP Tutorial. <http://java.sun.com/products/jain/JAIN-SIP-Tutorial.pdf>. Acesso em 06/10/2005.
- Pereira, R. M. (2004). *Desenvolvimento de Um Protótipo em Telemedicina de Um Sistema de Videoconferência e Transmissão de Dados Médicos em Tempo Real Pela Web*. Monografia de Graduação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná — UNIOESTE.
- Rosenberg, J., Schulzrinne, H., U., C., Camarillo, G., Johnston, A., Peterson, J., Sparks, R., Handley, M., and Schooler, E. (2002). SIP: Session Initiation Protocol. *RFC*. <http://www.faqs.org/rfcs/rfc3261.html>. Acesso em 22/11/2005.

- Sabbatini, R. M. E. (1999). Telemedicina: A Assistência à Distância. <http://www.sabbatini.com/renato/papers/reporter-medico-03.htm>. Acesso em 06/02/2005.
- Schulzrinne, H., Fokus, G., Casner, S., Precept Software, I., Xerox, R. F., Center, P. A. R., Jacobson, V., and Laboratory, L. B. N. (1996). RTP: A Transport Protocol for Real-time Applications. *RFC*. <http://www.ietf.org/rfc/rfc1889.txt?number=1889>. Acesso em 15/10/2005.
- Sinnreich, H. and Johnston, A. B. (2001). *Internet Communication Using SIP*. Wiley, New York, USA, 1 edition.
- Sun, M. (1999). Java Media Framework API Guide. <http://java.sun.com/products/java-media/jmf/2.1.1/guide/index.html>. Acesso em 25/11/2005.
- Sun, M. (2003). Java Media Framework API — JMF. <http://java.sun.com/products/java-media/jmf/index.jsp>. Acesso em 23/10/2005.
- Tanenbaum, A. S. (2003). *Redes de Computadores*. Campus, Rio de Janeiro - RJ, 4 edition.
- Voltolini, R. F., Metz, J., Machado, R. B., Lee, H. D., Wu, F. C., Fagundes, J. J., and Góes, J. R. N. (2003). SABI 2.0: Um sistema para a realização de testes biomecânicos em material viscoelástico não linear. *The Fourth Congress of Logic Applied to Technology*. Marília - SP.
- Wu, F. C., Lee, H. D., Machado, R. B., Dalmás, S., Coy, C. S. R., Góes, J. R. N., and Fagundes, J. J. (2004). Energia Total de Ruptura: Um Teste Biomecânico para Avaliação de Material Biológico com Propriedade Viscoelástica Não-Linear. *Acta Cir Bras 2004*. Acesso em 20/11/2005.