

Combinando TV Interativa e Hipervídeo

André Leon S. Gradvohl & Yuzo Iano, *Member, IEEE*

Resumo—Este artigo apresenta uma implementação para televisão interativa, baseada no conceito de hipervídeo. A inovação que o conceito de hipervídeo proposto neste texto traz é a possibilidade de se associar informações complementares aos objetos apresentados nas cenas. A associação entre tais informações complementares e o vídeo é feita embutindo-se referências, i.e., hiperlinks, em um vídeo digital em transmissão. Essa estratégia permite que o usuário tenha acesso às informações adicionais, selecionando um ponto em uma área da imagem assistida. Essa abordagem para a televisão interativa é inovadora, pois permite a associação entre o vídeo e a informação sensível ao contexto. Este artigo também apresenta uma prova de conceito para as idéias descritas.

Palavras-chave—hipervídeo, TV interativa, informação sensível ao contexto.

I. INTRODUÇÃO

GRAÇAS às inovações e desenvolvimentos nas técnicas de compressão de imagens (dinâmicas ou estáticas) [1] e aos melhoramentos na internet, particularmente em protocolos e largura de banda, existe hoje um enorme leque de aplicações hipermídia.

Por outro lado, há uma crescente demanda por maior interatividade nas transmissões de televisão, em função das promessas da TV digital.

Nesse aspecto, a chamada convergência digital, de acordo com [2], lançou novas possibilidades, particularmente na televisão, onde o sinal analógico tem sido gradualmente substituído pelo sinal digital. Esses melhoramentos têm criado um conjunto de novos serviços interativos na televisão, tais como guias eletrônicos de programação, vídeo sob demanda (*pay per view*), visões de câmeras exclusivas, entre outros.

Apesar desses melhoramentos, a interação entre o telespectador e os programas de TV pode ser explorada ainda mais fornecendo, por exemplo, mais informação sensível ao contexto (dados). Esses dados são fortemente relacionados às imagens visualizadas, facilitando o acesso às informações complementares aos objetos presentes na cena apresentada.

Neste artigo, o conceito de hipervídeo é elaborado com o objetivo de propor uma nova abordagem para a TV Interativa. Na proposta, é embutido um caminho para as informações

sensíveis ao contexto no próprio vídeo, facilitando o acesso do usuário a tais informações. Além das definições dos conceitos, também se apresenta neste artigo um protótipo para ilustrar as idéias propostas.

Em suma, o protótipo embute o referido caminho em vídeos implementados no padrão MPEG (*Motion Picture Experts Group*), que é definido aqui como informação hipermídia. A idéia é permitir que, quando o vídeo for mostrado, o usuário possa clicar em qualquer ponto da imagem visualizada e, se ele escolher um objeto com informações associadas, tais informações aparecerão em um navegador, em uma área da imagem apresentada.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção II discute alguns trabalhos relacionados às idéias apresentadas; a Seção III apresenta uma elaboração para o conceito de hipervídeo, suas origens e outras abordagens; na Seção IV, os principais aspectos do padrão MPEG são descritos; a Seção V mostra as idéias incorporadas no protótipo; a Seção VI apresenta a arquitetura do protótipo; a Seção VII indica as ferramentas usadas para desenvolver a prova de conceitos e mostra algumas telas do programa; por fim, a Seção VIII conclui o artigo apresentado e sugere alguns melhoramentos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Antes da discussão sobre os trabalhos relacionados a este artigo, é necessário descrever uma infra-estrutura comum para a TV interativa. A maioria desses sistemas de TV tem um dispositivo chamado *set-top box*, desenvolvido inicialmente para decodificar sinais digitais. Hoje em dia, eles possuem outras tarefas, como fornecer conexões com a Internet e algumas potencialidades de processamento genéricas [3]-[7].

A Fig. 1 descreve a arquitetura fundamental de um *set-top box*. Observa-se que, na camada de hardware, os seguintes componentes compartilham o mesmo barramento:

- um decodificador do MPEG, responsável por decodificar os fluxos de áudio e vídeo baseados no padrão do MPEG;
- uma unidade central de processamento, responsável por todo o processamento das demais funcionalidades;
- uma interface da rede, responsável pelos recursos de comunicação; e
- periféricos responsáveis por operações de entrada e da saída.

Artigo recebido em 20 de junho de 2006. Versão final entregue em novembro de 2007.

André Leon S. Gradvohl é professor adjunto na Universidade São Francisco nos cursos de Ciência e Engenharia da Computação, em Campinas, SP, Brasil (e-mail: andre.gradvohl@saofrancisco.edu.br).

Yuzo Iano é professor adjunto do Departamento de Comunicações na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação na Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil (e-mail: yuzo@decom.fee.unicamp.br).

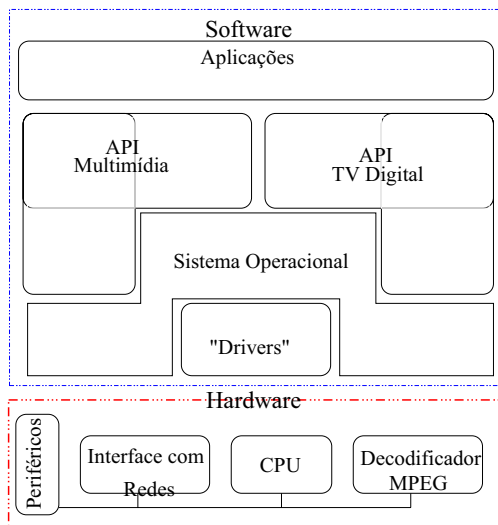


Fig. 1. Arquitetura fundamental de um set-top box.

Por sua vez, a camada de software possui as seguintes subcamadas:

- aplicação, que contém os programas para interagir com o usuário;
- interface de programação de aplicação (API) multimídia, responsável por funções para software multimídia;
- *Application Programming Interface* (API) para TV digital, com funções para software de TV digital;
- sistema operacional, para gerenciar os recursos do sistema como um todo;
- *drivers*, com interfaces para os dispositivos de hardware.

O *set-top box* é, portanto, a infra-estrutura básica para qualquer implementação de TV interativa.

Outros trabalhos também abordaram a TV interativa, e.g., [7]-[15]. Alguns deles basearam-se em *Multimedia Home Platform* (MHP) [16], *Synchronized Multimedia Integration Language* (SMIL) [14] e até em uma mistura dessas tecnologias.

Há ainda uma outra estratégia que tenta convergir Internet e televisão, chamada IPTV. Nesse caso, o protocolo IP é utilizado para entregar, em pacotes, conteúdo (vídeo) comprimido de acordo com os padrões de compressão MPEG-2 ou H.264 [17].

Uma das características percebida nos trabalhos citados é a sincronização entre as informações complementares enviadas ao *set-top box* e o conteúdo assistido. Algumas técnicas propostas tentam sincronizar informações e imagens no *set-top box*, acarretando um esforço computacional extra para cumprir essa tarefa. Outras técnicas realizam a chamada “sincronização relaxada”, que implica um pequeno – porém perceptível – atraso ao evento relacionado (aparecimento do objeto em cena).

Nesse aspecto, este artigo apresenta uma proposta para reduzir o esforço computacional na realização da sincronização entre imagens e informações hipermídia no software embutido no *set-top box*. A técnica para efetuar essa

tarefa é baseada na inserção de informações hipermídia, i.e., informações complementares, que conduzem o telespectador a outros documentos hipermídia, em um vídeo codificado no padrão MPEG [18], [19].

O grande diferencial da técnica aqui proposta é uma estratégia para sincronização mais forte entre as informações hipermídia e o contexto apresentado em cada cena.

III. HIPERVÍDEO

O conceito de hipervídeo é um caso específico de hipermídia que, por sua vez, deriva do conceito de hipertexto.

T. H. Nelson, em um artigo publicado em 1965 [20], afirma que um hipertexto é um conjunto de textos e imagens interconectados de uma forma tão complexa que não é conveniente representá-lo em papel. Se, ao invés de apenas textos e imagens, outros meios de comunicação (mídias), como sons e vídeos, fossem incorporados, então o conceito de hipermídia seria construído.

No caso particular do hipervídeo, pode-se defini-lo como um fluxo de vídeo que contém embutidas em si âncoras que podem levar o usuário a um outro fluxo de informação implementado, possivelmente, em outra mídia.

Convém ressaltar que a diferença essencial entre os conceitos de hipermídia e hipervídeo é o ponto de partida para a navegação.

No primeiro caso, o ponto de partida está “ancorado” em um texto ou em uma figura. No segundo caso, o ponto de partida para a navegação está embutido em um ponto do vídeo (em uma cena ou em um objeto em cena).

Em função da natureza dinâmica dos sistemas de hipervídeo, sua implementação não é tão simples quanto a de hipertextos. De fato, deve-se observar que um vídeo é um arranjo de quadros exibidos, pelo menos, a uma taxa de 24 quadros por segundo. Portanto, a âncora entre diferentes mídias pode mudar de lugar 24 vezes por segundo.

A. Algumas implementações de hipervídeos

Apesar de sua complexidade, existem algumas implementações de hipervídeos, as quais são apresentadas nesta seção. O conceito de hipervídeo foi primeiro implementado em [21] como elos entre cenas. Essa abordagem é interessante, uma vez que permite que o usuário escolha entre múltiplas narrativas, alterando o modo como a história é contada.

Outras abordagens, e.g. [22], [23], também propõem ligações entre segmentos de vídeo com o objetivo de ver detalhes adicionais sobre o conteúdo assistido.

Em [24], é proposta uma abordagem de hipervídeo para aprendizagem contextualizada. O foco dessa abordagem é a integração entre um vídeo e informações relacionadas ao conteúdo exibido. A integração ocorre embutindo-se um fluxo de vídeo em um hipertexto codificado em *Hypertext Markup Language with Time Extensions* (HTIMEL).

B. A implementação de hipervídeo proposta

Mesmo com tantas implementações interessantes, este

artigo apresenta uma nova abordagem para a implementação de hipervídeos baseada na inserção de informações hipermídia em um vídeo codificado no padrão MPEG. Desse modo, o usuário pode interagir com a cena apresentada selecionando qualquer lugar nessa mesma cena. Se o usuário selecionar um ponto contido em uma área que possui um “hiperlink” associado, informações complementares ao conteúdo selecionado serão apresentadas em outra janela da tela.

IV. CARACTERÍSTICAS DO MPEG

O padrão MPEG para vídeos digitais usa uma combinação de métodos de compressão com e sem perdas (e.g. Transformada Discreta do Co-seno e Codificação Huffman, respectivamente) [1], [18]. O método de compressão com perdas é usado para reduzir a correlação temporal e espacial interquadros. Por outro lado, o método para compressão sem perdas, baseado na frequência dos símbolos, é empregado para aumentar a compressão intraquadros.

A correlação espacial mencionada no parágrafo anterior ocorre quando os *pixels* em uma vizinhança possuem as mesmas características (luminância e crominância, por exemplo). Portanto, essa informação a respeito dos *pixels* não precisa ser repetida várias vezes.

A correlação temporal, por sua vez, acontece quando quadros diferentes possuem algumas regiões em comum. Essas regiões podem ser armazenadas em uma estrutura de dados especial e o chamado vetor de movimento pode indicar qual a posição dessa região no novo quadro. Portanto, tal como na correlação espacial, não é necessário codificar informações redundantes.

A. Tipos de Quadros

Em uma seqüência de vídeo codificada de acordo com o padrão MPEG, existem três tipos de quadros:

- Quadros I (ou intraquadros), que possuem a maior quantidade de informação para descompressão dos demais quadros. Esses quadros possuem toda a informação para serem decodificados e evitam a propagação de erros de decodificação.
- Quadros P (ou preditivos), também usados para descompressão de outros quadros, mas buscam algumas informações dos quadros I.
- Quadros B (ou bidirecionalmente preditivos) são os quadros mais comprimidos, mais frequentes e obtêm informações dos quadros I e P. Esses quadros jamais são usados como referência para descompressão dos demais.

O objetivo dessa organização é o uso da menor quantidade de informação possível para obter um vídeo de boa qualidade. A Fig. 2 ilustra um exemplo de organização dos quadros em uma seqüência.

B. Camadas MPEG

Um vídeo no padrão MPEG é um fluxo de bits organizado em camadas. Cada camada é composta de um cabeçalho – que contém informações sobre a camada a ser tratada –, dados e

um código simples para indicar a sua terminação. As camadas são aninhadas umas nas outras, conforme ilustrado na Fig. 3.

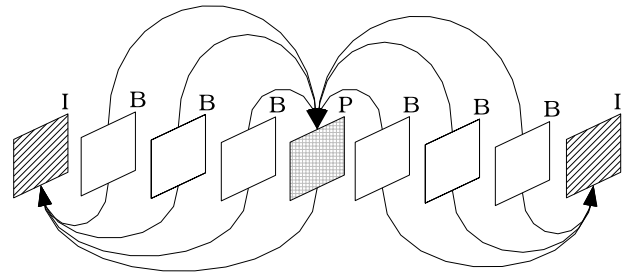


Fig. 2. Referências entre quadros no padrão MPEG.

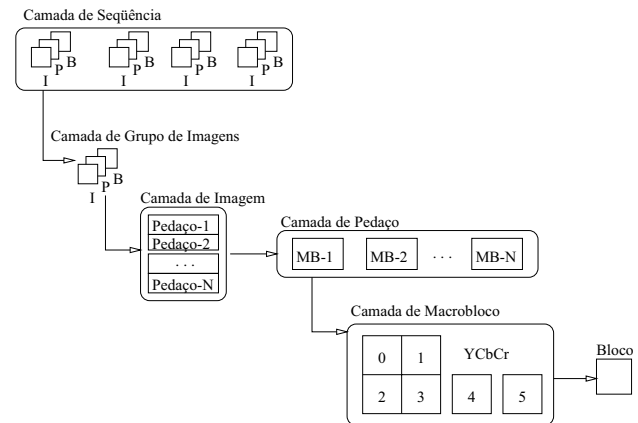


Fig. 3. Camadas do padrão MPEG.

As camadas definidas pelo padrão MPEG são:

1. Camada de Seqüência, caracterizada como um fluxo de bits.
2. Camada de Grupo de Quadros (GoP), composta de um ou mais grupos de quadros.
3. Camada de Imagem, que contém informações sobre cada quadro em particular.
4. Camada de Pedaco, composta por uma seqüência contínua de macroblocos.
5. Camada de Macrobloco, composta por um arranjo de 16×16 *pixels* de luminância e dois arranjos de 16×16 *pixels* de crominância de um quadro.
6. Camada de Bloco, composta por subdivisões de macroblocos (conjuntos de 8×8 *pixels*).

V. CONCEITOS E IDÉIAS USADOS NA IMPLEMENTAÇÃO

Para implementar o conceito de hipervídeo proposto, i. e., informações hipermídia embutidas em vídeos, é necessário incluir alguns dados no próprio fluxo de vídeo.

Na prática, o conceito de informações hipermídia apresentado neste artigo refere-se a um conjunto de dados composto das coordenadas de dois pontos em um plano cartesiano e uma referência (*link*) para outra mídia.

Os dois pontos delimitam um retângulo virtual. Assim, sempre que o usuário selecionar um ponto contido no retângulo virtual, essa ação seguirá a referência para a outra

mídia. Esse evento não implica uma parada no vídeo. De fato, o vídeo pode continuar sua exibição e, em outra janela, o usuário pode acessar informação complementar sobre o conteúdo que está sendo exibido.

Outra questão importante diz respeito ao ponto do fluxo de vídeo no qual as informações hipermídia serão inseridas. Após alguns testes e análises quanto às camadas do padrão MPEG, observou-se que a Camada de Imagem possui espaço não utilizado, mas previsto no padrão. Além disso, nesse espaço é possível mapear todas as referências em um quadro. Verificou-se também que a escolha da Camada de Imagens facilita uma sincronização mais forte entre o contexto apresentado e a imagem assistida.

VI. ARQUITETURA DO PROTÓTIPO

A arquitetura do protótipo desenvolvido divide-se em duas. A primeira é responsável pela codificação do vídeo no padrão MPEG, embutindo as informações hipermídia. A segunda é responsável pela decodificação do fluxo de vídeo.

A. Arquitetura do codificador

A arquitetura proposta para o codificador está ilustrada na Fig. 4. Para codificar uma seqüência, um cabeçalho com informações genéricas a respeito da seqüência é adicionado.

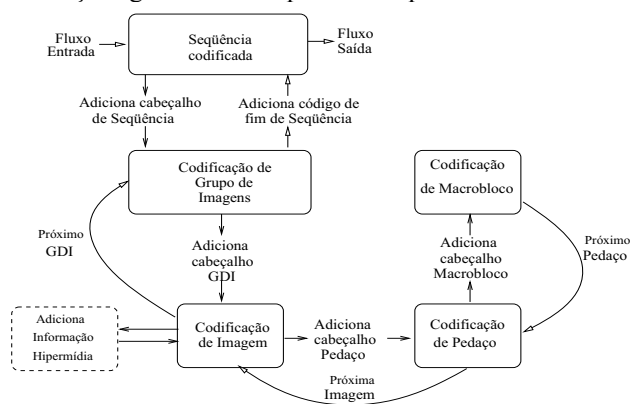


Fig. 4. Arquitetura do protótipo para codificação do vídeo.

Em seguida, um ou mais GoPs serão codificados. Cada GoP deve conter pelo menos um Quadro I. O cabeçalho de um GoP possui informações sobre tempo e dados opcionais. Todos esses dados são inseridos no cabeçalho da Camada GoP.

Após a inserção do cabeçalho do GoP, o próximo passo é a codificação da imagem. Nesse ponto, as informações hipermídia são inseridas no cabeçalho da imagem, além de outras informações, como tipo do quadro (I, P ou B), resolução e referências temporais, entre outras. Após a inserção de todos os quadros em um GoP, o processo se repete.

A Fig. 4 ainda detalha outros procedimentos que ocorrem durante o processamento de cada camada. Ressalta-se que a cada ponto da codificação o cabeçalho das respectivas camadas é adicionado. Esses cabeçalhos contêm informações específicas de cada elemento da imagem.

B. Arquitetura do decodificador

A arquitetura proposta para o decodificador está ilustrada na Fig. 5. Logo que o processo se inicia, as informações do cabeçalho de seqüência são filtradas do fluxo de entrada. Essas informações instruem o resto do processo de decodificação.

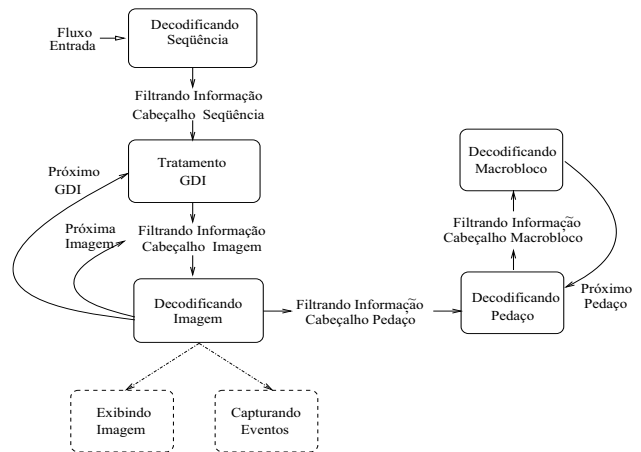


Fig. 5. Arquitetura do protótipo para decodificação do vídeo.

Em seguida, são filtradas as informações presentes nos cabeçalhos das camadas GoP e de Imagem, de onde são obtidas as informações hipermídia. Tais informações são armazenadas em uma lista ligada na memória. De forma concomitante, os processos de decodificação, de exibição e de tratamento de eventos são executados. Assim, enquanto a imagem é exibida, os eventos são observados e a decodificação continua.

Quando o telespectador seleciona um ponto em uma imagem, essa ação dispara um tratador de eventos. O tratamento desse evento envolve a captura das coordenadas do ponto e a busca pelo retângulo virtual que contém essa coordenada na lista armazenada na memória. Se for encontrado, um novo processo será instanciado. Esse processo busca as informações complementares no endereço associado ao retângulo virtual e as exibe em uma janela sobre a janela principal de exibição do vídeo.

VII. DETALHES DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para simular toda a infra-estrutura para a transmissão de TV interativa baseada no conceito de hipervídeo proposto neste artigo, foi desenvolvido um protótipo como prova de conceito. O protótipo é dividido em duas partes: uma para a codificação e outra para a decodificação e exibição do hipervídeo, conforme a arquitetura descrita na seção anterior.

A base para o desenvolvimento do protótipo foram os programas `mpeg_encode` (para o codificador) e `mpeg_play` (para o decodificador). Os códigos fonte de ambos os programas estão disponíveis no Berkley Multimedia Center [25].

No programa codificador foram feitas poucas alterações. Entre as mais importantes, está a função para inserção de

informações hipermídia durante a codificação de imagens, ilustrada pelo retângulo pontilhado na Fig. 4.

No programa decodificador estão as maiores inovações, em particular o conceito de hipervídeo proposto neste artigo. As alterações incluídas no programa atuam em duas frentes: na exibição do hipervídeo e na captura de eventos, conforme ilustram os retângulos pontilhados na Fig. 5.

A estratégia adotada para a programação do decodificador inclui *multithreads* e multiprocessamento [26]. Em suma, enquanto ocorre a decodificação do hipervídeo (no processo principal), uma *thread* “observa” se ocorre algum evento disparado pelo usuário (e.g. um clique do *mouse*). Quando um evento disparado pelo usuário ocorre, um outro processo é instanciado.

Esse novo processo é responsável pelo tratamento do evento, que inclui, entre outras atividades, a verificação se as coordenadas do ponto onde houve o clique estão inseridas em algum dos retângulos virtuais que contêm informações hipermídia associadas.

Se as coordenadas do ponto gerado pelo evento estiverem embutidas em algum dos retângulos virtuais, mais um processo é instanciado. Dessa vez, o mais novo processo é responsável por buscar na *World Wide Web* (WWW) a página armazenada no endereço embutido nas informações hipermídia e exibi-la em uma janela, na tela do usuário.

Ressalta-se que, como todos os processos e *threads* são concorrentes, não há perda sensível de qualidade na exibição do vídeo.

A. Execução do protótipo

Para ilustrar os conceitos, descreve-se a seguir a execução do protótipo em um computador pessoal. Considere-se o vídeo mostrado na Fig. 6, em que o cãozinho Gromit inicia a construção de um foguete.

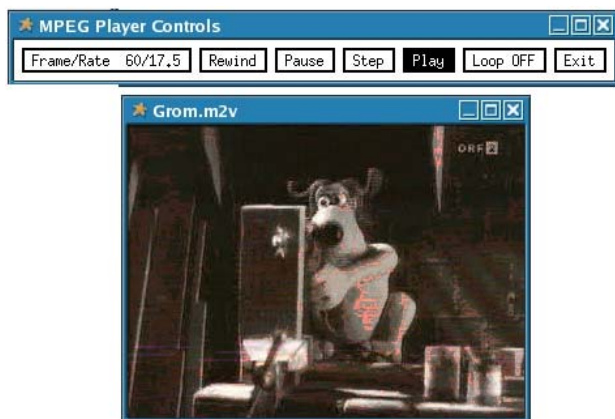


Fig. 6. Início do vídeo sobre a construção do foguete.

Ao clicar sobre Gromit na imagem, o usuário dispara, de forma subliminar, a busca por informações sobre o protagonista do vídeo, como ilustra a Fig. 7 a seguir. Nesse instante, surge, ao lado do vídeo, uma página contendo outros vídeos sobre o protagonista da história.

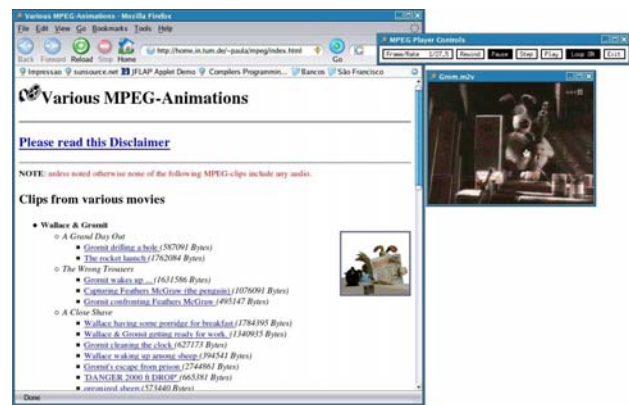


Fig. 7. Clique do usuário sobre o cãozinho em busca de mais informações.

Quando o vídeo avança, em uma outra situação encontra-se o foguete pronto para o lançamento, conforme mostrado na Fig. 8. Ao se clicar sobre o foguete, surge, em outro canto da tela, uma página na WWW que explica como construir foguetes.



Fig. 8. Clique do usuário sobre o foguete em busca de mais informações sobre construção de foguetes.

Apesar de os exemplos descritos ilustrarem as informações adicionais apresentadas como páginas na WWW, é possível também que as informações complementares apareçam em outra forma, como outro fluxo de vídeo, por exemplo. Nesse caso, o usuário pode suspender temporariamente um fluxo de vídeo, enquanto assiste a outro.

VIII. CONCLUSÃO

Demonstrou-se, neste artigo, dois conceitos-chave para a implementação de TV interativa: hipervídeo e acesso a informação sensível ao contexto. O primeiro fundamenta-se na inclusão de referências às informações complementares ao conteúdo transmitido. O segundo baseia-se em uma sincronização entre o que se assiste e suas informações complementares.

A estratégia usada para a construção de hipervídeos proposta neste artigo viabiliza o acesso à informação sensível ao contexto apresentado em vídeos. Essa implementação de hipervídeo facilita o que se define como navegação contextualizada. Em outras palavras, o usuário pode navegar pela WWW usando o vídeo assistido como ponto de partida. Por ser uma mídia muito mais dinâmica que o texto, o

contexto apresentado no vídeo pode despertar no usuário diferentes interesses e, portanto, diferentes buscas por informação, dependendo da experiência vivenciada no vídeo.

A. Aplicação de hipervídeo em educação

Além de simples entretenimento, há ainda outras aplicações para a implementação de hipervídeo proposta neste trabalho. Uma das principais é sua aplicação em educação a distância, em particular na criação das chamadas “hiperaulas”.

As “hiperaulas” são aulas produzidas em vídeo com conteúdo complementar embutido na própria imagem. Assim, os aprendizes-telespectadores podem sanar suas dúvidas ou aprofundar-se em determinados tópicos, tornando a aula mais interativa.

B. Extensões futuras

Os conceitos e implementação propostos neste artigo ainda devem ser aperfeiçoados. Entre as extensões previstas, estão:

- desenvolvimento de um software auxiliar para inserção de informações hipermídia *just-in-time*, para vídeos ao vivo;
- implementação do protótipo em *set-top boxes* reais para testes de usabilidade;
- estudo da possibilidade de integração da estratégia proposta com o padrão IPTV;
- estudo da viabilidade para implementação em dispositivos móveis;
- definição de estratégias mais sólidas para aplicação dos conceitos em técnicas de educação a distância.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FEEC-Unicamp pelo apoio recebido durante o trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] V. Bhaskaran and K. Konstantinides, *Image and Video Compression Standards*. Amsterdam, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1995.
- [2] A. Covell, *Digital Convergence*. Chicago, USA: Aegis Publishing Group, 1999.
- [3] C. A. Chambers, “Designing a set-top box operating system”, in *Proc. of International Conference on Consumer Electronics*, June 1995, pp. 368-369.
- [4] A. Cole, “This Ain’t your Father’s Set-top: two generations coexisting”, in *Communications Technology Magazine*, pp. 88-94, June 2001.
- [5] M. Gaillard, “Massive Digital Deployment: winning the set-top war” *Communications Technology Magazine*, pp. 84-86, June 2001.
- [6] W. K. Gass, “System integration issues for set-top box”, in *IEEE Workshop on Signal Processing Systems - Design and Implementation*, November 1997, pp. 65-75.
- [7] Q. Tan, M. Zhou, J. Li, and D. Yao, “A brief overview of current set-top box developments”, in *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 3, October 1996, pp. 2127-2132.
- [8] K. Baker and P. Hulsén, “Multi-service models for interactive television”, in *Proc. of IEEE International Conference on Consumer Electronics*, June 2003, pp. 88-89.
- [9] D. E. Blahut, T. E. Nichols, W. M. Schell, G. A. Story, and E. S. Szurkowski, “Interactive television”, in *Proc. of IEEE*, vol. 83, July 1995, pp. 1071-1085.
- [10] P. Cesar, J. Vierinen, and P. Vuorimaa, “Open graphical framework for interactive TV”, in *Fifth International Symposium on Multimedia Software Engineering*, 2003, pp. 21-28.

- [11] B. Furht et al., “Design issues for interactive television systems”, *Computer*, vol. 28, no. 5, pp. 25-39, May 1995.
- [12] A. Gil, J. Pazos, C. López, J. López, R. Rubio, R. Díaz, and M. Ramos, “Surfing the Web on TV: the MHP Approach”, in *4th EURASIP-IEEE Symposium on Video/Image Processing and Multimedia Communications*, Zadar, Croatia, June 2002, pp. 447-451.
- [13] A. Thawani, S. Gopalan, and S. V., “Viewing characteristics based personalized ad streaming in an interactive TV environment”, in *First IEEE Consumer Communications and Networking Conference*, January 2004, pp. 483-488.
- [14] *Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 2.1 Specification*, World Wide Web Consortium, December 2005, available on: <http://www.w3.org/TR/SMIL2>.
- [15] J.-Y. Yang, Y. Kim, S.-W. Ahn, M.-S. Park, C. Ahn, J.-W. Seok, Y.-K. Lim, and K. W. Lee, “A design of a streaming system for interactive television broadcast” *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, vol. 3, no. 5, pp. 682-685, May 2000.
- [16] J. Piesing, “The DVB multimedia home platform - MHP,” in *IEE Colloquium on Interactive Television*, vol. 2, 1999, pp. 1-6.
- [17] S. Cotton, “Service Specification IP Television (IPTV)”, *Internet Protocol Detail Record*, Tech. Rep. 3.5-A.0.0, July 2006, available on: <http://contributions.atis.org/UPLOAD/TMOC/AIP/TMOC-AIP-2006-051.pdf>
- [18] D. Le Gall, “MPEG: A Video Compression Standard for Multimedia Applications”, *Communications of ACM*, vol. 34, no. 4, pp. 46-58, April 1991.
- [19] J. Wiseman, “An Introduction to MPEG Video Compression”, available on: <http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/video/mpeg>, June 2002.
- [20] T. H. Nelson, “Complex information processing: a file structure for the complex, the changing and the indeterminate”, in *Proc. 20th ACM National Conference*. Cleveland, Ohio, USA: ACM Press, August 1965, pp. 84-100.
- [21] N. Sawhney, D. Balcom, and I. Smith, “Authoring and navigating video in space and time”, *IEEE Multimedia*, no. 4, pp. 30-39, October-December 1997.
- [22] J. Doherty et al., “Detail-on-demand hypervideo”, in *Proc. of the eleventh ACM international conference on Multimedia*, 2003, pp. 600-601.
- [23] F. Shipman, A. Girgensohn, and L. Wilcox, “Combining spatial and navigational structure in the hyper-hitchcock hypervideo editor”, in *Proc. of the fourteenth ACM conference on Hypertext and hypermedia*, 2003, pp. 124-125.
- [24] T. Chambel, C. Zahn, and M. Finke, “Hypervideo design and support for contextualized learning”, in *Proc. of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, September 2004, pp. 345-349.
- [25] Berkley Multimedia Research Center, “Berkley mpeg tools”, available on: <http://bmrc.berkeley.edu/frame/research/mpeg>, August 2001.
- [26] A. L. S. Gradvohl, Multiprogramação, Disponível no endereço: <http://www.cenapad.unicamp.br/servicos/treinamentos/multiprog.shtml>, 2004.

André Leon S. Gradvohl é graduado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Ceará, Mestre em Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica e Doutor em Telecomunicações pela UNICAMP. Atualmente, é professor adjunto nos cursos de graduação em Engenharia e Ciência da Computação na Universidade São Francisco, em Campinas-SP e Itatiba-SP. Seus interesses incluem sistemas hipermídia e processamento de alto desempenho.

Yuzo Iano recebeu os títulos de Engenheiro Eletrônico, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica pela UNICAMP. Atualmente, é professor adjunto do DECOM-FEEC-UNICAMP e responsável pelo Laboratório de Comunicações Visuais do DECOM. Seus interesses envolvem processamento digital de sinais de áudio e vídeo. Também trabalha com pesquisas em televisão, em especial com HDTV, desde 1996.