

# Transmission of Interactive Applications for the Ginga Middleware in the Context of the Brazilian Digital Radio System

Rafael Diniz, Marcio Ferreira Moreno, Luiz Fernando Gomes Soares  
Depto. de Informática – PUC-Rio

Rua Marquês de São Vicente, 225 Rio de Janeiro/RJ – 22453-900 - Brasil  
{rdiniz, mfmoreno, lfgs}@inf.puc-rio.br

## ABSTRACT

Ginga, the middleware of the Brazilian Digital TV System, can also work in the context of the Brazilian Digital Radio System. This paper presents a solution for the transmission of NCL applications for both digital radio systems in consideration by adoption in Brazil. An emphasis is placed on the support to advanced features of Ginga, like fine synchronization between the main audio stream and other media content, and live edition of NCL presentations.

## RESUMO

Ginga, o middleware do Sistema Brasileiro de TV Digital, pode também funcionar no contexto do Sistema Brasileiro de Rádio Digital. Este artigo apresenta uma solução para transmissão de aplicações NCL para ambos os sistemas de rádio digital em consideração para adoção pelo Brasil. Uma ênfase é dada ao suporte a recursos avançados do middleware Ginga, tais como sincronia fina entre o programa de áudio da emissora e outros conteúdos da aplicação e o envio de comandos de edição.

## Categories and Subject Descriptors

H.5.4 [Information Interfaces and Presentation]:  
Hypertext/Hypermedia – Architectures

## Keywords

digital radio; middleware; Ginga; digital radio mondiale; iboc; hd radio; interactive radio; sbrd

## 1. INTRODUÇÃO

Em 2010 foi instituído [1] o Sistema Brasileiro de Rádio Digital (SBRD). No entanto, um modelo de referência para o sistema ainda não foi definido. Em resposta à chamada pública para testes com rádio digital, de 13 de junho de 2011, dois sistemas se apresentaram como candidatos: o DRM (Digital Radio Mondiale) e o IBOC (In-Band On-Channel), que permanecem em consideração para adoção pelo país até a presente data.

O Ministério das Comunicações vem coordenando testes com rádio digital. A discussão sobre o assunto prossegue tanto no âmbito do Conselho Consultivo do Rádio Digital, ligado ao Ministério, quanto no âmbito de deputados membros da “Frente Parlamentar de Migração do Rádio AM para FM e o Andamento do Processo de Digitalização no Brasil” e da “Subcomissão Especial do Rádio Digital”, lideradas respectivamente por Eli Correa Filho (DEM/SP) e Rômulo Gouveia (PSD/PB)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Rádio digital no site do MC: <http://www.mc.gov.br/radio-digital>

Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. To copy otherwise, or republish, to post on servers or to redistribute to lists, requires prior specific permission and/or a fee. Request permissions from [Permissions@acm.org](mailto:Permissions@acm.org).

*WebMedia '15*, October 27-30, 2015, Manaus, Brazil.

© 2015 ACM. ISBN 978-1-4503-3959-9/15/10...\$15.00.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/2820426.2820455>

Além dos dois sistemas mencionados, outros padrões de rádio digital existem no mundo, como o DAB (Digital Audio Broadcasting), em uso principalmente na Europa, e o ISDB-Tsb, em uso no Japão. Eles operam na banda III do VHF, faixa alocada para TV no país, portanto não são viáveis para uso no Brasil.

Assim como na TV digital, no rádio digital é possível a transmissão e recepção de aplicações. De forma análoga, nos dispositivos receptores de rádio, o suporte às aplicações deve ser realizado por uma camada intermediária de software, ou *middleware*, que deve prover um ambiente para execução de aplicações independente de plataforma.

Por exemplo, nos sistemas ISDB-Tsb, DRM e DAB é possível a transmissão de aplicações baseadas em linguagens “HTML-like”. No caso do ISDB-Tsb, o BML (Broadcast Markup Language) [2] é utilizado, e para os outros dois sistemas existe o BWS (Broadcast WebSite) [3].

A utilização do middleware Ginga [4] no Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTV) torna natural o interesse no seu uso também nos sistemas de Rádio Digital, não apenas pelas várias características vantajosas que o levou a ser adotado nos sistemas de TV, mas agora também para interoperação, levando a uma maior economia de escala e ao desenvolvimento de aplicações passíveis de execução nos dois sistemas. Para tanto, a camada de transporte utilizada no rádio digital deve prover o suporte necessário para todos os recursos que o Ginga dá suporte.

Conforme discutido neste artigo, para quase todos os recursos necessários para a transmissão de uma aplicação NCL [5] já existe alguma solução para o rádio digital, com exceção de dois recursos: o envio de comandos de edição NCL, que permitem a manipulação avançada de aplicações [4], incluindo modificações estruturadas de código em tempo de execução, e a sincronização fina de mídias através de referências de tempo baseadas em bases temporais [6]. Este trabalho apresenta uma proposta para transmissão de aplicações NCL que contempla todos os recursos necessários para tal.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os dois sistemas de rádio digital em teste pelo país, focando em seus esquemas de multiplexação. A Seção 3 introduz o sistema de multiplexação escolhido por este trabalho para servir de base no transporte das aplicações, assim como as soluções desenvolvidas e incorporadas ao sistema. A Seção 4 contém alguns testes executados. A Seção 5 é reservada para as conclusões e trabalhos futuros.

## 2. OS SISTEMAS DE RÁDIO DIGITAL

Os sistemas IBOC e DRM têm em comum a estreita banda passante que utilizam, em comparação com uma maior largura de banda utilizada pelo DAB e ISDB-Tsb, e a consequente baixa taxa de transmissão. Para nenhum dos dois sistemas, DRM e IBOC,

está definido um *middleware* para aplicações. Esta seção foca nos protocolos de transporte desses sistemas.

## 2.1 IBOC

O sistema IBOC (*In-Band On-Channel*), também conhecido por seu nome comercial HD Radio, foi concebido para operar nos canais adjacentes do sinal analógico AM ou FM, nas bandas de Ondas Médias e VHF banda II (a atual faixa do FM), sendo considerado um padrão híbrido, pois pressupõe a coexistência com o sinal analógico.

Em 2002, o sistema IBOC foi adotado nos Estados Unidos como padrão para radiodifusão sonora terrestre digital pela FCC (*Federal Communications Commission*).

Atualmente, uma empresa de nome *Ibiquity* detém os direitos de uso e royalties do sistema. Algumas partes do sistema, tais como o codificador de áudio e os protocolos que definem o transporte de aplicações, são proprietárias e desconhecidas publicamente. As outras partes do sistema estão especificadas em norma [8].

Para o transporte de dados, um único protocolo de nome *Advanced Application Services Transport* (AAT) [9] é definido. Esse protocolo é aquele que deve ser utilizado para o transporte dos componentes de uma aplicação interativa.

O AAT não provê suporte à transmissão de estruturas de arquivos ou diretórios, mas somente uma forma de envio de pacotes pela transmissão IBOC. Portanto, um protocolo para prover tal abstração deve ser utilizado em conjunto com o AAT.

Em uma página<sup>2</sup> no site da *Ibiquity*, existe menção a um protocolo de nome LOT (*Large Object Transfer*), que aparentemente implementa a abstração para a transmissão de arquivos, sendo utilizado no serviço de envio de imagens, por exemplo. No entanto, não existe qualquer documentação pública a respeito de tal protocolo.

## 2.2 Digital Radio Mondiale

O Digital Radio Mondiale (DRM) [10] é um sistema de radiodifusão sonora terrestre digital que funciona em todas as bandas definidas para radiodifusão sonora terrestre, sendo definido por um conjunto de normas públicas.

O sistema foi desenvolvido por um consórcio de mesmo nome, composto por diversos atores da radiodifusão no mundo, como institutos de pesquisa, universidades, empresas públicas e privadas ligadas ao rádio, e a indústria de transmissão e recepção. O sistema é utilizado principalmente na Índia e por rádio difusores internacionais que operam na faixa de Ondas Curtas.

Um protocolo para transmissão de arquivos e diretórios no modelo de carrossel foi definido para o DRM, o *Multimedia Object Transfer* (MOT) [11]. O protocolo MOT foi inicialmente concebido para o sistema de rádio digital DAB e, posteriormente, mapeado [12] para ser transportado pelo DRM, conforme apresentado pela Figura 1.

Cada unidade *MSC Data Group* do MOT, que é a menor unidade sintática do protocolo, é mapeada em uma unidade do DRM conhecida como *DRM Data Unit*, que é então transportada por pacotes definidos pelo modo *Packet mode* do DRM.

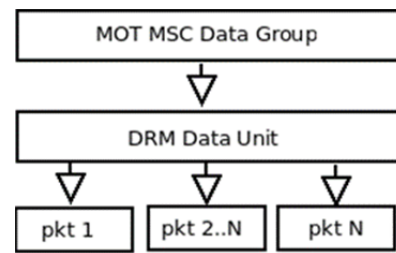


Figura 1. Mapeamento do transporte do MOT no DRM.

## 3. A CAMADA DE TRANSPORTE PARA APLICAÇÕES NCL

O MOT é um protocolo para transporte cíclico de um único arquivo, ou de um conjunto de arquivos organizados em uma estrutura de diretórios. Para o escopo deste trabalho, somente o modo *MOT Directory*, que permite o envio de estruturas de arquivos e diretórios, será considerado. O MOT, desenvolvido para uso em rádio digital, possui um baixo *overhead*, menos informações auxiliares, sendo, portanto, mais simples que o DSM-CC [13], utilizado na TV Digital.

O MOT é suportado no sistema DRM e pode ser facilmente suportado no IBOC de forma análoga, no qual as entidades do MOT são fragmentadas e transportadas por pacotes. No caso do IBOC, a transmissão dos fragmentos do MOT, conhecidos como *MSC Data Group*, por meio de pacotes, deve ser provida pelo protocolo AAT, de forma semelhante ao trabalho de Gorsak [14].

Um dos elementos do MOT permite a definição de qual arquivo do carrossel deverá ser iniciado, e para qual perfil de receptor esse arquivo é endereçado. No contexto deste artigo, apenas um perfil será definido, que indica o perfil de receptor para rádio digital completo (com todas as funcionalidades que forem estabelecidas por Norma). Pela proposta deste artigo, o campo *index\_name* do MOT deve conter o caminho para o documento NCL a ser executado, e a porta da aplicação a ser disparada (elemento <port>, filho do elemento <body> de NCL), da seguinte forma:

`ncl_path[idRef]`

onde *ncl\_path* representa o caminho para o arquivo NCL, que deve sempre ser relativo (isso é, não começar com “/”), e *idRef* é o identificador da porta a ser iniciada. Esse último parâmetro é opcional. Quando omitido, indica que todas as portas da aplicação serão iniciadas.

Para cada arquivo do carrossel, um conjunto de parâmetros são enviados, tais como *ContentName*, que indica o caminho e nome do arquivo; *CompressionType*, que indica se o conteúdo do arquivo está comprimido ou não; e *TriggerTime*, que indica se a aplicação deve ser iniciada imediatamente ou em um dado instante de tempo.

O envio de arquivos em carrossel e o suporte a atualização do carrossel são suportados pelo MOT, facilidades essenciais para o transporte de aplicações NCL. No entanto, o controle do ciclo de vida de uma aplicação é suportado apenas parcialmente pelo MOT. Existe um comando para iniciar uma aplicação, mas não existem comandos para pausar ou parar uma aplicação.

O envio de comandos de edição e o suporte para tratamento de bases temporais também não são suportados pelo MOT.

No sistema de tv digital brasileiro existem descritores para indicar, controlar e definir a cadência de uma base temporal, denominada NPT (*Normal Play Time*) [13]. Ainda outro tipo de descritor (*Stream Event Descriptor*) é utilizado para o envio de

<sup>2</sup> Página do site da *Ibiquity* que menciona o protocolo LOT: <[http://www.ibiquity.com/hd\\_radio/what\\_are\\_data\\_services](http://www.ibiquity.com/hd_radio/what_are_data_services)>. Acesso em 10/06/2015

comandos de edição NCL ao Ginga. Recursos semelhantes a esses descritores, particularizados para sistemas de rádio digital, devem ser acrescentados ao MOT, e são discutidos a seguir.

### 3.1 Base temporal

Nenhum suporte a base temporal é provida pelos sistemas DRM e IBOC.

Assim, é necessária a definição de uma base temporal adequada ao rádio digital, assim como a forma de transporte pelo protocolo MOT. A essa nova base temporal foi dado o nome de *Radio Time Base* (RTB).

O *Radio Time Base* consiste de uma base de tempo composta de um valor inteiro positivo, cujo *System Clock Frequency* equivale ao número máximo de amostras de áudio que podem ser transmitidas por segundo. Por exemplo, o sistema DRM utiliza a frequência de 48.000 Hz. Nesse caso, a cadência do incremento do RTB é 48.000 unidades por segundo.

Além das marcações de tempo, o fluxo que transporta os valores da base temporal deve também comportar estruturas que indicam os instantes de início e fim da base temporal, de forma semelhante ao *NPT Endpoint Descriptor* do protocolo DSM-CC, utilizado na TV Digital.

A conversão de valores RTB em segundos e milissegundos deverá ser feita da seguinte forma:

```
RTB_seconds = RTB / System_Clock_Frequency
RTB_milliseconds = ( ( RTB * 1000 ) /
System_Clock_Frequency ) - ( RTB_seconds *
1000 )
```

onde *System\_Clock\_Frequency* tipicamente é 48.000, como no caso do sistema DRM.

A cadência do passo da base temporal deve ser a cadência da quantidade de amostras de áudio recebidas (ou que deveriam ter sido recebidas, no caso de falhas<sup>3</sup>), de forma que a sincronia não seja perdida, mesmo que a taxa de envio da base temporal não seja alta, economizando bits na transmissão. No caso da TV Digital, o intervalo máximo de envio entre dois valores de tempo é de 1s, mas no caso do rádio digital esse valor pode ser mais alto, adaptado à necessidade de sincronia do emissor e à disponibilidade de bits no multiplex.

Para interpolar o instante exato do tempo RTB entre dois valores recebidos, não se tem, como na TV Digital, um valor STC (*System Time Clock*) de referência, no qual a base temporal estaria atrelada. Para resolver o problema, o valor de pulsação (*tick*) do relógio RTB deve tomar como referência a pulsação da geração das amostras de áudio.

Em uma aplicação NCL, âncoras de tempo que contém valores relativos a uma base temporal devem seguir a especificação genérica para valores de base temporal, descrita por Moreno [7]. Segue abaixo um exemplo:

```
<area id="ancora_t" first="192000tbv"/>
```

onde 192000tbv indica 192.000 unidades na base temporal que está ocorrendo.

As entidades necessárias para prover o suporte a bases temporais devem ser transportadas como parâmetros da entidade

<sup>3</sup> Devido ao quadro ter um tamanho de tempo definido e um número de amostras definido, é trivial ao receptor estimar o número de amostras em caso de falha na recepção de alguns quadros.

*DirectoryExtension* do MOT. Essas entidades são a *TimeBaseReference*, que carrega um valor da base temporal, e *TimeBaseEndpoint*, que contém os valores de início e final de uma base temporal, além de identificadores da base temporal, assim como na TV Digital.

### 3.2 Comandos de edição

Comandos de edição NCL permitem o controle do ciclo de vida de uma aplicação (comandos para iniciar, parar, pausar, retomar e salvar aplicações), o controle de bases privadas onde residem as aplicações, além da possibilidade de alteração ao vivo das aplicações (comandos de edição da aplicação).

Nos comandos de edição NCL o campo *eventId* contém o identificador único do comando, o campo *commandTag* indica o tipo do comando e *eventTBV* indica o momento que o comando deve ser ativado.

A entidade que carrega comandos de edição deve ser transportada como parâmetro da entidade *DirectoryExtension* do *MOT Directory*, e tem o nome *EditingCommandEvent*.

Os comandos de edição definidos no contexto da TV Digital podem ser utilizados no rádio digital, com a observância no uso do esquema de bases temporais definido na Seção 3.1. O comando *startDocument*, por exemplo, no rádio digital possui a seguinte definição:

```
startDocument (baseId, documentId,
interfaceId, offset, timeBaseId, tbvTrigger)
```

onde *baseId* é um identificador da base privada, tipicamente um valor único associado à emissora, *documentId* e *interfaceId* indicam o documento e a interface do mesmo a ser iniciada. O campo *timeBaseId* indica a base em uso e *tbvTrigger* um valor de tempo relativo a base temporal, que somado ao valor em *offset*, indica momento de início da aplicação.

## 4. TESTES CONDUZIDOS

De forma a exercitar as proposições deste artigo, algumas aplicações de teste para rádio digital foram desenvolvidas. Além disso, um arranjo para a transmissão e recepção de aplicações NCL foi realizado. Os softwares desenvolvidos para este trabalho estão disponíveis em:

<http://bit.ly/1dDob1P>

O sistema utilizado para as implementações de teste foi o Digital Radio Mondiale, devido a sua natureza aberta e a existência de softwares livres que implementam grande parte do padrão e que foram utilizados como base dos testes.

A Figura 2 apresenta o esquema de transmissão testado.

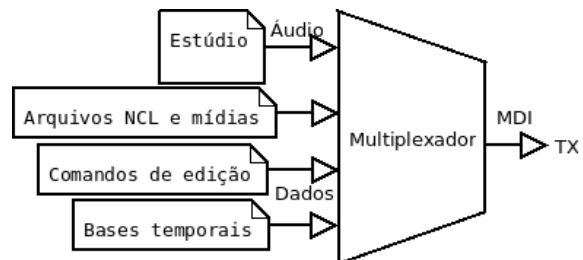


Figura 2. Esquema de transmissão testado.

O esquema ilustrado na Figura 2 apresenta, à esquerda, os componentes que podem servir de entrada para o multiplexador que, por sua vez, envia o sinal multiplexado ao transmissor que o emite pelo espectro.

O software com o papel de multiplexador, ou *Content Server*, utilizado nas provas de conceito foi o drmc<sup>4</sup>, desenvolvido pela BBC (*British Broadcasting Corporation*). Algumas modificações no código do software para o propósito deste trabalho foram adicionadas diretamente ao repositório oficial da aplicação.

O drmc gera o fluxo MDI, que é o formato utilizado no DRM para carregar o sinal multiplexado. O sinal MDI é a entrada de um transmissor DRM, que não necessita modificação para a transmissão de uma aplicação NCL.

Para a transmissão dos arquivos de uma aplicação NCL utilizando o drmc, a correta sinalização da aplicação deve ser feita no arquivo XML de configuração do drmc. A seguir seguem algumas linhas relevantes do arquivo de configuração do drmc:

```
<directory_mode>1</directory_mode>
  <profile>
    <id>1</id>
    <index>main.ncl</index>
  </profile>
<source_selector>/apps/app1</source_selector>
<application_domain>0</application_domain>
<application_data>0001</application_data>
```

onde <id>, filho do elemento <profile>, indica o perfil do receptor; <index> indica o documento NCL que deve ser iniciado para o perfil indicado; <source\_selector> indica o caminho para a aplicação; o elemento <application\_domain> indica o domínio de aplicações, DRM ou DAB; e <application\_data> indica o tipo da aplicação (NCL, valor provisório até ser incorporado na norma do DRM).

O código fonte desenvolvido para os testes de multiplexação dos comandos de edição e estruturas relacionadas está disponível em:

<https://github.com/rafael2k/drmcs>

Do outro lado da cadeia da radiodifusão, o *middleware* do receptor deve receber o sinal com áudio e aplicações interativas, e garantir que os comandos de edição sejam executados corretamente, assim como manter as bases temporais coerentes com as informações que chegam embutidas no sinal recebido.

O receptor escolhido foi o Dream [15], modificado para executar aplicações NCL. O Dream, provê o suporte para ler e decodificar o fluxo MDI. A implementação de referência do *middleware* Ginga foi acoplada ao Dream. As modificações já estão incorporadas ao projeto Dream<sup>5</sup> para o propósito deste trabalho.

Com esses dois softwares, o drmc e o Dream, foi possível executar testes de uso do MOT no transporte de aplicações NCL<sup>6</sup>.

## 5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

O sistema MOT com as devidas extensões presentes neste texto mostrou-se uma solução adequada e eficiente para o transporte de aplicações NCL no rádio digital brasileiro.

As extensões incorporadas ao MOT proporcionam recursos além do simples envio de arquivos via carrossel, tais como o suporte a

bases temporais, permitindo a sincronia fina entre mídias com o fluxo de áudio, e o envio de comandos de edição da aplicação.

A proposta de transmissão de aplicações interativas pelo rádio digital foi apresentada e testes mostraram sua viabilidade. O suporte ao envio e recebimento de comandos de edição e bases temporais no rádio digital está implementado de forma experimental nos softwares drmc, Dream e na implementação da PUC-Rio do Ginga.

As definições apresentadas neste texto são passos iniciais para o uso do Ginga como o *middleware* do Sistema Brasileiro de Rádio Digital.

As definições e implementações apresentadas permitem que novas etapas do desenvolvimento do Ginga e da NCL para o rádio digital sejam possíveis, tais como o estudo de mídias mais adaptadas para o contexto do rádio digital e um perfil específico da NCL concebido para a radiodifusão digital. Trabalhos esses que já se encontram em fase adiantada no Laboratório TeleMídia da PUC-Rio.

Quanto especificamente ao transporte de aplicações, o entrelaçamento de conteúdo no fluxo de áudio principal e o consequente entrelaçamento de bases temporais [7] precisa ser testado, quanto a sua eficiência, quando utilizados em uma banda passante tão pequena como a oferecida pelos sistemas de rádio digital para as aplicações.

## AGRADECIMENTOS

Pelo apoio financeiro, os autores deste artigo agradecem às seguintes instituições: CAPES, CNPq e FAPERJ.

## REFERÊNCIAS

- [1] Costa, Hélio. "Institui o Sistema Brasileiro de Rádio Digital – SBRD e dá outras providências", Portaria nº 290 do Ministério das Comunicações, de 30 março de 2010.
- [2] ARIB B-24. "XML-Based Multimedia Coding Scheme, ARIB Standard B-24 Data Coding and Transmission Specifications for Digital Broadcasting", version 5.2, 2008.
- [3] ETSI TS 101 498 V2.1.1. "Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast website", 2006.
- [4] Soares, Luiz Fernando Gomes, Rogério Ferreira Rodrigues e Márcio Ferreira Moreno. "Ginga-NCL: the declarative environment of the Brazilian digital TV system." *Journal of the Brazilian Computer Society* 12, no. 4 (2007): 37-46.
- [5] ITU Recommendation H.761. "Nested context language (NCL) and Ginga-NCL". 2014.
- [6] Moreno, Marcio Ferreira, Marcelo Ferreira Moreno e Luiz Fernando Gomes Soares. "Transmissão de Aplicações e Comandos de Edição ao Vivo em IPTV e DTV Terrestre." XVI Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web – WebMedia 2010.
- [7] Moreno, Marcio Ferreira e Luiz Fernando Gomes Soares. "Using Multiple Interleaved Time Bases in Hypermedia Synchronization." In *Multimedia (ISM)*, 2014 IEEE International Symposium on (pp. 187-194). IEEE.
- [8] NRSC 5-C. "In-band/on-channel Digital Radio Broadcasting Standard". 2011.
- [9] NRSC 1019s rev. G. "HD Radio Air Interface Design Description. Advanced Application Services Transport." 2011.
- [10] ETSI ES 201 980 V4.1.1. "Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification." 2014.
- [11] ETSI EN 301 234 V2.1.1. "Digital Audio Broadcasting (DAB); Multimedia Object Transfer (MOT) protocol". 2006.
- [12] ETSI TS 101 968 V1.3.1. "Digital Radio Mondiale (DRM); Data applications directory." 2009.
- [13] ISO/IEC 13818-6. "Information technology -- Generic coding of moving pictures and associated audio information -- Part 6: Extensions for DSM-CC" 1998.
- [14] Gorsak, Andreas e Teun Hendriks. "Bringing digital data services to life in North America", *Proceedings of the 11th Workshop Digital Broadcasting*, Fraunhofer IIS, Erlangen, Germany. September 15-16, 2010.
- [15] Kurpiers, Alexander e Volker Fischer. "Open-source implementation of a digital radio mondiale (DRM) receiver", in *9th International IEE Conference on HF Radio Systems and Techniques*, Bath, United Kingdom, June 2003.

<sup>4</sup> Free software BBC DRM Content Server:  
<http://sourceforge.net/p/drm/code/HEAD/tree/drmcs/>

<sup>5</sup> Repositório com o código fonte do Dream:  
<http://sourceforge.net/p/drm/code/HEAD/tree/dream/>

<sup>6</sup> Testes disponíveis em: <http://bit.ly/1dDob1P>