



## **Proposta para Grupo de Trabalho**

GT SiM – Grupo de Trabalho de Sincronismo  
de Música em Rede

Carlos Eduardo Coelho Freire Batista

09/08/2013

## **1. Título**

GT SIM – Grupo de Trabalho de Sincronismo de Música em Rede

## **2. Coordenador**

**Carlos Eduardo Coelho Freire Batista**

bidu@lavid.ufpb.br

Laboratório de Vídeo Digital (LAVID) – <http://www.lavid.ufpb.br>

Fone: (83) 3216 7093 Ramal 26

Centro de Informática – <http://www.ci.ufpb.br>

Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – <http://www.ufpb.br>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8415439327232902>

## **3. Resumo**

O Grupo de Trabalho de Sincronismo de Música em Rede deseja analisar todos os aspectos técnicos envolvidos na realização de atividades de música em rede e construir mecanismos para manipulação de estratégias para transmissão de áudio com baixíssimo retardo. O Grupo de Trabalho desenvolverá uma plataforma de software para experimentação musical em rede, com mecanismos facilitadores para a composição, execução e reprodução de peças musicais que envolvem músicos e elementos musicais distribuídos geograficamente, interconectados através do *backbone* da RNP. A plataforma define mecanismos facilitadores para o estabelecimento de requisitos e restrições de sincronismo entre os elementos envolvidos em uma peça musical, cuja execução e reprodução utiliza múltiplos pontos remotos de entrada e saída de áudio.

## **4. Abstract**

The Network Music Sync Working Group wants to analyze all technical aspects involved in performing networked music activities. The Working Group aims to build mechanisms for handling strategies for audio transmission with very low delay. The Working Group will develop a software platform for musical experimentation, with mechanisms to facilitate the composition, performance and reproduction of musical pieces that involve musicians and musical elements geographically distributed, and interconnected through the RNP's backbone. The platform defines mechanisms to facilitate the easy establishment of requirements and timing constraints between the elements involved in a musical piece, whose execution and playback require multiple remote points for audio input and output.

## **5. Parcerias**

### **Guido Lemos de Souza Filho**

Laboratório de Vídeo Digital (LAVID) – <http://www.lavid.ufpb.br> da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) – <http://www.ufpb.br>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6614550860293610>

### **Márcio Ferreira Moreno**

Laboratório TeleMídia – <http://www.telemidia.puc-rio.br/> da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) – <http://www.puc-rio.br>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8927540883263351>

## **6. Duração do projeto**

12 meses

## **7. Sumário executivo**

A concepção da proposta para o Grupo de Trabalho de Sincronismo de Música em Rede (GT-SiM) surge como desdobramento dos projetos executados pelo Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital (LAVID/UFPB) relacionados à viabilização de performances artísticas distribuídas e também de anos de esforços de pesquisa em hipermídia e redes do Laboratório TeleMídia da PUC-Rio. Dentre os projetos relacionados destacam-se o GT-VD (Grupo de Trabalho de Vídeo Digital), que desenvolveu uma infraestrutura para transmissão de vídeo digital (ao vivo e sob demanda) e o GT-MDA (Grupo de Trabalho de Mídias Digitais e Arte), que possibilitou a criação de serviços e ferramentas realização de performances artísticas distribuídas, envolvendo agentes humanos e sintéticos em tempo real, através de redes de computadores.

Os serviços e ferramentas [1] desenvolvidos nos projetos destacados foram utilizados para a realização de diversas performances artísticas telemáticas, tais como Versus (RNP Versus), o (IN)Toque e o e-pormundos afetos, entre outras apresentações nacionais e internacionais [2]. A realização de tais performances, apesar de utilizar elementos musicais, não explorou a possibilidade de execução de música distribuída, isto é, a realização de uma peça musical a partir de músicos geograficamente distribuídos e interconectados através de uma rede de computadores.

No que diz respeito à música, a Internet é utilizada basicamente para troca de trilhas de áudio pré-gravadas e transmissão (a partir de um único ponto) de fluxos correspondentes à captura ao vivo. A execução realística de música distribuída na Internet (e em redes de computadores em geral) representa um desafio

recorrentemente explorado na literatura científica relacionada [3], mas que, por conta da complexidade dos fatores envolvidos, ainda não possui abordagens satisfatórias [4]. A necessidade de se estabelecer canais de baixíssima latência (na ordem de 25ms [3] para uma experiência como a oferecida pelo compartilhamento de espaço acústico) entre os músicos envolvidos, além de outros aspectos cognitivos, técnicos e musicais, praticamente inviabilizam que grande parte das peças musicais possa ser realizada de forma distribuída.

O Grupo de Trabalho de Sincronismo de Música em Rede deseja analisar todos os aspectos técnicos da realização de atividades de música em rede e construir mecanismos que permitam facilitar a manipulação de estratégias para transmissão de áudio com baixíssimo retardo para suporte a peças musicais distribuídas. A partir da otimização do uso dos recursos envolvidos no processo de captura, transmissão e reprodução de áudio, é possível se chegar a um nível satisfatório de retardo para um conjunto representativo de peças musicais coerentes, e é possível que os músicos explorem as diferentes características fornecidas pela associação de elementos interconectados com diferentes latências para composições musicais inovadoras e multifacetadas. A Figura 1 apresenta o trajeto do sinal de áudio entre o produtor e um consumidor, em diferentes contextos (natureza, áudio eletrônico, áudio digital e áudio na Internet), realçando os diferentes níveis de latência relacionados a cada etapa do trajeto.

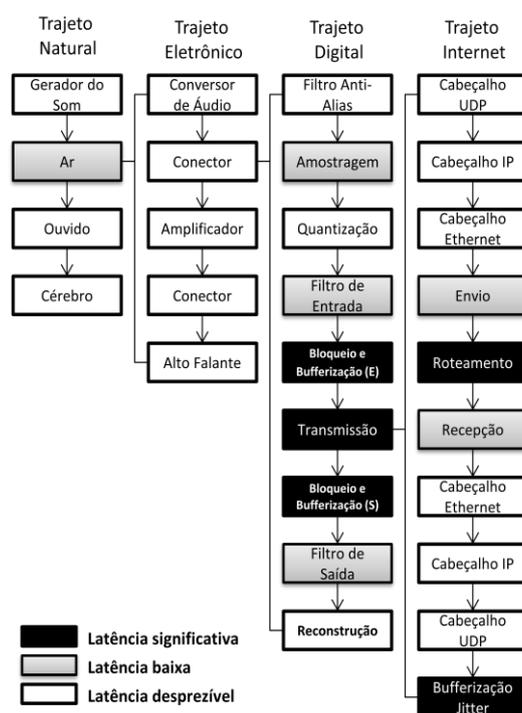


Figura 1. Trajeto do sinal de áudio em diferentes contextos e as latências associadas a cada parte [5].

As atuais abordagens exploram diferentes formas de interação entre músicos distribuídos [5], utilizando mecanismos de comunicação síncrona e assíncrona, visando facilitar atividades como composição musical e ensaios [5]. Experimentos de

execução de peças musicais com músicos espalhados em diferentes pontos de acesso em uma rede de computadores já foram realizados [6][7], porém tais experimentos tiveram, em sua maioria, o suporte de configurações de conectividade de rede específicas e restritivas, em ambientes controlados, de forma a minimizar a latência entre os músicos envolvidos e contornar situações de sincronismo para captura e reprodução de amostras nos diferentes pontos conectados [6].

Apesar de tais experimentos terem sido realizados e da existência de algumas ferramentas e serviços [8] que se propõem a facilitar a execução de música em rede, a execução e composição musical distribuída é uma prática parcamente realizável [4], restrita a músicos envolvidos em experimentos reservados, cuja realização está associada a um custo alto [4]. Além disso, são poucos os registros na literatura científica que analisam de forma precisa e compreensiva quais aspectos técnicos e cognitivos que devem ser considerados para facilitar a composição e a execução de música em rede.

Baseado nestes fatos, a presente proposta de Grupo de Trabalho visa criar uma plataforma para experimentação musical distribuída. Tal plataforma deve ser composta de facilitadores para a composição, execução e reprodução de peças musicais que envolvem músicos distribuídos geograficamente e interconectados através das redes ligadas ao *backbone* da RNP. Os mecanismos oferecidos pela plataforma objeto da proposta do GT-SiM deverão se adequar dinamicamente à estrutura de transmissão disponível, oferecendo abstrações de fácil utilização pelos músicos, para que experimentem diferentes configurações para realização de atividades de música em rede.

## 7.1 Experimento Piloto

*“Composing’s one thing, performing’s another, listening’s a third. What can they have to do with each other?”* —John Cage

O experimento piloto visa permitir que usuários da rede RNP tenham acesso à uma plataforma para realização de atividades de música em rede. Os usuários da plataforma poderão interconectar diferentes serviços relacionados à captura, reprodução, codificação, transmissão e processamento de amostras digitais referentes a trilhas de áudio de peças musicais, e definir aspectos de sincronismo entre tais trilhas.

O experimento piloto utilizará um serviço de sincronismo distribuído desenvolvido durante a realização da primeira fase do grupo de trabalho. O **SiMs** (*SiM server*) é o software que deverá estar presente em um servidor que orquestrará recursos de áudio em uma rede local e poderá enviar e receber sinais de orquestração para servidores remotos autenticados – há, então, a possibilidade de integração com o serviço de autenticação federada (CAFe) da RNP, para a construção de grupos de servidores autenticados entre si.

O sincronismo distribuído é então realizado através da intervenção (em recursos locais e remotos) feita pelas notificações enviadas pelos servidores SiM, que manipulam (ativam, desativam, alteram parâmetros) serviços de captura, reprodução, codificação,

transmissão e processamento de áudio, dentro da lógica de uma peça musical distribuída. Uma rede de servidores SiM é similar àquela criada pelo serviço Arthron [1][2] em alguns aspectos, porém esta possui características particulares para o tratamento síncrono de áudio. As fontes de áudio da plataforma poderão ser instrumentos e vocais capturados ao vivo, além de gravações de trechos de áudio (*samples*) e padrões lógicos (ex. trilhas MIDI) que poderão ser recuperadas de repositórios remotos, utilizando os servidores da Rede de Vídeo Digital (RVD) da RNP.

A experimentação musical distribuída será realizada com base na definição de um conjunto de requisitos e restrições de sincronismo entre os diferentes elementos que compõem a peça musical. A partir destas definições, o servidor realiza a orquestração de serviços locais e remotos utilizando um metrônomo global. O metrônomo global SiM serve para facilitar o sincronismo entre as diferentes trilhas de áudio e a compreensão da latência por parte dos músicos, viabilizando a manutenção da coerência (ritmo, harmonia e melodia) da música distribuída.

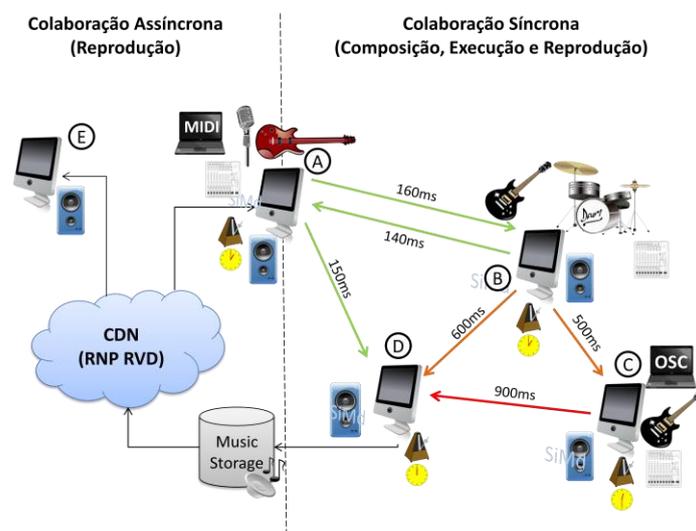
Os servidores SiM incorporarão mecanismos para melhor adequação às configurações de rede dinâmicas (principalmente variações bruscas de latência), fazendo com que a manipulação dos serviços orquestrados seja de acordo com a disponibilidade de recursos de comunicação necessários (por exemplo, realizar, quando necessário, atividades como ajuste elástico de áudio, *lowsampling* etc.). Os mecanismos de otimização poderão utilizar informações capturadas por serviços de monitoramento de rede tais como os providos pelo serviço MonIPÊ da RNP.

A descrição do conjunto de requisitos e restrições de sincronismo entre elementos produtores de música será realizada através de uma linguagem declarativa baseada em NCL (*Nested Context Language*), graças a um conjunto de características que linguagem oferece [9]:

- Suporte a definição de sincronismo temporal entre objetos de mídia;
- Suporte a definição de sincronismo entre objetos de mídia a partir de eventos arbitrários (interação do usuário);
- Composição de documentos dinâmicos, editáveis em tempo de execução;
- Suporte a aplicações distribuídas, integrando serviços multimídia através de diferentes protocolos;
- Linguagem agnóstica a tipos de exibidores e serviços que integra na suas definições de lógica de orquestração.

Assim, como resultado da primeira fase do GT-SiM, haverá a definição de uma linguagem que incorpora elementos de NCL e também novos elementos necessários para a realização de atividades de música em rede. A linguagem servirá de base para a construção de ferramentas para diferentes atividades de experimentação musical distribuída, como a composição, execução e reprodução de música em rede, fornecendo abstrações fáceis para o mapeamento da qualidade da experiência (*Quality of Experience, QoE*) esperada pelos músicos com a qualidade do serviço (*Quality of Service, QoS*) necessária para a orquestração dos recursos de manipulação de áudio distribuídos para realização das atividades de música em rede.

Para ilustrar o funcionamento da plataforma é apresentado um cenário de uso, ilustrado na Figura 2. A Figura 2 representa a realização de uma peça musical distribuída envolvendo três elementos produtores de música (músicos tocando instrumentos e vocalistas cantando ao vivo, produtores de música eletrônica criando trilhas em tempo real, reprodutores de trilhas pré-gravadas), que interagem de forma distribuída produzindo quatro peças musicais distintas, consumidas em diferentes pontos da rede. Graças à distinção temporal entre os membros envolvidos, diferentes abordagens [4][5] deverão ser utilizadas para a composição (mixagem) dos elementos de áudio reproduzidos em um mesmo espaço acústico, de forma a preservar os elementos estruturais de uma música coerente (*bufferização*, *predição*, aumento de retardo para sincronismo rítmico etc.).



**Figura 2. Visão de alto nível do serviço da proposta GT-SiM**

A Figura 2 apresenta uma visão de alto nível para um cenário hipotético de música em rede. Os elementos A, B e C produzem trilhas de áudio musicais ao vivo, e transmitem diferentes fluxos entre si, através de canais de comunicação que oferecem diferentes valores de latência (arbitrariamente definidas em três níveis). A peça musical é reproduzida em tempo real por quatro pontos distintos: A, B, C e D, e assincronamente (através de uma captura realizada pelo servidor D) pelo ponto E. Os pontos A, B e C manipulam diferentes serviços de captura, codificação, processamento e transmissão de áudio, de forma que a música que realizam faça sentido nos três pontos e também em um quarto ponto (D) que apenas reproduz a mixagem do áudio gerado pelos três pontos a partir das definições utilizadas pelos servidores SiM. A mixagem em cada ponto é facilitada pelo metrônomo global, presente em todos os pontos engajados na execução e reprodução da música em rede ao vivo. O experimento piloto do GT-SiM deseja viabilizar uma plataforma que facilite a experimentação para concepção, execução e reprodução de peças musicais envolvendo configurações de captura, reprodução, processamento e transmissão de áudio com baixíssima latência, entre nós arbitrários conectados no *backbone* da RNP.

## 8. Recursos financeiros

### 8.1 Equipamentos e software

Descrição	Quantidade
Desktop	5
Notebook	1
Interface de áudio Focusrite Saffire 6 USB Audio Interface (US\$ 180, R\$ 410) <a href="http://www.amazon.com/gp/offer-listing/B002R9ILOY/ref=dp_olp_0?ie=UTF8&amp;condition=all">http://www.amazon.com/gp/offer-listing/B002R9ILOY/ref=dp_olp_0?ie=UTF8&amp;condition=all</a>	2
Interface de áudio Echo Audiofire 12 (US\$ 599, R\$ 1366) <a href="http://echoaudio.com/products/audiofire-12">http://echoaudio.com/products/audiofire-12</a>	2
Interface de áudio M-Audio Fast Track Ultra 8R (US\$449, R\$ 1024) <a href="http://www.sweetwater.com/store/detail/FastTrackU8R">http://www.sweetwater.com/store/detail/FastTrackU8R</a>	2

**Total de equipamentos: R\$ 24.600,00** (US\$ 1 = R\$ 2,28)

## 9. Ambiente para testes do protótipo

O ambiente para testes do protótipo da plataforma de software desenvolvida pelo GT-SiM utilizará os mesmos equipamentos para desenvolvimento orçados nesta proposta na seção 8.1.

## 10. Referências

- [1] Melo, Erick. ; et al. ARTHRON 1.0: Uma Ferramenta para transmissão e gerenciamento remoto de fluxos de mídia. In: Salão de Ferramentas do SBRC, 2010, Gramado/RS. Proceedings of XXVIII Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC), 2010.
- [2] Howard, Andrew, et al. "DQ12 Dancing Across Oceans: Barcelona (ES)-Salvador (BR)-Daejeon (KR)@ Chiang Mai (TH)." Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network 33 (2012): 1-14.
- [3] Barbosa, Álvaro. "Displaced soundscapes: A survey of network systems for music and sonic art creation." Leonardo Music Journal 13 (2003): 53-59.

- [4] Carôt, Alexander, and Christian Werner. "Fundamentals and Principles of Musical telepresence." *Journal of Science and Technology of the Arts* 1.1 (2009): 26-37.
- [5] Carôt, Alexander, and Christian Werner. "Distributed network music workshop with soundjack." *Proceedings of the 25th Tonmeistertagung, Leipzig, Germany* (2008).
- [6] Brown, Andrew R. (2010) *Network jamming : distributed performance using generative music*. In: *Proceedings of the New Instruments for Musical Expression Conference 2010, 15-18th June 2010, University of Technology, Sydney, Sydney*
- [7] Nabavian, Shahin, and Nick Bryan-Kinns. "Analysing group creativity: A distributed cognitive study of joint music composition." *Proceedings of cognitive science* (2006): 1856-1861.
- [8] eJAMMING AUDiiO - The Collaborative Network for Musicians. Disponível em <http://ejamming.com/> Acesso em Julho de 2013.
- [9] Soares, Luiz Fernando Gomes, Rogério Ferreira Rodrigues, and Márcio Ferreira Moreno. "Ginga-NCL: the declarative environment of the Brazilian digital TV system." *Journal of the Brazilian Computer Society* 12.4 (2007): 37-46.
- [10] L.F.G Soares; R.F Rodrigues. *Nested Context Model 3.0: Part 1 - NCM Core*, Technical Report, Departamento de Informática PUC-Rio, May 2005, ISSN: 0103-9741.