

# Heterogeneidade e Transparência em Network Music

Flávio Luiz Schiavoni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Matemática e Estatística– Universidade de São Paulo  
Rua do Matão, 1010 - Cidade Universitária - São Paulo - SP - Brasil - CEP 05508-090

fls@ime.usp.br

***Abstract.** The use of computer networks for sharing music resources can be difficult due to heterogeneity of resources to be shared. This work provides an insight into the heterogeneity of resources for the specific case of computer music and presents a proposal to simplify the connection of heterogeneous resources in a transparent way and with different levels of granularity.*

***Resumo.** A utilização de redes de computadores para o compartilhamento de recursos musicais pode ser dificultada devido à heterogeneidade dos recursos a serem compartilhados. Este trabalho traz uma visão sobre essa heterogeneidade de recursos para o caso específico da computação musical e apresenta uma proposta para simplificar a conexão de recursos heterogêneos de maneira transparente e com níveis distintos de granularidade.*

## 1. Introdução

A utilização de vários computadores em rede permite estender a capacidade de uma única máquina por meio do compartilhamento de seus recursos computacionais. Esse compartilhamento de recursos dentro do contexto musical não é simples de ser alcançado devido à dificuldade de configuração tanto dos recursos de rede quanto dos recursos musicais. No caso de uma rede com estações heterogêneas, os recursos musicais podem possuir configurações diferentes impondo uma dificuldade a mais para seu compartilhamento. Quanto aos recursos de rede, o compartilhamento de áudio em tempo real traz dificuldades devido ao grande volume de dados que está relacionado à transferência de conteúdo musical.

Para alcançarmos o compartilhamento de recursos é necessário dispor de ferramentas que simplifiquem a configuração do sistema permitindo que seja reduzido ao mínimo o tempo desta configuração [Cáceres and Chafe, 2009b].

Neste trabalho propomos algumas soluções para alcançar a integração de recursos computacionais de maneira que esta integração seja transparente para o usuário final. Serão abordadas também as possibilidades de transparência de localização dos recursos para simplificar a conexão de máquinas remotas. Para isto, apresentaremos os conceitos de recursos e heterogeneidade e posteriormente apresentaremos as soluções propostas para a integração transparente destes recursos.

## 2. Recursos em Network Music

O compartilhamento de recursos em uma rede de computadores pode incluir tanto **recursos físicos** quanto **recursos lógicos**. Entre os recursos físicos, podemos enumerar as portas de E/S da interface de som e os dispositivos conectados à interface. Já os recursos lógicos são as portas de E/S dos software de processamento de som disponíveis em cada

máquina. Tais portas de E/S podem ser disponibilizados para o ambiente por meio de *streams* de áudio / MIDI.

Esses *streams* podem possuir um custo bastante alto para o tráfego da rede. Dados de áudio com taxa de amostragem de 48kHz e resolução de 32 bits correspondem a uma taxa de transferência de aproximadamente 1.54 Mbps. Por essa razão, situações críticas podem ser alcançadas ao imaginarmos um grande número de máquinas compartilhando recursos em uma rede de computadores. A primeira dela diz respeito à escalabilidade deste ambiente onde a quantidade de recursos na rede é limitada pela largura de banda disponível. A segunda situação diz respeito à velocidade de transmissão do recurso pois é desejável que tenhamos a menor latência possível para evitar atrasos ou perda de sincronia. A terceira diz respeito à qualidade do recurso trafegado uma vez que a perda de pacotes na rede pode ser aceitável para algumas situações musicais e proibitiva em outros, como veremos a seguir.

## 2.1. Heterogeneidade de recursos

A heterogeneidade de recursos na rede dependerá dos recursos disponibilizados em cada máquina. Os recursos compartilhados em cada nó podem possuir diferentes taxas de amostragem, resolução de representação do áudio ou tamanho de janelas de processamento. Além da heterogeneidade que pode existir entre as máquinas da rede, há situações em que pode haver configurações distintas dos recursos de uma mesma máquina permitindo que cada recurso seja configurado individualmente. Isto permitiria um ajuste mais fino nas necessidades de transmissão para cada recurso. Nestas situações, a preocupação com a largura de banda, qualidade do sinal e latência pode ser bastante variável conforme alguns cenários de uso [Cáceres and Chafe, 2009a] como enumerado a seguir:

1. A escuta entre os músicos permite uma qualidade um pouco inferior e exige um menor atraso;
2. A gravação exige a melhor qualidade possível permitindo um pouco de atraso;
3. A audiência permite um pouco de atraso e uma qualidade um pouco inferior.

Sabendo que é possível que estes cenários coexistam, a heterogeneidade pode ser utilizada para ajustar cada recurso computacional fornecido à rede de acordo com a sua funcionalidade. Isto pode ser feito independentemente da configuração local do recurso desde que o mesmo possa ser modificado localmente antes de ser enviado para a rede.

A interface de rede de cada máquina também pode trazer cenários heterogêneos para o compartilhamento de recursos. Podemos ter a heterogeneidade entre as máquinas da rede caso os nós possuam interfaces de rede com velocidades distintas. Além da heterogeneidade entre os nós, diferentes protocolos de transporte podem ser utilizados para alcançar os cenários acima enumerados. Entre os protocolos de rede que permitem o tráfego de *streams* podemos citar: RTP [Group et al., 1996], UDP [Shue et al., 1991], SCTP [Ong and Yoakum, 2002], RTSP [Schulzrinne et al., 1998] ou TCP [Padlipsky, 1982]. Estes protocolos possuem características distintas como, por exemplo, a maneira como lidam com a perda de pacotes. Protocolos que são mais flexíveis quanto a confirmação de recebimento dos pacotes tendem a ser mais rápidos porém não garantem a integridade do dado trafegado.

Outro fator que pode colaborar na configuração deste sistema heterogêneo é a utilização de algoritmos de compressão de áudio. A compressão do áudio pode diminuir o volume de dados a ser trafegado e com isto melhorar o aproveitamento da largura de banda da rede. Todavia, isto pode trazer perdas qualitativas ao sinal sonoro [Bolot and García, 1996].

### 3. Proposta de implementação

O nível de granularidade e escalabilidade de recursos aqui apresentado pode ser proibitivo para a configuração de um ambiente compartilhado. Esta heterogeneidade que varia com a adição e remoção de recursos dificultaria a configuração manual do ambiente mesmo com os participantes compartilhando o mesmo espaço físico. Assim, a proposta de implementação de tais características fará uso de ferramentas computacionais para que a configuração do ambiente possa ser transparente para o usuário.

#### 3.1. Transparência de recursos

Uma vez que temos na mesma rede nós distintos compartilhando recursos com diferentes configurações é necessário definir onde a adequação do recurso deverá ser feita. Abordaremos o problema assumindo que o nó que disponibiliza um recurso (*source*) pode definir as suas características antes de fornecê-lo ao ambiente. Caberá aos consumidores do recurso (*sinks*) se adequarem localmente para utilizar o recurso disponibilizado. Fica sob responsabilidade do nó *source* informar a maneira que o recurso está sendo disponibilizado.

Para permitir a adequação por parte do *sink*, no momento da criação do recurso, o *source* pode enviar a todos os nós do ambiente uma mensagem de controle publicando a descrição e configuração do recurso disponibilizado. Desta maneira, todos os nós podem manter uma lista com os recursos do ambiente e calcular localmente se o ambiente suporta ou não a adição de mais recursos. Quando um novo nó adentra o ambiente, o mesmo deve enviar aos demais nós as configurações de seus recursos e receber a configuração dos demais nós do ambiente.

#### 3.2. Transparência de localização

Esta troca de mensagens com a configuração dos recursos disponibilizados pode ser vista como um serviço de publicação de recursos. A utilização deste serviço pode permitir também a transparência de localização. Ao publicarem seus recursos, os nós podem publicar também suas configurações de rede como IP e nome, permitindo que o usuário possa se conectar a um nó de maneira transparente, utilizando apenas o nome associado ao seu IP.

Esta publicação de serviço pode ser vista sob óticas distintas dependendo da conexão desejada. Em uma situação de performance, ensaio, estudo ou gravação é possível utilizarmos apenas uma conexão local desconectada da Internet. Nesta situação, mecanismos como o *broadcast* da rede pode garantir a publicação dos serviços e a transparência desejada. Toda vez que um recurso novo é adicionado ou removido do ambiente, todos os nós do ambiente são avisados disto por meio das mensagens de publicação.

Caso a conexão ocorra em uma rede global podemos utilizar um servidor com IP fixo responsável por manter a lista de recursos publicados e suas localizações. Desta maneira, as informações sobre as conexões ficam à disposição dos usuários em um servidor centralizado enquanto o acesso aos recursos pode ser feito diretamente entre os nós por meio de uma conexão peer-to-peer.

### 4. Conclusão

Este trabalho apresentou o conceito de recursos em *network music* e como a heterogeneidade destes recursos pode ocorrer. Possibilidades de heterogeneidade impostas por diferentes configurações de hardware foram estendidas para heterogeneidade opcional para integrar situações distintas na comunicação de áudio em rede. O trabalho trouxe propostas

para a implementação de integração transparente de recursos heterogêneos com níveis de granularidade utilizando para isto a publicação dos recursos e serviços.

Dois níveis distintos de transparência podem ser alcançados com a utilização da publicação de serviços: transparência de recursos e transparência de localização. Estas transparências podem simplificar a integração de recursos em rede e tornar a configuração do ambiente distribuído para *network music* algo mais simples de ser feita.

## 5. Trabalhos Futuros

A continuidade deste trabalho é a implementação da proposta aqui apresentada no ambiente Medusa [Schiavoni et al., 2011], uma ferramenta que propõe um ambiente de distribuição de recursos musicais em redes de computadores. Além da implementação será feito um estudo comparativo entre os protocolos de rede aqui apresentados e também será feita uma medição de custo computacional e latência para adequação dos recursos heterogêneos.

## 6. Agradecimento

Esta pesquisa é realizada com o apoio do CNPq (proc. nº 141730/2010-2) e da FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (proc. nº 2008/08632-8).

## References

- Bolot, J.-C. and García, A. V. (1996). Control mechanisms for packet audio in the internet. In *INFOCOM '96. Fifteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer Societies. Networking the Next Generation. Proceedings IEEE*, pages 232 – 239 vol.1.
- Cáceres, J.-P. and Chafe, C. (2009a). Jacktrip: Under the hood of an engine for network audio. In *Proceedings of International Computer Music Conference*, page 509–512, San Francisco, California: International Computer Music Association.
- Cáceres, J.-P. and Chafe, C. (2009b). Jacktrip/Soundwire meets server farm. In *In Proceedings of the SMC 2009 - 6th Sound and Music Computing Conference*, pages 95–98, Porto, Portugal.
- Carôt, A., Hohn, T., and Werner, C. (2009). Netjack—remote music collaboration with electronic sequencers on the internet. In *In Proceedings of the Linux Audio Conference*, page 118, Parma, Italy.
- Group, A.-V. T. W., Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R., and Jacobson, V. (1996). RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 1889 (Proposed Standard). Obsoleted by RFC 3550.
- Ong, L. and Yoakum, J. (2002). An Introduction to the Stream Control Transmission Protocol (SCTP). RFC 3286 (Informational).
- Padlipsky, M. (1982). TCP-on-a-LAN. RFC 872.
- Schiavoni, F. L., Queiroz, M., and Iazzetta, F. (2011). Medusa - a distributed sound environment. In *Proceedings of the Linux Audio Conference*, pages 149–156, Maynooth, Ireland.
- Schulzrinne, H., Rao, A., and Lanphier, R. (1998). Real Time Streaming Protocol (RTSP). RFC 2326 (Proposed Standard).
- Shue, C., Haggerty, W., and Dobbins, K. (1991). OSI connectionless transport services on top of UDP: Version 1. RFC 1240 (Historic).