

Infraestrutura Virtualizada em Laboratórios de Computação: Novas Perspectivas de Expansão para o Ensino

Fábio Diniz Rossi, Josiane Fontoura Brandolt,
Marcelo Pedroso da Roza, Jiani Cardoso da Roza, and Rosana Wagner

Campus de Alegrete,
Instituto Federal Farroupilha
RS 377 – KM 27 – Alegrete/RS – Brasil
{fdrossi, josiane.fab, mroza, jiani, rosanawagner}@al.iffarroupilha.edu.br
<http://www.al.iffarroupilha.edu.br>

Resumo Virtualization has been on the increase of attention through the past few years. It enables the execution of many independent operational systems on an only operational system. It makes feasible a simulation of an interconnected group of machines, without the cost of an actual structure. Its use eases the system operating and data communication teaching process, since it enables practice in distributed systems using only one computer. For such, open source software were used. Throughout the following paper, an academic experience of the use of these technologies together will be presented; aiming at the practical teaching on the interconnection of devices and computational systems.

Keywords: computing education, learning infrastructure, teaching approach, virtualization

1 Introdução

Vivemos em uma era na qual, a cada momento surgem novas informações. As novas tecnologias de informação apresentam-se modificando modos de ser e pensar, e essas mudanças influem também na educação em cursos de computação. Por isso, instituições de ensino que contemplem cursos na área computacional devem ter a capacidade de renovarem suas tecnologias de apoio ao ensino, possibilitando aos seus alunos desenvolverem novos saberes rapidamente.

Dentre várias tecnologias atuais que possibilitam apoio à educação em cursos de computação, temos a virtualização, ferramenta que permite através da utilização de máquinas virtuais, portar vários sistemas operacionais coexistindo em um mesmo computador.

Uma máquina virtual [20] consiste em um *software* que cria uma camada de abstração ao sistema operacional, permitindo que outros sistemas operacionais independentes sejam executados.

As máquinas virtuais surgiram na década de 60, no IBM S/370, utilizando um modelo onde cada máquina virtual era uma cópia exata do sistema operacional

original, porém com uma capacidade de memória reduzida, e com essa noção, um computador poderia ser dividido em vários mini-sistemas mais leves e utilizando recursos tanto quanto o original [9] [3].

Atualmente, máquinas virtuais estão novamente sendo utilizadas em larga escala, pois o poder de processamento dos computadores pessoais tem aumentado significativamente, provendo portabilidade para esta tecnologia.

Com a possibilidade da emulação em um ambiente computacional junto ao alto custo em tecnologia necessário para instalação e manutenção de um ambiente de ensino de redes de computadores, cada vez mais a virtualização está sendo utilizada pela área educacional [6], mais especificamente em cursos superiores de computação.

Devido ao baixo custo de equipamentos aliado à facilidade de manutenção, simulam-se equipamentos físicos através de *softwares* (máquinas virtuais) que são facilmente reconfiguradas, proporcionando um ambiente totalmente dinâmico.

Ambientes virtuais permitem aulas práticas onde o aluno pode utilizar-se de sistemas distribuídos, ambientando-se com tecnologias de rede bastante utilizadas no mercado, bem como proporcionar uma maior fixação dos conteúdos teóricos trabalhados através de configuração e resolução de problemas reais em um ambiente em menor escala.

Veremos nesse artigo as tecnologias (*softwares*) envolvidas no desenvolvimento de redes virtuais, um estudo de caso onde foram utilizadas essas tecnologias e quais suas vantagens.

2 Tecnologias

Quando falamos de redes de computadores, não podemos deixar de falar na *internet* [8] pois consiste na maior infra-estrutura de interconexão de redes de computadores no mundo, e atualmente o *software* livre além de ser o mais utilizado nesse ambiente, vem crescendo nos últimos anos com a popularização do sistema operacional Linux.

O Linux [15] consiste em um sistema operacional de livre utilização baseado no Minix [12], que pode ser modificado para atender às necessidades de cada usuário. Foi desenvolvido com forte apelo aos serviços de rede, o que torna o Linux uma escolha natural no mercado atualmente, devido a ser um sistema robusto e sem custo.

A adoção do Linux pelas empresas deve-se basicamente ao custo/benefício pois oferece uma gama enorme de recursos que podem ser utilizados para os mais diversos fins, além do ótimo desempenho que o sistema proporciona para as aplicações empresariais, em especial aquelas relacionadas às redes.

No escopo desse artigo, onde utilizamos apenas *softwares* de livre distribuição [5], o Linux se torna perfeito, à medida que além de não ter nenhum custo e ser o que o mercado de trabalho utiliza atualmente em termos de conectividade, possibilita a instalação e configuração dos outros *softwares* necessários à criação de uma rede virtual para ensino.

Além do Linux, utilizamos um monitor de máquinas virtuais para suporte à múltiplos sistemas. Academicamente, um dos mais utilizados *softwares* de virtualização é o Xen [1], criado pela *Cambridge University*, que proporciona a execução de vários sistemas operacionais (sistemas convidados) independentes e conectados através de uma rede virtual, cada um deles executando individualmente em sua máquina virtual privada, que age como uma *sandbox*, visando manter a integridade de acesso aos dados locais de cada sistema.

As máquinas virtuais que portam os sistemas convidados, são sustentadas pelo sistema Linux com o *kernel* modificado com o *patch* do Xen, através de recompilação, e esse sistema base gerencia toda a comunicação entre os sistemas convidados bem como acessos ao *hardware*.

Podemos notar na Figura 1, que o Xen é dividido em camadas, onde na camada mais inferior temos o *hardware*, logo acima temos a camada do sistema operacional base com o Xen, que proporciona suporte à virtualização bem como o *hypervisor* que gerencia as chamadas de sistema advindas das máquinas virtuais ao *hardware*. A terceira camada é a dos sistemas operacionais, dividida entre o sistema operacional base e os sistemas operacionais convidados, e a última camada consiste na aplicação, onde encontra-se no sistema operacional base o *software* de monitoria do ambiente e no mesmo nível, sistemas operacionais convidados e suas aplicações.

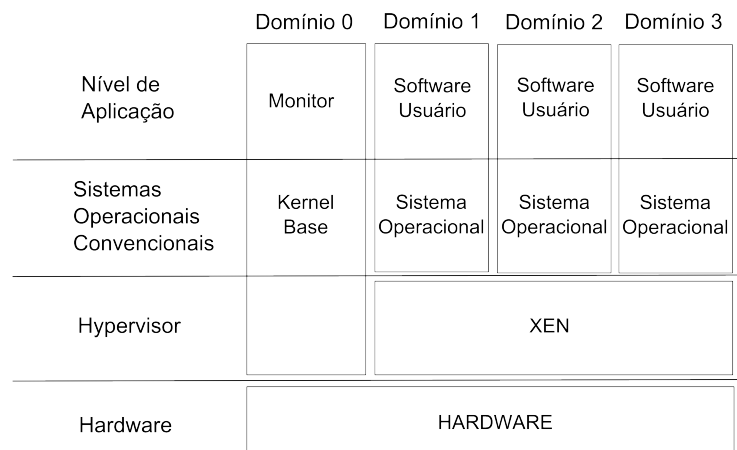


Figura 1. Arquitetura do Xen

Ainda, vemos que o sistema operacional que serve como base para a virtualização é também chamado de Domínio 0, e as máquinas virtuais que suportam os sistemas operacionais convidados são chamadas pela identificação subsequente ao Domínio 0, ou também genericamente chamados de Domínios U ou máquinas virtuais.

Após a instalação desse ambiente, já haverá comunicação entre os sistemas convidados através de uma rede virtual de pacotes que é nativa ao Xen, porém no mercado de trabalho, os alunos vão se deparar com equipamentos que controlam requisições da rede (roteadores) mais complexos, que servem para escolher a melhor rota para o envio dos pacotes da rede, bem como configurar restrições de comunicação entre os componentes dessa rede. A emulação desse equipamento é feito em um dos sistemas convidados utilizando-se o *software* Zebra.

O Zebra [21] é um *software* livre que suporta os protocolos BGP (*Border Gateway Protocol*), RIP (*Routing Information Protocol*) e OSPF (*Open Shortest Path First*), que são os protocolos de roteamento mais utilizados pelo mercado que utiliza redes baseadas em protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

Com a utilização destes vários protocolos, a instalação do Zebra torna o sistema operacional Linux mais robusto pois por padrão o roteamento do Linux é baseado em RIP, e embora seja um protocolo bastante antigo e testado, é mais adequado a redes pequenas e em pequenos sistemas autônomos, que não têm tantos caminhos redundantes que justifiquem o uso de protocolos mais sofisticados.

O Zebra atua sobre redes TCP/IP [14] promovendo roteamento via *kernel* do Linux, modificando dinamicamente a tabela de roteamento do sistema operacional e possibilitando uma redistribuição de rotas entre diferentes protocolos e sistemas.

O Zebra não é apenas importante pelos protocolos que possui, mas também porque permite simular comandos de um roteador Cisco real [4], que é um dos equipamentos mais utilizados em ligações de grande velocidade e tráfego de informações no mundo. Portanto, a utilização de sua interface de comando torna natural ao aluno a manipulação de dispositivos roteadores reais utilizados por grandes empresas, pois as sintaxes são muito próximas e em muitos tipos de configuração, idênticas.

3 Experiência Acadêmica

O ambiente proposto neste artigo foi implementado no laboratório de informática dos cursos técnicos em informática, no Campus Alegrete, integrante do Instituto Federal Farroupilha. Este laboratório contém 20 computadores, com processamento suficiente para que o monitor de máquinas virtuais Xen possa prover suporte à utilização de vários sistemas operacionais convidados, possibilitando ambientes de redes virtuais individuais em cada computador.

Como podemos notar na Figura 2, cada computador do laboratório possui como sistema base uma distribuição do sistema operacional Linux compilado com o Xen. Sobre o Xen, temos mais 4 sistemas operacionais convidados (máquinas virtuais), e em um dos sistemas operacionais convidados temos instalado o *software* de roteamento Zebra.

Geralmente, o sistema operacional convidado configurado com o Zebra é configurado nos outros sistemas operacionais convidados como *gateway* padrão, por-

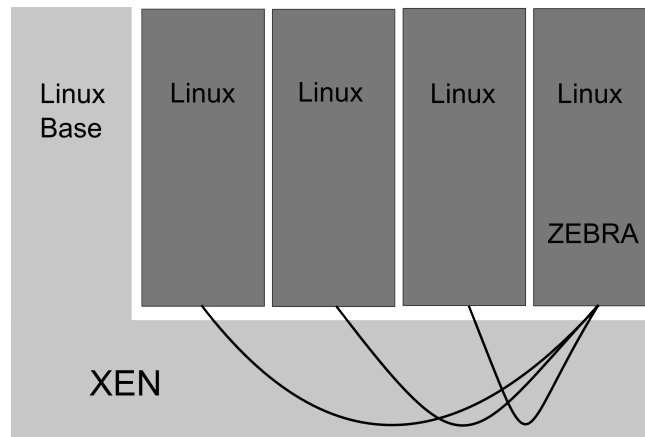


Figura 2. Ambiente Implementado

tanto todas as informações de rede passam a ser gerenciados por esse sistema, e isso facilita o entendimento da infra-estrutura de redes de computadores, pois pode-se acompanhar e controlar a comunicação de dados entre todos os sistemas do ambiente.

Ainda, se quisermos expandir o ambiente de rede de computadores para uma infra-estrutura mais complexa como um *cluster* [19] ou um *grid* [2], apenas temos que configurar os *softwares* de roteamento Zebra para se comunicarem entre todos os computadores da rede, pois o Xen possibilita além da comunicação inter-sistemas, uma comunicação entre computadores com Xen.

A simulação de ambientes complexos de redes de computadores como a computação de alto desempenho (*clusters* ou *grids*) podem ser configurados através da utilização de máquinas virtuais [7], o que permite aos alunos manterem contato com técnicas e ferramentas de programação paralela e distribuída, tais como MPI (*Message Passing Interface*) [10], bastante comuns em *clusters* de balanceamento de carga ou aplicações *bag-of-tasks* [17] que são naturais em *grids* computacionais, embora em menor escala devido as limitações físicas impostas às máquinas virtuais pelo *hardware* do laboratório.

Sendo assim, deixamos de ter apenas o ambiente com 20 computadores, que era a proposta inicial do laboratório de redes de computadores, para chegarmos a utilização de 100 sistemas operacionais interconectados (cada computador tem 1 sistema operacional base que também pode se comunicar na rede, mais os quatro sistemas operacionais convidados), abrindo um leque imenso de configurações possíveis.

4 Ensino em um Laboratório Virtual

O ensino de sistemas operacionais e comunicação de dados em uma rede virtual possibilita a reprodução de uma situação real e dessa forma permite aos alunos a

experiência prática dos efeitos de um determinado procedimento, enriquecendo assim os seus saberes à cerca do assunto.

A utilização de *softwares* que simulam um ambiente real consiste na economia de tempo e dinheiro, pois não é preciso ter laboratórios específicos de sistemas operacionais, comunicação de dados, redes de computadores e sistemas distribuídos, equipamentos de controle de redes etc., e não é preciso contratar ou treinar pessoal específico para a operação e manutenção desses laboratórios.

Enfim, os ambientes virtualizados [18] são ferramentas interessantes e que devem ser utilizadas por professores e alunos a fim de promover ganhos à educação, pois permitem simular grandes ambientes, muitas vezes não encontrados na academia, para cada aluno em seu próprio computador no laboratório. A seguir listaremos algumas vantagens encontradas durante o ensino de sistemas operacionais e redes de computadores através da utilização de ambientes virtualizados.

5 Vantagens

Embora todos os sistemas Linux sejam desenvolvidos baseados no mesmo padrão, as distribuições são adaptáveis a cada público ou necessidade empresarial, e acabam por terem características próprias para certas aplicações e apenas a prática nas diferentes distribuições de Linux desenvolve um bom administrador de sistemas. Um ambiente de virtualização de sistemas operacionais permite uma heterogeneidade de sistemas, possibilitando a interação com diversos sistemas e configurações inerentes a cada tipo de distribuição Linux.

Em um ambiente real, o parque de máquinas geralmente não é estático e na medida em que a empresa cresce a necessidade computacional aumenta, e o administrador desse ambiente deve estar apto a conectar esse novo sistema à rede. O ambiente virtualizado pode ser facilmente expandido, permitindo grande escalabilidade em tempo real, podendo-se adicionar sistemas à rede virtual sem que o ambiente como um todo pare de funcionar, como aconteceria em um ambiente de produção.

No ambiente empresarial, o aluno vai se deparar com as mais diversas topologias de rede e seria interessante que estivesse ambientado com seus funcionamentos, latências e fluxos. Em uma rede virtual existe dinamicidade em proporcionar vários cenários de redes de computadores, com as mais variadas topologias de rede existentes, possibilitando uma prática próxima a real.

Quando o aluno utiliza uma rede virtual configurada como o apresentado nesse artigo, estará em contato com a simulação de sistemas e equipamentos atuais, não sentindo assim um grande impacto entre a academia e a empresa. A prática nesse tipo de ambiente proporciona ao aluno a percepção na resolução de problemas, tornando a resolução dos mesmos automática quando encontrados em um ambiente empresarial.

Ainda, como as configurações de rede feitas pelos alunos em exercícios são configurações em sistemas operacionais reais, o ambiente se torna ideal para o ensino, pois a utilização de máquinas virtuais possibilita ao mantenedor do ambiente uma maneira ágil de voltar a configurações padrões, podendo logo após

a utilização do ambiente por uma turma de alunos, fechar máquinas virtuais com configurações alteradas e abrir máquinas virtuais sem nenhuma configuração de rede, estando assim o ambiente preparado para o ensino em uma nova turma de alunos em poucos minutos.

Não podemos esquecer que o potencial energético dos equipamentos computacionais tem aumentado nos últimos anos, e um ambiente virtualizado está de acordo com a preocupação ambiental no que se refere a utilização/redução de energia, pois possibilita um ambiente que amplia a capacidade das operações computacionais, sem causar um impacto no que se refere aos custos em manter uma grande estrutura de computadores.

A questão energética/ambiental, vista de uma maneira mais gerencial, pode ser abordado também em sala de aula, pois a maioria das corporações estão buscando soluções que permitam uma redução no consumo de energia de seus *datacenters* (atualmente chamado de *green computing*) [13] [16], e os alunos estarão ambientados com a virtualização, que surge hoje em dia como uma das melhores soluções para tal problema [11].

6 Conclusões

Cada vez mais a academia está se aproximando das necessidades do mundo produtivo, formando profissionais mais preparados para enfrentar aos desafios contemporâneos, e hoje em dia isso tem feito cada vez mais a diferença na escolha por uma universidade. Porém ainda existem cursos onde, devido a falta de recursos, não existe uma estrutura adequada que proporcione a prática em certas habilidades.

A prática aliada à teoria proporciona ao aluno uma formação mais completa, preparando os alunos para as mais diversas situações no âmbito profissional, melhorando sua capacidade de decisão. Para tanto, ambientes virtualizados surgem como um novo conceito didático no ensino de sistemas operacionais e redes de computadores, pois estimula uma evolução tecnológica.

Exercícios em uma rede virtualizada mudam a postura do ensino, onde o professor deixa de ser alguém que está passando o conhecimento, e passa a agir com um consultor que incentiva o aprendizado através de situações no ambiente virtualizado que necessitarão de reflexão por parte do aluno.

Somando-se as vantagens já citadas sobre a utilização da virtualização no ensino de redes de computadores ao baixo custo promovido pelo *software* livre, temos um ambiente de ensino estável, escalável, individual para cada aluno e sem custo adicional de estrutura.

Atualmente, estamos tendo o retorno esperado, com o contato de egressos bastante satisfeitos com essa metodologia de ensino com foco na prática de situações reais, mostrando a validade da arquitetura de sistemas operacionais e redes de computadores que foi configurada através da virtualização. Esses relatos mostraram que nossos alunos estão melhores preparados, com uma formação mais sólida, e altamente qualificados tanto para suas profissões quanto para a continuação de seus estudos.

Referências

1. Barham, P., Dragovic, B., Fraser, K., Hand, S., Harris, T., Ho, A., Neugebauer, R., Pratt, I., Warfield, A.: Xen and the art of virtualization. In: SOSP '03: Proceedings of the nineteenth ACM symposium on Operating systems principles. pp. 164–177. ACM Press, New York, NY, USA (2003)
2. Boden, T.: The grid enterprise: Structuring the agile business of the future. *BT Technology Journal* 22(1), 107–117 (2004)
3. Case, R.P., Padegs, A.: Architecture of the ibm system/370. *Commun. ACM* 21(1), 73–96 (1978)
4. Caslow, A.B., Pavlichenko, V.: Cisco Certification: Bridges, Routers, and Switches for CCIEs. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA (2000)
5. Cuéllar, L.E.: Open source license alternatives for software applications: is it a solution to stop software piracy? In: ACM-SE 43: Proceedings of the 43rd annual Southeast regional conference. pp. 269–274. ACM, New York, NY, USA (2005)
6. Davoli, R.: Teaching operating systems administration with user mode linux. In: ITiCSE '04: Proceedings of the 9th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education. pp. 112–116. ACM Press, New York, NY, USA (2004)
7. Emeneker, W., Apon, A.: Hpc virtual machine resource management. In: MG '08: Proceedings of the 15th ACM Mardi Gras conference. pp. 1–1. ACM, New York, NY, USA (2008)
8. Eugene Forsyth Provenzo, J.: Internet and the World Wide Web for Preservice Teachers. Allyn & Bacon, Inc., Needham Heights, MA, USA (1998)
9. f, R.J.: The origin of the vm/370 time-sharing system. *IBM Journal of Research and Development* 25(5), 483–490 (1981)
10. Gropp, W., Lusk, E.: Parallel programming with mpi pp. 161–197 (2002)
11. Hanselman, S.E., Pegah, M.: The wild wild waste: e-waste. In: SIGUCCS '07: Proceedings of the 35th annual ACM SIGUCCS conference on User services. pp. 157–162. ACM, New York, NY, USA (2007)
12. Hays, J.H.: An operating systems course using minix. *SIGCSE Bull.* 21(4), 11–12 (1989)
13. Landwehr, C.E.: Green computing. *IEEE Security and Privacy* 3(6), 3 (2005)
14. Loshin, P.: TCP/IP Clearly Explained, 2e. Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA (1997)
15. Nutt, G.J.: Kernel Projects for Linux. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, USA (2000)
16. Rivoire, S., Shah, M.A., Ranganathan, P., Kozyrakis, C., Meza, J.: Models and metrics to enable energy-efficiency optimizations. *Computer* 40(12), 39–48 (2007)
17. Rodrigues, C.L., Barbosa, P.E.S., Cabral, J.M., de Figueiredo, J.C.A., Guerrero, D.D.S.: A bag-of-tasks approach for state space exploration using computational grids. In: SEFM '06: Proceedings of the Fourth IEEE International Conference on Software Engineering and Formal Methods. pp. 226–235. IEEE Computer Society, Washington, DC, USA (2006)
18. Rosenblum, M.: The reincarnation of virtual machines. *Queue* 2(5), 34–40 (2004)
19. Vrenios, A.: Linux Cluster Architecture. Sams, Indianapolis, IN, USA (2002)
20. William I. Bullers, J., Burd, S., Seazzu, A.F.: Virtual machines - an idea whose time has returned: application to network, security, and database courses. In: SIGCSE '06: Proceedings of the 37th SIGCSE technical symposium on Computer science education. pp. 102–106 (2006)

21. Yuan, D., Zhong, J.: Building a cisco-feel linux router to enable students learn and configure dynamic routing protocols. In: SIGITE '07: Proceeding of the 8th ACM SIG-information conference on Information technology education. pp. 271–272. ACM, New York, NY, USA (2007)