

ARTIGO

Ambientes Experimentais para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em Tecnologia da Informação e Comunicação



Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (1990), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1994) e doutorado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2003). É professor efetivo da Universidade Federal do Pará (UFPA). Faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação desta instituição desde a criação do mesmo. Atualmente, ocupa o cargo de diretor do Parque de Ciência e Tecnologia Guamá, parceria da Universidade Federal do Pará UFPA com o Governo do Estado. Foi um dos mentores e coordenador técnico do projeto da Rede Metropolitana de Belém (MetroBel).

Antônio Jorge G. Abelém

Tecnologias da informação e comunicação (TIC) estão se tornando a peça chave das estratégias de competitividade no mundo, dada a sua característica de ser um habilitador do crescimento, desenvolvimento e modernização de um país. A recente história tem demonstrado que, para o contínuo desenvolvimento de países já evoluídos tecnologicamente, as TICs são cruciais para estes continuarem a inovar em seus processos e produtos e manterem sua competitividade. Igualmente importante, as TICs provaram ter o suporte necessário para permitir o desenvolvimento de economias emergentes, bem como na geração de uma transformação social para a obtenção de qualidade de vida. Em todo o mundo, as TICs têm permitido aos indivíduos o acesso sem precedentes à informação e conhecimento, favorecendo os serviços de educação, saúde, acesso aos mercados, de fazer negócio e de interações sociais, entre outros. Além disso,

ao aumentar a produtividade e crescimento econômico, nos países em desenvolvimento, as TICs desempenham um papel importante na redução da pobreza e melhoria das condições de vida e das oportunidades ao cidadão com baixa qualidade de vida.

Da mesma forma, nas duas últimas décadas, as redes, especialmente a Internet, têm se tornado parte da infraestrutura crítica de governos, empresas, residências e instituições de ensino e pesquisa. A atual arquitetura da Internet, projetada aproximadamente 30 anos atrás, sofreu muitas extensões nos anos recentes, para incluir novas funcionalidades, as quais não foram previstas no projeto inicial. Os principais especialistas da área agora consideram que é necessário conduzir um estudo de arquiteturas alternativas para Internet do Futuro como uma maneira realmente eficiente de resolver muitos dos problemas prementes que atualmente afligem a Internet (FARIAS et al, 2011).

A adoção de uma arquitetura alternativa pode alterar esta situação e é importante notar que a busca por tais alternativas por pesquisadores da área já começou em vários países. Entretanto, um sério obstáculo para adoção efetiva de tais inovações tem sido a inabilidade de validá-las de maneira convincente. A redução no impacto do mundo real de qualquer inovação se deve à enorme base instalada de equipamentos e protocolos e a relutância em experimentar com tráfego de produção, o que tem criado uma barreira extremamente alta para a entrada de novas ideias. Hoje, nos principais países do mundo, não existe nenhuma maneira prática de experimentar com novos protocolos de rede em cenários suficientemente realísticos para ganhar a confiança necessária para sua adoção ampla. O resultado é que a maior parte das ideias novas da comunidade de pesquisa de rede não é testada, levando à crença comumente mantida de que a infraestrutura da Internet “ossificou”.

Tendo reconhecido o problema, a comunidade de pesquisa da área está desenvolvendo soluções alternativas para pesquisa experimental em internet do Futuro (IF), usando redes para experimentação (testbeds) programáveis, tais como as de GENI nos EUA¹, AKARI no Japão², FIRE na UE³, e iniciativas semelhantes também foram lançadas mais recentemente em outras partes do mundo⁴ (BI, 2011). Muita atenção tem sido dada também à

questão de fornecer elementos de rede (roteadores e comutadores) programáveis, eficientes e a baixo custo. Uma abordagem usa hardware “comercial de loja” (COTS – commercial off-the-shelf), na forma de PCs baseados em Intel (BAVIER et al, 2011). Isto resulta num elemento de rede de baixo desempenho, à medida que seu hardware básico não está de maneira alguma otimizado para E/S e comutação de pacotes de alto desempenho. Na Stanford University, soluções para o problema de produzir elementos de rede programáveis de baixo custo e de alto desempenho aceitavelmente alto têm sido investigadas. Uma proposta inicial foi a NetFPGA, uma placa de extensão para PCs provendo E/S de alto desempenho, através de 4 portas Gigabit Ethernet (GE)(atualizáveis para portas de 10GE em modelos mais recentes)⁵. Uma contribuição mais recente e significativa envolve uma alteração arquitetural ao desenho de elemento de rede, onde hardware de comutação de alto desempenho é combinado com uma implementação baseada em tabelas do plano de controle, o qual pode ser facilmente modificado pelo usuário, neste caso, um projetista de rede experimental. A arquitetura resultante, conhecida como OpenFlow (OF)⁶ é concebida como uma extensão do projeto de elemento de rede de produção, e um número crescente de fabricantes de roteadores e comutadores já vende hardware habilitado para OF, ou tem planos avançados de fazê-lo.



¹ Global Lambda Interactive Facility. Disponível em: <<http://www.glif.is/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

² AKARI project. New Generation Network Architecture: AKARI Conceptual Design. Disponível em: <http://akari-project.nict.go.jp/eng/concept-design/AKARI_fulltext_e_preliminary.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2011.

³ Future Internet Research and Experimentation. Disponível em: <<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

⁴ CFI 2010: 5th International Conference on Future Internet Technologies (in conjunto com 2nd Future Internet Testbed & Research Workshop), June 16-18, 2010, Seoul, Korea. Disponível em: <<http://as.kaist.ac.kr/cfi10/>>. Acesso em: 3 jan. 2011.

⁵ NetFPGA. Disponível em: <<http://www.netfpga.org/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

⁶ MCKEOWN, N. et al. OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks, In: ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Volume 38, Number 2, April 2008, p. 69-74.

Redes de experimentação programáveis e virtualizadas podem baixar a barreira de custo à entrada de novas ideias, aumentando a taxa de inovação da infraestrutura de rede. A virtualização de computadores tem sido usada há muito tempo e hoje está amplamente disponível em plataformas comuns e é realizada por meio do compartilhamento de processadores e dispositivos de E/S, utilizando técnicas de fatiamento de tempo e memória virtual. A virtualização de redes é mais recente, e é conseguida pelo uso de roteadores virtuais e a multiplexação de enlaces entre eles. Várias técnicas atuais para virtualização de redes são discutidos em CHOUDHURY e BOUTABA, 2011.

O objetivo deste trabalho é apresentar a importância do

uso de ambientes experimentais no desenvolvimento de pesquisa e inovação para o futuro da Internet. Serão mostradas as principais iniciativas em desenvolvimento, com destaque para o projeto FIBRE, iniciativa brasileira, liderada pela Universidade Federal do Pará e os impactos do projeto para o Brasil e para a nossa região.

Além desta seção introdutória, o artigo é composto de mais três seções. A Seção 2 apresenta o estado da arte em instalações experimentais para a Internet do Futuro nos Estados Unidos na Europa e Brasil. A Seção 3 descreve o projeto FIBRE e a importância deste para cenário nacional e regional. A Seção 4 tece considerações finais sobre o trabalho e avalia as perspectivas de Pesquisa Experimental em Internet do Futuro.

Estado da Arte em Instalações Experimentais para a Internet do Futuro

Existe um amplo consenso de que a Internet atual sofre de várias limitações, relacionadas com a escalabilidade, o suporte a redes ad-hoc/multi-hop/mesh, a mobilidade, o consumo de energia, a transparência, e a segurança, entre outras. A abordagem destas limitações requer soluções novas e eventualmente radicais, fundamentadas num possível redesenho da arquitetura e dos protocolos de rede. Dado o volume, valor econômico e impacto da infraestrutura atualmente implantada⁷, tais mudanças só podem ser consideradas numa perspectiva de longo prazo. No entanto, novas propostas e especulações teóricas na direção destas soluções devem ser suportadas por uma infraestrutura de rede experimental e de testes de larga escala. Estas instalações experimentais podem desempenhar um papel de rede de teste (“testbed”) na condução de experimentos de provas de conceito para novas arquiteturas, protocolos, tecnologias e serviços. Uma coexistência com a rede e tráfego de produção, de maneira a poder capturar certos aspectos e fenômenos perceptíveis apenas em instalações operacionais, pode representar uma característica e facilidade chave destas redes

experimentais de larga escala. Além disso, os impactos sobre a sociedade e a economia devem ser também avaliados.

Iniciativa importante e relevante desses esforços na Europa é o programa FIRE (Future Internet Research and Experimentation)⁸, financiado pela Comissão Europeia (CE), o projeto GENI (Global Environment for Network Innovation)⁹ financiado pelo National Science Foundation (NSF), o projeto CDS (Clean Slate Design) da Universidade de Stanford¹⁰, e os projetos de design arquitetural Akari¹¹ e NWGN (New Generation Network)¹², financiados pelo Conselho Japonês para Política Científica e Tecnológica (CSTP). No âmbito destes programas, existem vários projetos de pesquisa e algumas instalações experimentais, que são compartilhadas. Em geral, todas essas infraestruturas para experimentação de novas propostas para a Internet do Futuro procuram fornecer aos pesquisadores um ambiente bem dimensionado com recursos de computação, armazenamento, sensores e outros recursos de rede (virtualizados) em “fatias” (a.k.a. slices) que podem ser programados e monitorados, apoiando assim experimentos simultâneos em vários níveis.

INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS NOS EUA

A Global Environment for Network Innovation (GENI) é a principal iniciativa americana em investigação e experimentação em Internet do Futuro. O GENI é um conjunto de infraestruturas de redes de pesquisa, dos mais variados modelos tais como: sem fio, óptico e elétrico. Patrocinada pela National Science Foundation (NSF), atualmente está em fase de desenvolvimento e prototipagem.

O objetivo do projeto GENI é montar um grande laboratório virtual em larga escala para experimentações em rede de computadores, onde a maior importância é prever e criar novas possibilidades para Internet do Futuro.

O GENI é o conjunto de grandes testbeds com várias alternativas para experimentações. Dentre estes testbeds destacam-se: PlanetLab, EmuLab e ORBIT (Figura 1).

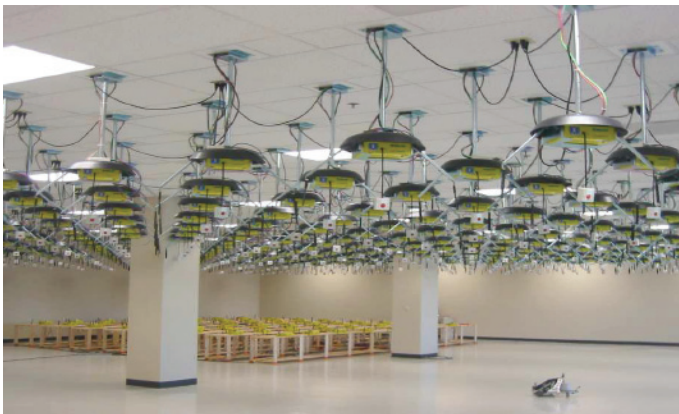


Figura 1 Testbed Indoor do ORBIT

INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS NA EUROPA

A iniciativa FIRE na Europa visa à pesquisa experimental e o financiamento de projetos que produzam infraestruturas para experimentação em Internet do Futuro. Projetos de destaque financiados pela iniciativa FIRE incluem OneLab¹³, FEDERICA¹⁴, PII¹⁵ e OFELIA¹⁶.

A iniciativa OneLab desenvolve instalações experimentais para a Internet do Futuro. OneLab provê instalações experimentais abertas, de propósito geral e compartilhadas, em larga-escala e sustentáveis que permitem à indústria europeia e academia inovar e verificar o desempenho de suas soluções, idéias e inovações. OneLab inclui PlanetLab Europa, o ambiente sem fio NITOS, e outras instalações federadas tais como PlanetLab Coréia, PlanetLab Japão, PlanetLab Central, ETOMIC, para citar algumas.

O projeto FEDERICA tem criado uma infraestrutura de tecnologia de rede agnóstica em escala europeia baseada em enlaces Gigabit Ethernet, equipamentos de transmissão e nós de computação (com capacidade de virtualização), para apoiar as atividades de experimentação em novas arquiteturas e protocolos para a Internet do Futuro.

7 Global Lambda Interactive Facility. Disponível em: <<http://www.glif.is/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

8 Future Internet Research and Experimentation. Disponível em: <<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

9 Global Lambda Interactive Facility. Disponível em: <<http://www.glif.is/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

10 Stanford University Clean Slate. Disponível em: <<http://cleanslate.stanford.edu/>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

11 AKARI project. New Generation Network Architecture: AKARI Conceptual Design. Disponível em: <http://akari-project.nict.go.jp/eng/concept-design/AKARI_fulltext_e_preliminary.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2011.

12 NWGN New-Generation Network. Disponível em: <http://nwgn.nict.go.jp/activity_e.html>. Acesso em: 12 jan. 2011.

13 OneLab Future Internet TestBeds. Disponível em: <<http://www.onelab.eu/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

14 FEDERICA. Disponível em: <<http://www.fp7-federica.eu/>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

15 PANLAB – Pan European Laboratory Infrastructure Implementation. Disponível em: <<http://www.panlab.net>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

16 OFELIA. Disponível em: <<http://www.fp7-ofelia.eu/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

O objetivo principal do projeto PII é criar uma federação de instalações experimentais entre diferentes polos de inovação regional na Europa. Isso permite que as empresas participantes possam testar novos serviços de comunicação e aplicações na Europa como um todo.

O projeto OFELIA mais recente, visa fornecer instalações experimentais com capacidade de experimentação baseada em tecnologia OpenFlow para experimentadores, pesquisadores e projetos de maneira geral. A infraestrutura federada pelo OFELIA inclui “ilhas” OpenFlow (vide Figura 2) na Bélgica, Alemanha, Espanha, Suíça e Reino Unido.

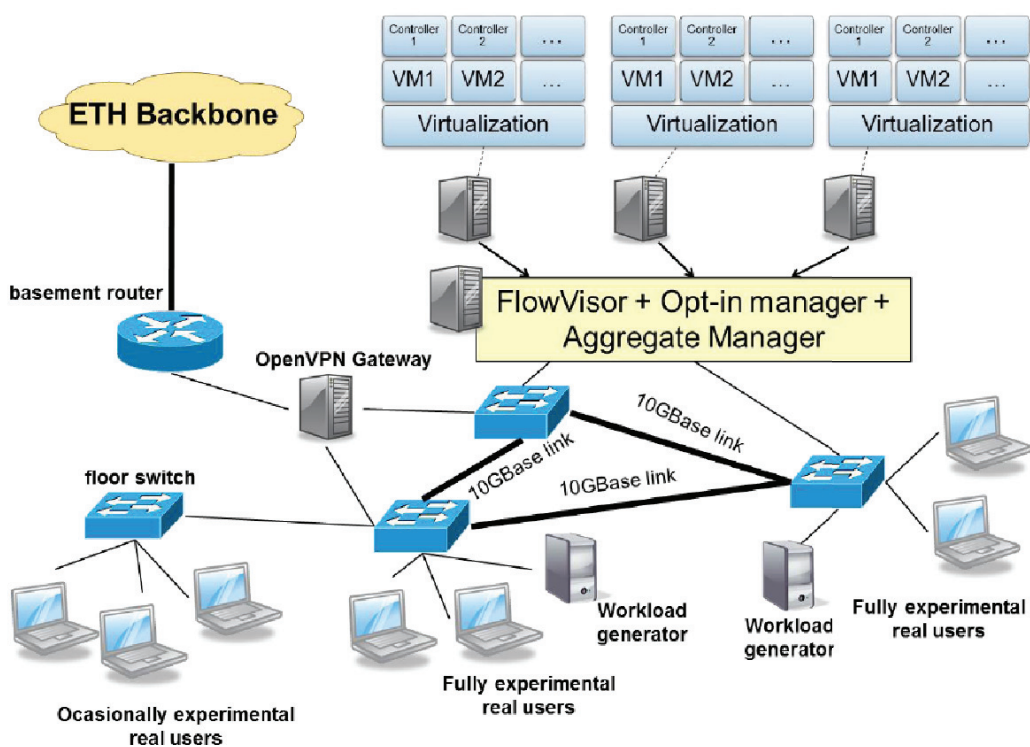


Figura 2 Estrutura de uma “ilha”, baseada em OpenFlow no projeto OFELIA

INSTALAÇÕES EXPERIMENTAIS NO BRASIL

O primeiro desses projetos a destacar é o projeto de pesquisa e desenvolvimento GIGA e suas instalações experimentais em grande escala conhecido como rede GIGA, coordenado conjuntamente pelo CPqD e a RNP (SCARABUCCI, 2005). O projeto GIGA atualmente se concentra em redes ópticas e definidas por software, e deverá ser atualizado em breve com comutadores OpenFlow de 10G (o primeiro na América do Sul) e uma solução aberta (“open-source”) de roteamento de pacotes (o primeiro do mundo e neste momento disponível para parceiros selecionados nos EUA e no Brasil) que roda sobre o NOX para controlar o encaminhamento de pacotes em redes com tecnologia

OpenFlow habilitada.

A rede GIGA conecta mais de 66 laboratórios de 23 instituições da Região Sudeste do Brasil, e está conectada com a rede nacional de ensino e pesquisa (Rede Ipê) e, através desta, se interliga com redes de pesquisa e ensino em todo o mundo. A rede GIGA mantém um nó GENI (ou seja, servidores) no CPqD. Tanto o CPqD quanto a RNP assinaram um acordo de colaboração com a BBN, no âmbito do projeto GENI, para compartilhar suas instalações experimentais. O CPqD e a RNP têm participando da submissão de duas propostas para o espiral 3 do GENI (ainda sob avaliação) que, se aprovado, vai aumentar a colaboração entre os projetos e o compartilhamento de recursos de rede.

O segundo projeto de destaque é o projeto Web Science¹⁷, apoiado pelo CNPq. O projeto Web Science começou efetivamente em 2010, e o subprojeto de Arquiteturas para a Internet do Futuro envolve a RNP e 04 Universidades, entre elas a Universidade Federal do Pará, parceiras com experiência em redes ópticas e sem fio, estudos de simulação e emulação e monitoramento de rede. Um dos primeiros objetivos do projeto é estabelecer ilhas experimentais nos laboratórios de cada parceiro e interligá-las em camada 2 através das redes de Ipê e GIGA.

Já no contexto regional, a implantação e ativação da Rede Metropolitana de Ensino e Pesquisa de Belém, MetroBel¹⁸, em maio de 2007, mudou substancialmente a qualidade do serviço de comunicação proporcionado para os usuários das Instituições de Pesquisa e Ensino de Belém e serviu de referência para iniciativas semelhantes nas demais capitais do País, através do projeto Redecomep¹⁹. A MetroBel teve apoio financeiro do MCT, através do fundo setorial CT-Amazônia, com a grência da RNP e FINEP e coordenação local da UFPA, através de nosso grupo de pesquisa. Ela interliga as 12 principais instituições públicas e privadas de ensino e pesquisa de Belém e Ananindeua permitindo a redução de custos com serviços de telecomunicações.

Além disso, a MetroBel tem potencial para se tornar um importante ambiente experimental, permitindo que parti-

cipantes destas instituições possam realizar experimentos e colaborar de maneira mais efetiva através de aplicações avançadas que necessitam de infraestrutura de rede de alta capacidade. Desta forma, a MetroBel se identifica como um importante veículo propulsor de transformação na sociedade acadêmico-científica local.

O Projeto FIBRE

Coordenado pelo Universidade Federal do Pará, através do Grupo de Pesquisa em Redes de Computadores e Comunicação Multimídia (GERCOM)²⁰, o projeto FIBRE, aprovado no edital de Chamadas Coordenadas Brasil-União Europeia em TIC do CNPq e da CE no seu 7º Programa Quadro (FP7), representa a primeira colaboração direta em IF entre parceiros brasileiros e europeus, mas ambos os lados já têm entendimentos e colaborações anteriores com iniciativas internacionais em outras partes do mundo.

O objetivo principal do projeto FIBRE é a concepção, implementação e validação de uma infraestrutura compartilhada de pesquisa em Internet do Futuro que suporte a experimentação conjunta de pesquisadores europeus e brasileiros. Para alcançar este objetivo o projeto executará cinco atividades principais:

> O desenvolvimento e a operação de uma nova instalação experimental no Brasil, incluindo a instalação de equipamentos de apoio à experimentação em diversas tecnologias (camada fixa 2 e camada 3, camada sem fio, camada óptica), bem como a concepção e a implementação de um arcabouço de controle para automatizar o uso e a operação da instalação experimental.

> O desenvolvimento e a operação de uma instalação experimental na Europa a partir de melhorias e da federação de duas infraestruturas experimentais existentes: OFELIA e OneLab. Duas ilhas OFELIA (i2CAT e UEssex) e a instalação experimental NITOS da UTH serão melhoradas pela i) inclusão de mais recursos físicos (servidores, switches OpenFlow e pontos de acesso sem fio) para poder lidar com um número maior de usuários e de casos de uso, ii) pela evolução dos seus arcabouços de controle (baseado no Expedient e no OMF) e iii) pela incremento da força de trabalho para operar as instalações experimentais.



¹⁷ Web Science Brazil. Disponível em: <<http://webscience.org.br/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

¹⁸ MetroBel. Disponível em: <<http://www.pop-pa.rnp.br/metrobel/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

¹⁹ Redecomep. Disponível em: <<http://www.redecomep.rnp.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

²⁰ GERCOM UFPA. Disponível em: <<http://www.gercom.ufpa.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

> A federação das instalações experimentais brasileiras e europeias, tanto no nível de conectividade física quanto no nível de arcabouço de controle, para apoiar o provisionamento de fatias de rede usando recursos das instalações das duas regiões.

> A concepção e a implementação de aplicações piloto de utilidade pública para demonstrar o potencial da instalação experimental em Internet do Futuro de larga escala compartilhada entre Europa e Brasil que foi desenvolvida.

> Aumentar a colaboração e troca de conhecimento entre pesquisadores europeus e brasileiros no campo de Internet do Futuro.

O ambiente de teste brasileiro, o qual será projetado e construído no projeto, incluirá localidades (também conhecidos como ilhas) em cada um dos nove parceiros brasileiros neste projeto. A Figura 3 mostra as localizações geográficas das ilhas brasileiras, das quais seis (incluindo a sede da RNP) são na Região Sudeste, e uma em cada uma das Regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste. A Região Norte inclui 45.27% do território nacional, incluindo a floresta amazônica, onde as soluções cabeadas tradicionais de comunicações e transmissão de energia elétrica são frequentemente difíceis ou impossíveis de se usar. O GERCOM na UFPA tem estudado soluções customizadas para comunicações no ambiente da floresta tropical e traz esta experiência e sua instalação experimental para este projeto.

Estas localidades serão interconectadas utilizando canais privados (de camada 2) por meio das redes de longa distância e metropolitanas à disposição da comunidade de pesquisa e educação brasileira. Estas incluem a rede backbone nacional Ipê da RNP, a rede para experimentação, GIGA, mantida conjuntamente pela RNP e CPqD. As redes metropolitanas da RNP, entre elas a Rede MetroBel, serão usadas para acesso quando necessário e conexões internacionais RNP fornecerão acesso a outros ambientes de teste internacionais, tais como de OFELIA e de NITOS, para fins de federação.

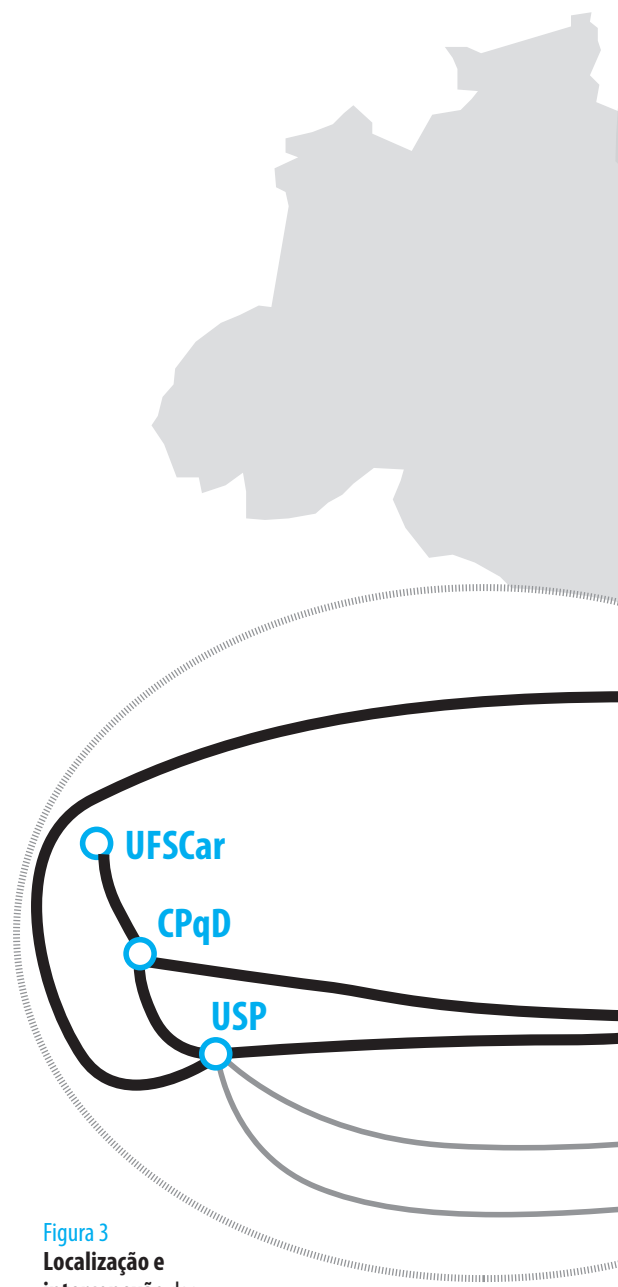
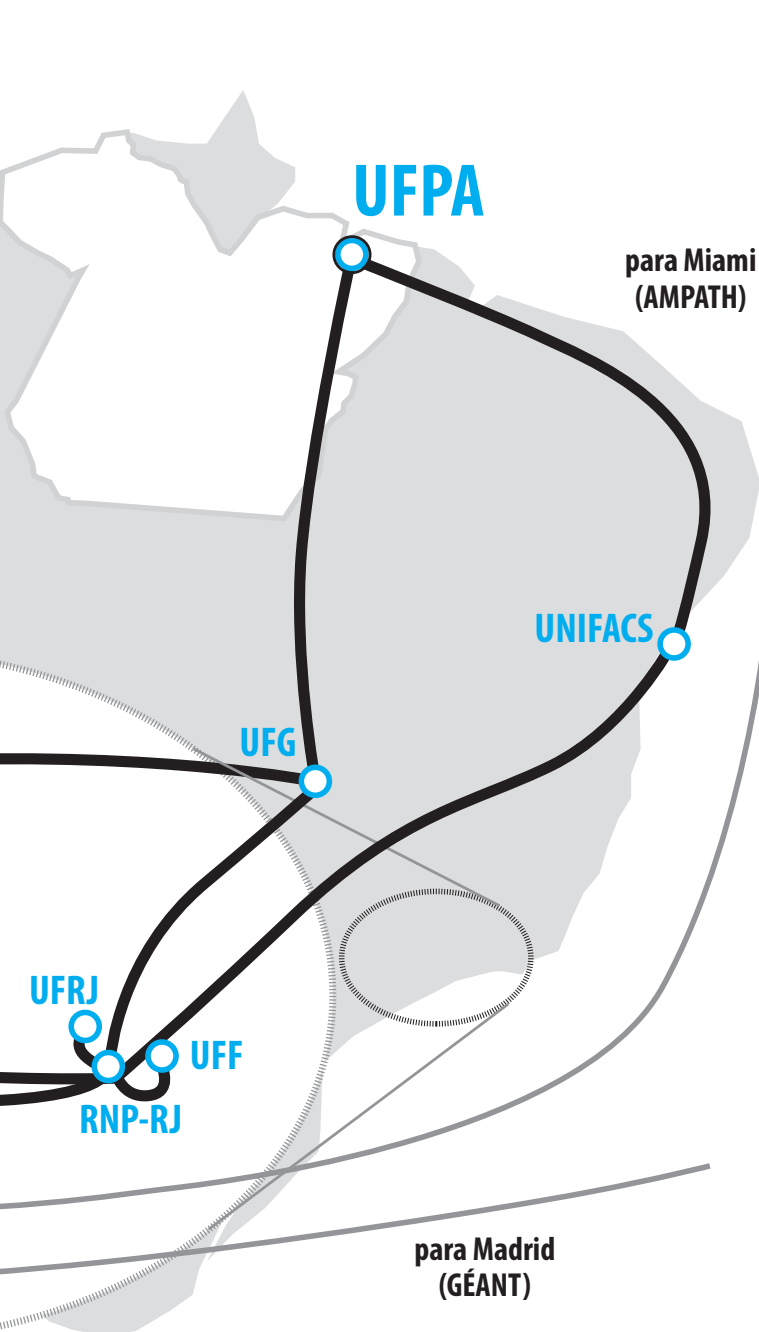


Figura 3
Localização e
interconexão das
instalações no Brasil



Cada ilha terá um núcleo comum de computadores habilitados para OF, alguns baseados em NetFPGA e outros em comutadores de qualidade de produção, conjuntamente com seu(s) controlador(es), bem como um cluster de servidores de computação e armazenamento e outro cluster de nós sem fio Orbit, ambos apropriadamente virtualizados. Cada ilha proporá suas próprias extensões possíveis, integrando recursos específicos da ilha ao FIBRE, tais como redes de acesso sem fio (WiFi, WiMax, 3G/4G), equipamentos habilitados para OF, redes ópticas ou instalações ainda mais complexas com recursos heterogêneos e suas próprias arcabouços de controle (por exemplo, um cluster Emulab na USP²¹). A Figura 4 ilustra uma ilha FIBRE, suas instalações comuns e exemplos de recursos específicos da ilha, bem como opções de conectividade externa.

Desenvolvimento de software incluirá um arcabouço de monitoramento e controle (CMF – control and management framework), incluindo capacidades de medição de desempenho semelhantes a perfSONAR²², e suporte para federação com outras ambiente de teste, incluindo aqueles dos parceiros europeus deste projeto.

O projeto FIBRE pode ser visto como único a partir de diferentes perspectivas. Primeiro, pela inovação de prover federação entre instalações de menor escala entre a Europa e o Brasil visando o atendimento de uma escala de experimentação intercontinental. Segundo, porque o FIBRE habilita um conjunto de experimentações multi-tecnologia e multi-camada numa escala também intercontinental. Este aspecto único torna-se possível pelos avanços no estado da arte em programabilidade, virtualização (ex.: camada óptica), monitoração e federação que o projeto FIBRE proverá.



²¹ Emulab - Network Emulation Testbed. Disponível em: <<http://www.emulab.net/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

²² perfSONAR. Disponível em: <<http://www.perfsonar.net/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

Considerações Finais e o Futuro em Pesquisa Experimental em Internet do Futuro

Observa-se que a Internet atual não conseguirá sustentar todos os desafios que lhe são impostos, por isso a remodelagem de sua arquitetura é um fato nesta próxima década. O processo de análise e desenvolvimento desta nova arquitetura já começou em muitos países com iniciativas GENI e FIRE.

Neste contexto, a virtualização tornou-se a principal ferramenta para pesquisa de desenvolvimento e habilitação da Internet do Futuro em todas as comunicações ou camadas computacionais dessas grandes infraestruturas. Com o uso da virtualização na construção desses testbeds foi possível desacoplar a complexidade dos recursos físicos dos serviços oferecidos e apresentar simples interfaces com usuário, em localizações geográficas distintas e independentes de dispositivo de acesso.

O framework OpenFlow é umas dessas soluções, pois provê um protocolo aberto para programação do comportamento de fluxos de pacote em diferentes switches e roteadores. A rede contendo OpenFlow pode ter o tráfego particionado entre tráfego de produção e tráfego de experimentação, de maneira que pesquisadores possam controlar seus próprios fluxos. A rede de produção permanecerá isolada e processada da mesma maneira que antes do uso do OpenFlow.

A implantação de novas instalações experimentais no Brasil através do projeto FIBRE e a federação com instalações europeias oferecerão uma valiosa infraestrutura, extremamente útil para a avaliação e análise comparativa de algoritmos inovadores, técnicas e abordagens para as redes do amanhã. Esta infraestrutura será acompanhada por um arcabouço concreto de experimentação, prototipagem, metodologias de avaliação

de desempenho e ferramentas de software.

Pesquisadores, tanto da academia quanto da indústria, serão incentivados a usar a plataforma de experimentação FIBRE para conduzir pesquisas inovadoras e desenvolvimento de protótipos. Portanto, os equipamentos adquiridos e o software/conhecimento desenvolvido ao longo do projeto não serão inutilizados após a conclusão do projeto. Pelo contrário, eles constituem um investimento a ser utilizado para pesquisas em redes do futuro, tanto como parte de projetos futuros relacionados ou como pesquisa independente realizada no meio acadêmico/institutos de pesquisa e em departamentos industriais de P&D. No caso brasileiro, o ambiente de teste FIBRE-BR deverá se tornar o núcleo de uma iniciativa experimental nacional em IF, nos moldes de GENI, a ser expandida e mantida como um serviço de laboratório, provavelmente pela RNP. O impacto para o meio acadêmico e institutos de pesquisa participantes do projeto será multilateral. Estudantes de pós-graduação serão motivados a realizar pesquisas de redes orientadas a experimentação que conduzirá a teses relacionadas de mestrado e/ou de doutorado.

Os institutos poderão reforçar as suas atividades de pesquisa e aumentar o seu prestígio internacional através da publicação dos resultados do projeto em conferências altamente reputadas e periódicos. Parceiros acadêmicos podem oferecer cursos avançados de rede em seus currículos e familiarizar os estudantes com o material de estado-da-arte e com a cultura da experimentação crescente rapidamente entre os pesquisadores da rede.

Referências

AKARI project. New Generation Network Architecture: AKARI Conceptual Design. Disponível em: http://akari-project.nict.go.jp/eng/concept-design/AKARI_fulltext_e_preliminary.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2011.

BAVIER, A. et al. (2006), "In VINI Veritas: Realistic and controlled network experimentation", In: Proc. ACM SIGCOMM, Setembro 2006.

BI, Jun. Future Internet related Research Activities in China. Disponível em: <<http://www.apan.net/meetings/Hanoi2010/Session/Slides/FutureInternet/3-1.pdf>>. Acesso em: 4 jan. 2011.

CFI 2010: 5th International Conference on Future Internet Technologies (in conjunto com 2nd Future Internet Testbed & Research Workshop), June 16-18, 2010, Seoul, Korea. Disponível em: <<http://as.kaist.ac.kr/cfi10/>>. Acesso em: 3 jan. 2011.

FARIAS, Fernando N, et al. Pesquisa Experimental para Internet do Futuro: Uma Proposta Utilizando Virtualização e Framework Openflow. In: Livro de Minicursos do SBRC. 1 ed. Porto Alegre: Editora da SBC, 2011, v. 1, p. 1-61.

CHOUDHURY, N.M.M.K, BOUTABA, R. A survey of network virtualization, In: Computer Networks, Volume 54, Março 2010, p. 862-876.

MCKEOWN, N. et al. OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks, In: ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Volume 38, Number 2, April 2008, p. 69-74.

SCARABUCCI, R.R., et al. Project GIGA – High-speed Experimental Network", In: First International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the DEvelopment of NeTworks and COMmunities (TRIDENTCOM'05), Trento, Itália, 02/2005, p. 242-251.

SITES CONSULTADOS

Emulab - Network Emulation Testbed. Disponível em: <<http://www.emulab.net/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

FEDERICA. Disponível em: <<http://www.fp7-federica.eu/>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

Future Internet Research and Experimentation. Disponível em: <<http://cordis.europa.eu/fp7/ict/fire/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

GERCOM UFPA. Disponível em: <<http://www.gercom.ufpa.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

Global Environment for Network Innovations. Disponível em: <<http://www.geni.net/>>. Acesso em: 29 dez. 2010.

Global Lambda Interactive Facility. Disponível em: <<http://www.glif.is/>>. Acesso em: 12 jan. 2012.

MetroBel. Disponível em: <<http://www.pop-pa.rnp.br/metrobel/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

NetFPGA. Disponível em: <<http://www.netfpga.org/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

NWGN New-Generation Network. Disponível em: <http://nwnn.nict.go.jp/activity_e.html>. Acesso em: 12 jan. 2011.

OFELIA. Disponível em: <<http://www.fp7-ofelia.eu/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

OneLab Future Internet TestBeds. Disponível em: <<http://www.onelab.eu/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

PANLAB – Pan European Laboratory Infrastructure Implementation. Disponível em: <<http://www.panlab.net>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

perfSONAR. Disponível em: <<http://www.perfsonar.net/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.

REDECOMEP. Disponível em: <<http://www.redecomep.rnp.br/>>. Acesso em: 10 mai. 2012.

Stanford University Clean Slate. Disponível em: <<http://cleanslate.stanford.edu/>>. Acesso em: 12 jan. 2011.

Web Science Brazil. Disponível em: <<http://webscience.org.br/>>. Acesso em: 29 dez. 2011.