

# Panorama sobre Testbeds no Mundo

## Outubro 2007

Tereza Cristina M. B. Carvalho  
Universidade de São Paulo – USP, Brazil  
<*carvalho@larc.usp.br*>

Michael Stanton  
Rede Nacional de Ensino e Pesquisa do Brasil - RNP  
<*michael@rnp.br*>

# Agenda

- Tendências:
  - Fibra apagada, Serviços de Circuitos
- Infra-estrutura de rede híbrida
  - Argumentos para adoção de arquitetura híbrida
  - Exemplos
- Características das Redes Experimentais Mundiais.
  - Integração de Planos de Controle

# Impacto de redes ópticas

- Novas tecnologias de transmissão e comutação ópticas permitem redução significativa nos custos de construir e operar redes para pesquisa e educação.
- Importantes redes de P&E estão adotando uma arquitetura de rede baseado em fibra escura e/ou lambdas
  - Exemplos:
    - Redes nacionais e regionais nos EUA, CA, JP, KR e mais de 15 países da EU, além da GEANT2
- Isto apresenta alternativas de operação de serviços de rede nos níveis 1 (físico), 2 (enlace) e 3 (rede)
- A escolha do nível do serviço dependerá da aplicação

# Como será a rede da próxima geração?

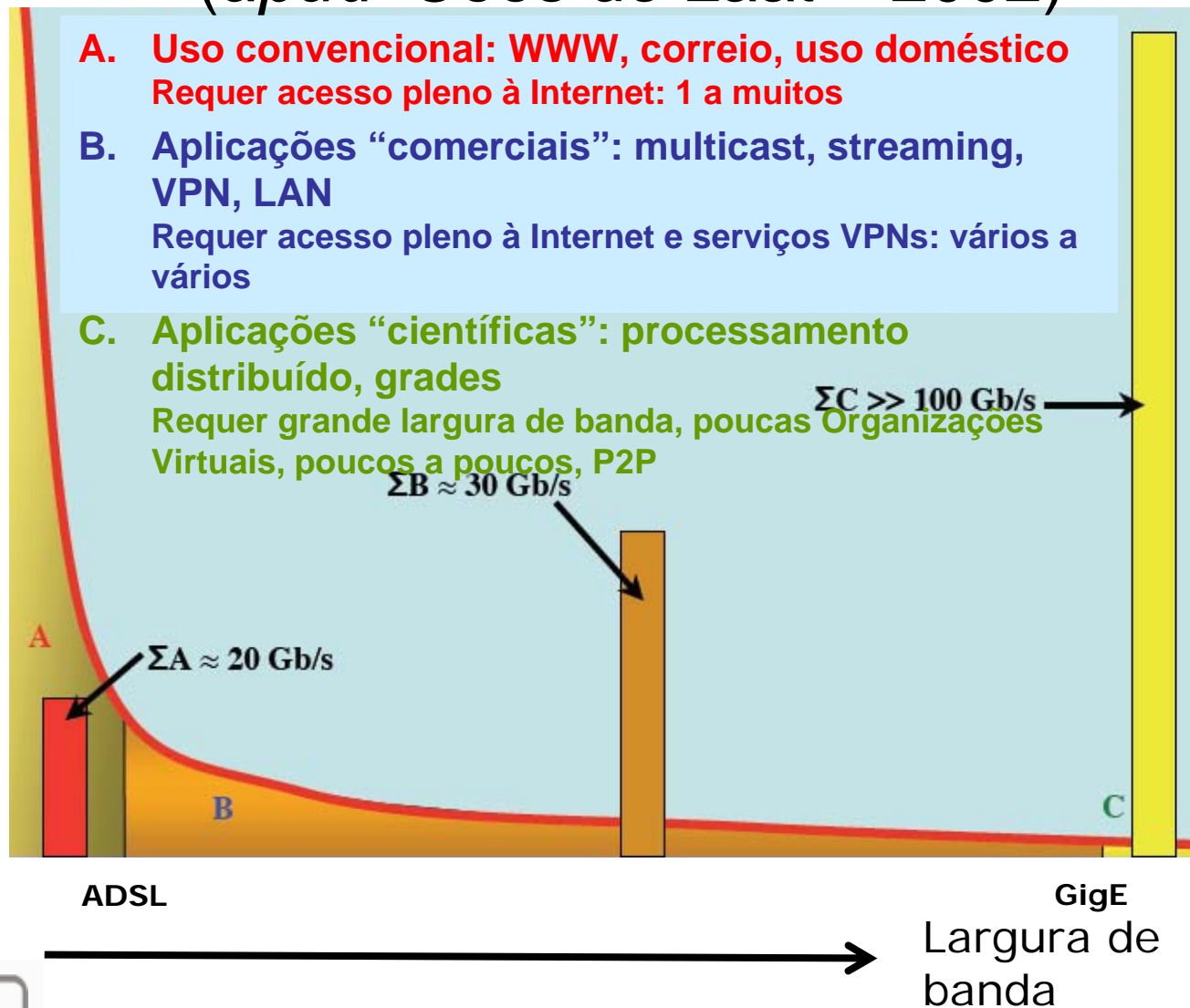
## Uma nova classe de usuário de alto desempenho

- Acesso a redes de longa distância de múltiplos Gbps possibilitou uma nova classe de usuários, que lidam com processamento distribuído de alto desempenho
- Características típicas incluem:
  - transferência de grandes volumes de dados de sensores remotos
  - visualização remota
  - processamento paralelo usando tecnologias de grade
  - transmissão de imagens e de vídeo de muito alta definição
- Para estes usuários, um canal de dados fim a fim terá tipicamente pelo menos 1 Gbps de capacidade
- Exemplos: meteorologia/clima, geociências, telemedicina, física de altas energias, astrofísica, etc

# Categorias de usuários

(*apud* Cees de Laat – 2002)

No. de usuários



# As alternativas

## **roteador N3 X comutador N2 X comutador N1 (óptico)**

- Para a mesma vazão (10 Gbps) o custo comparativo por porto em US\$ são:
  - roteador N3: 75 a 300 K\$
  - comutador N2: 5 a 10 K\$
  - MEMS (óptico): 0,5 a 1,5 K\$
  - ou seja  $\text{custo N1} \cong 0,1 \times \text{custo N2} \cong 0,01 \times \text{custo N3}$
- **Para otimizar custos, deveríamos adotar uma arquitetura híbrida que sirva a todas categorias de usuário de maneira mais econômica:**
  - mapear categoria A para N3
  - mapear categoria B para N2
  - mapear categoria C para N1
- **“Dê a cada pacote na rede o serviço que necessita, mas nada a mais do que isto!” (Kees Neggers/Cees de Laat)**

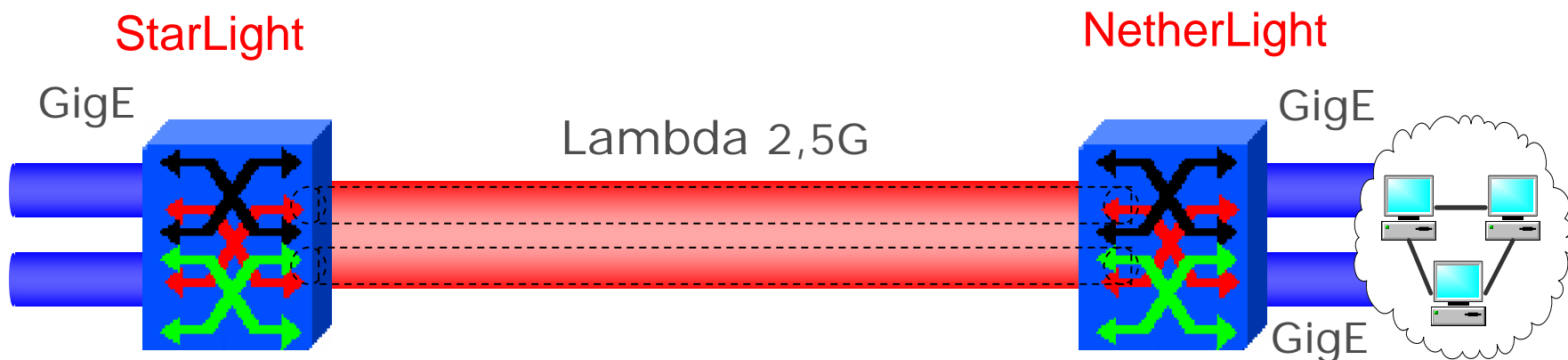
# Implicações

- Deve-se evitar roteamento N3 sempre que possível
  - se possível, roteadores N3 deveriam ser interconectados por uma nuvem de conectividade N2 ou, ainda melhor, uma nuvem L1
  - para usuários da categoria 3, a solução ideal não usa roteamento N3
- Comutação N1 (óptica) é preferível à comutação N2, sempre que possível
- Exemplos:
  - multiplexação de canais GigE em lambdas
  - demo da iGrid2002: Amsterdam  $\leftrightarrow$  Vancouver
  - Surfnet5 na Holanda
  - nuvens de interconectividade L2 nos EUA
  - nuvem de interconectividade L2 em São Paulo
  - comutação óptica – GLIF
  - redes híbridas – Internet2/HOPI e Surfnet6

# 2001: Início de redes de lambdas

(por K. Neggers)

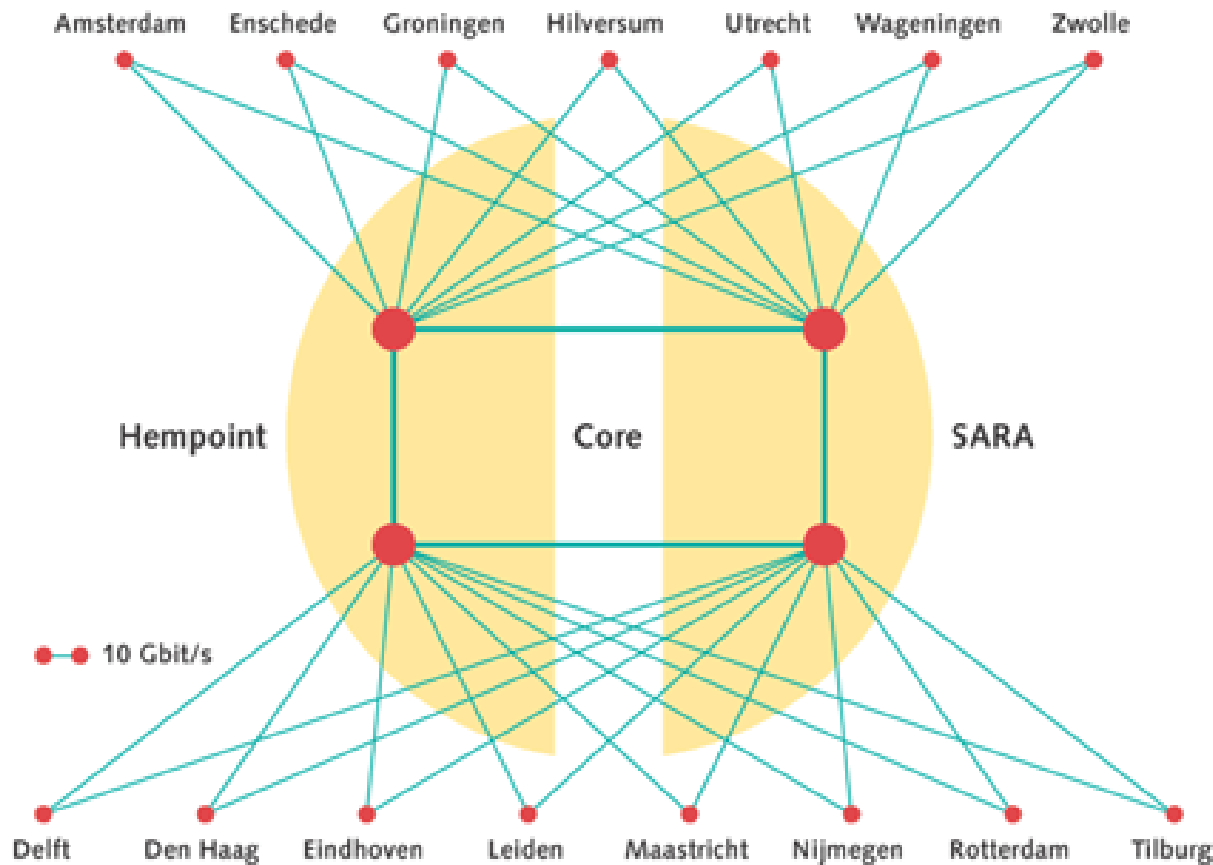
- Lambda de 2,5Gbit/s adquirido por SURFnet entre StarLight, Chicago, EUA e NetherLight, Amsterdã, Holanda
- Lambda terminado em multiplexadores ONS15454 da Cisco,
  - lado WAN: enquadramento SONET: OC48c
  - lado LAN: interfaces GigE a clusters de computadores

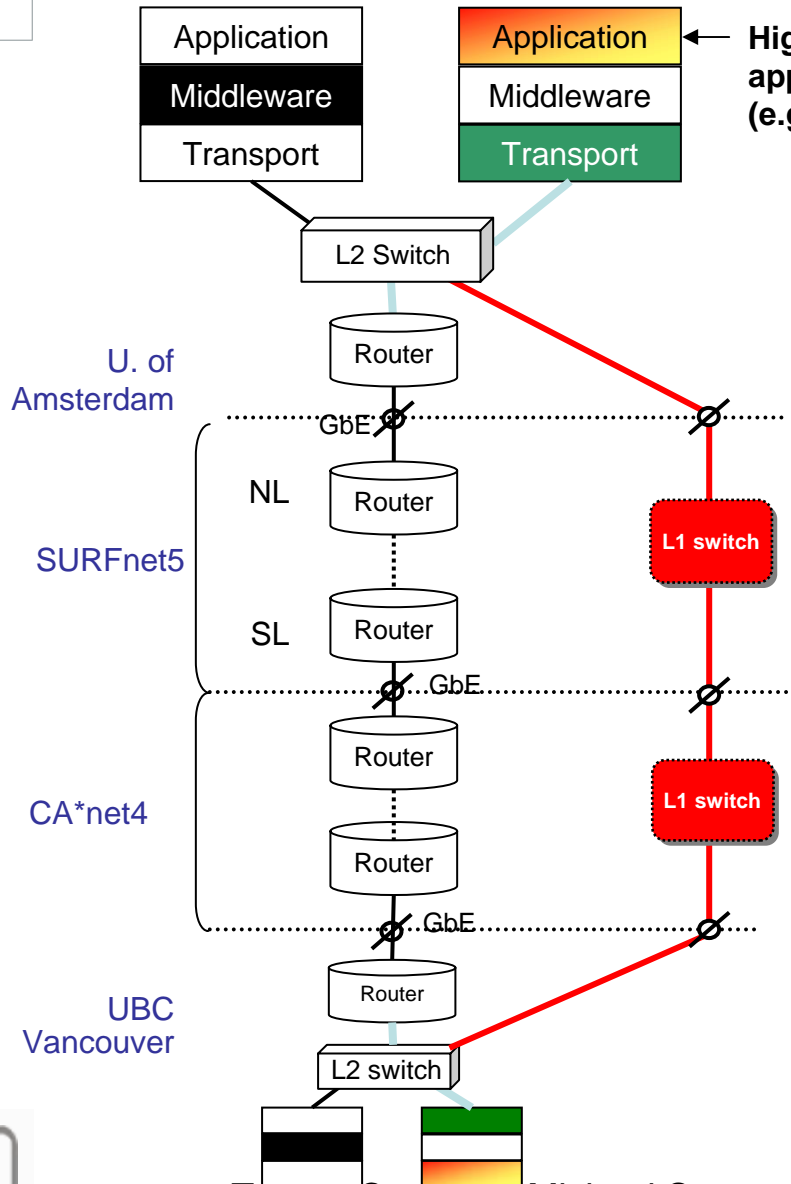




# Surfnet5 na Holanda (poucos roteadores L3)

- Rede usava 4 roteadores de núcleo em 2 pontos distintos de Amsterdã (SARA e Hempoint)
- Cada universidade usava dois canais de 10 Gbp, um para SARA, o outro para Hempoint
- Qualquer tráfego interuniversitário passava por apenas dois roteadores





- Cenário de caminho de luz fim a fim para aplicações de alto desempenho:
  - não utiliza a rede de roteamento de pacotes
  - caminho de luz fim a fim é solicitado através de middleware
- Justificativa:
  - Reduzir o custo de transporte por pacote

Fonte: Cees de Laat/Tom DeFanti (Translight)

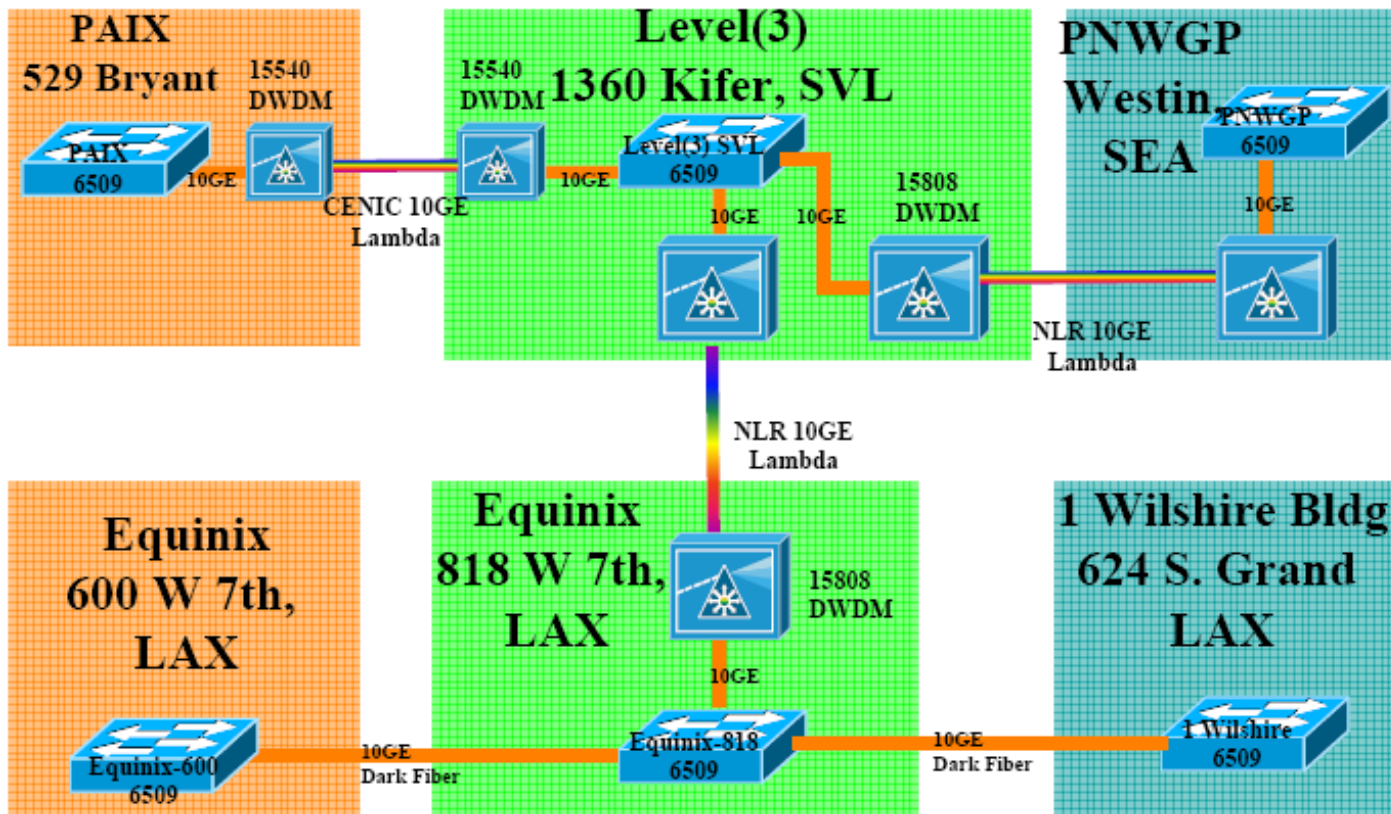
# Pacific Wave: um ponto distribuído de interconexão N2

(por C. Anderson)

Um ponto distribuído de interconexão em Los Angeles, CA, e Seattle, WA

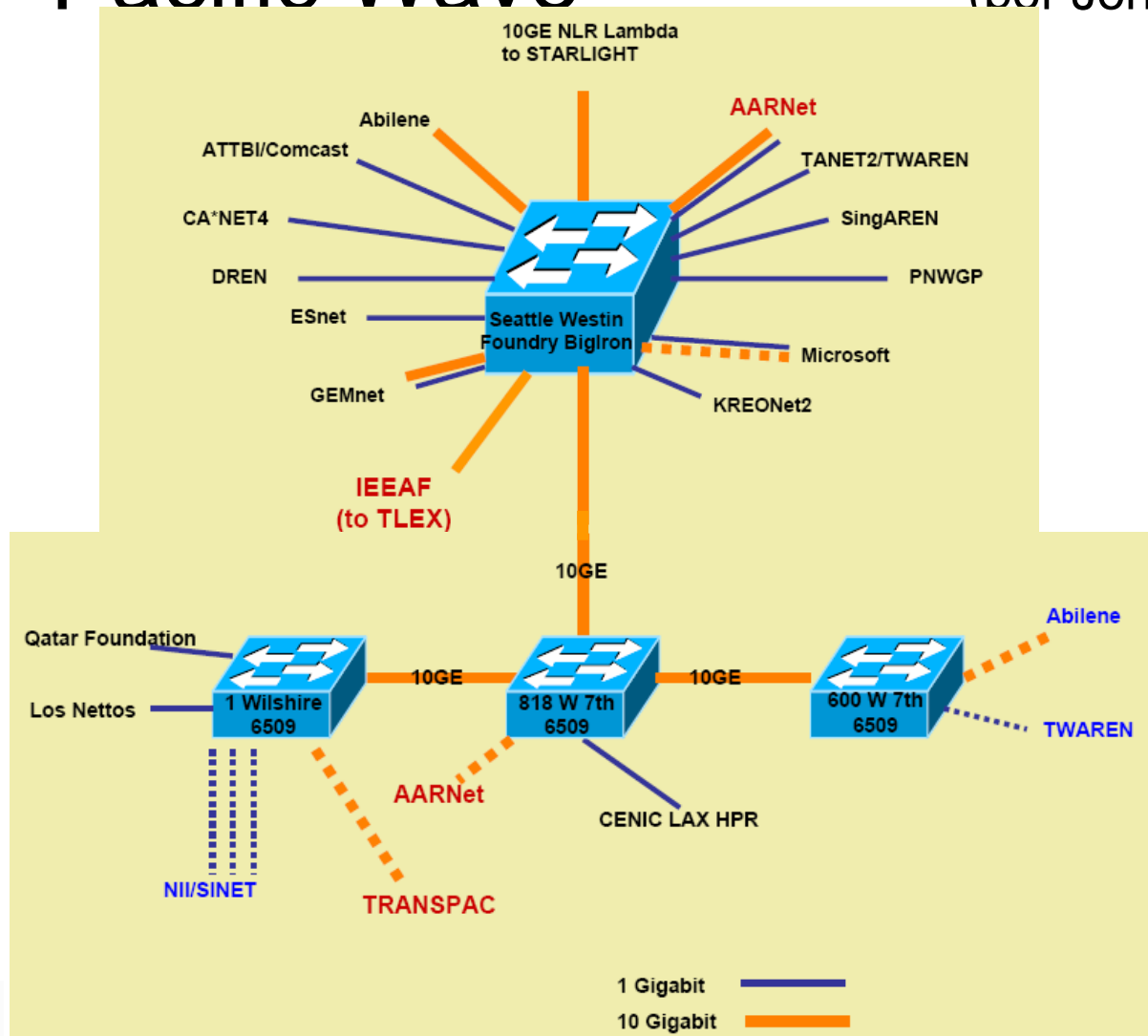
Comutadores N2 em 6 pontos constituem uma nuvem N2.

Qq par de roteadores N3 conectados a esta nuvem podem trocar tráfego



# Troca de tráfego através de Pacific Wave

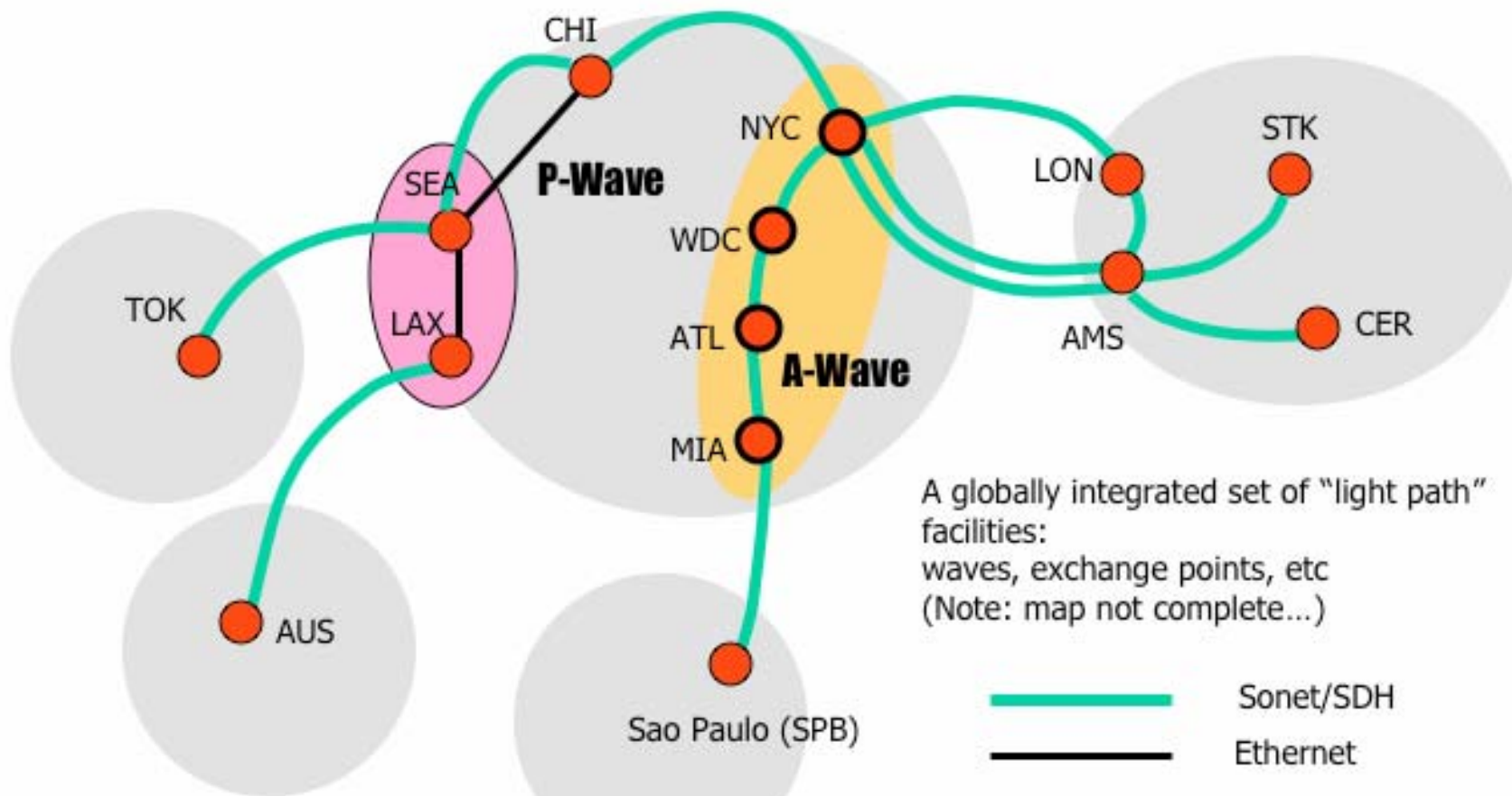
(por John)



Tereza Carvalho, Michael Stanton - Panorama sobre TestBeds Mundiais, Outubro 2007

## N2 (por Don Rilev)

É possível eliminar roteamento transcontinental N3



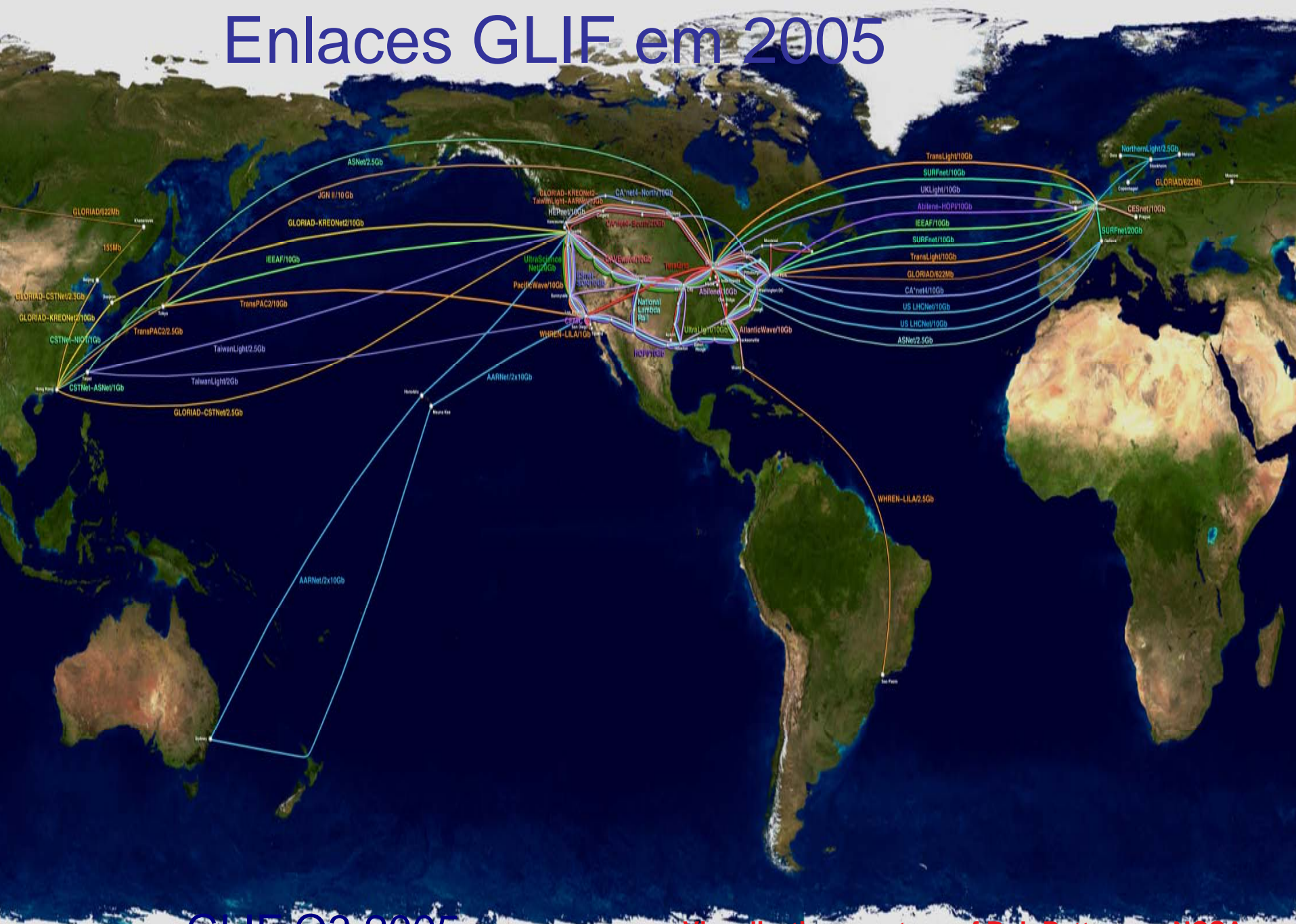
A-Wave (Atlantic Wave) em implantação em 2005

# Comutação Óptica (L1)

- comutação N2 hoje é feita em unidades de 1 Gbps e 10 Gbps, usando comutadores Ethernet
- canais ópticas (N1) normalmente são implementados como comprimentos de onda (lambdas) ou circuitos SDH tipicamente a 2,5 e 10 Gbps
  - 2 conexões GigE podem ser multiplexadas num canal óptico de 2.5G
  - 8 conexões GigE podem ser multiplexadas num canal óptico de 10G
- canais ópticas (N1) podem ser comutados por inteiro usando comutadores ópticos (Optical Cross Connects ou OXCs)
- um caminho de luz (no sentido estrito) é um canal N1, formado por uma concatenação de enlaces N1 entre comutadores ópticas
- **nos últimos anos foi montada uma infra-estrutura N1 internacional para P&E através da colaboração de dezenas de países – a GLIF: Global Lambda Integrated Facility**



# Enlaces GLIF em 2005



GLIF Q3 2005

Visualization courtesy of Bob Patterson, NCSA  
Data collection by Maxine Brown.

Visualization by Robert Patterson, NCSA/University of Illinois at Urbana-Champaign; Compilation by Maxine Brown, University of Illinois at Chicago; Earth Texture, visibleearth.nasa.gov

# Juntando as partes – redes híbridas

- Redes híbridas nos obrigam a manter estruturas para gerir tráfego de N3, N2 e, possivelmente, N1.
- Poucas redes já operam em todos estes níveis. Entre as exceções estão:
  - Abilene (Internet2): the HOPI project
  - Surfnet6 in the Netherlands
- Deve-se notar que os sítios dos usuários destes serviços fim a fim de N2 (e N1) DEVEM também contar com facilidades semelhantes nas níveis regional, metropolitano e de campus





- SURFnet6 é construída inteiramente sobre uma malha de fibra apagada proprietária da SURFnet instalada até o cliente
- Quase 5300 km de pares de fibras disponíveis; custo médio por par através de IRUs de 15 anos: < 6 €/metro por par



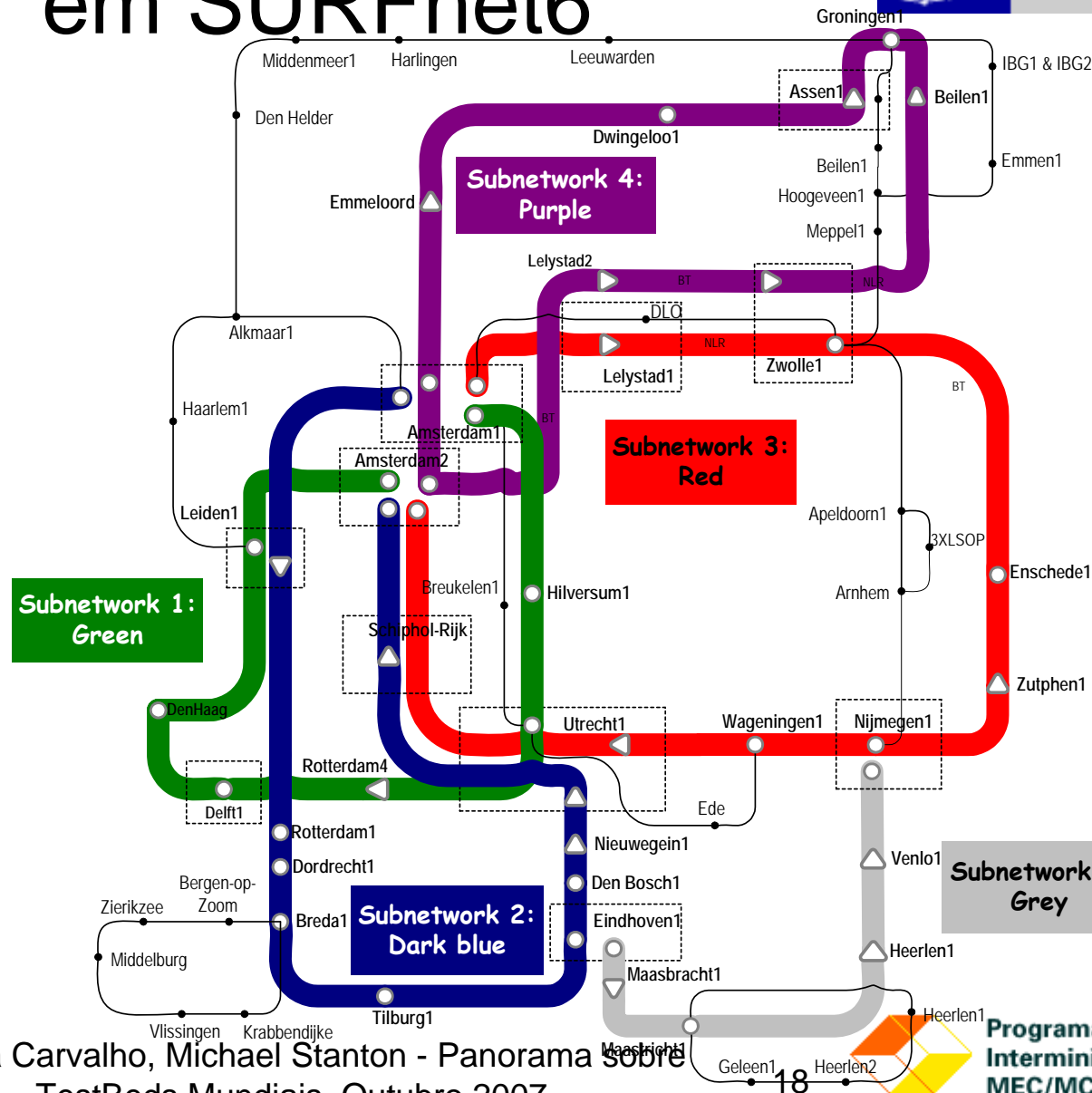
# Camada Fotônica Comum em SURFnet6



2 nós interconectados em Amsterdã

Todas as universidades conectadas a uma das 4 subredes de fibra conectadas a ambos nós centrais.

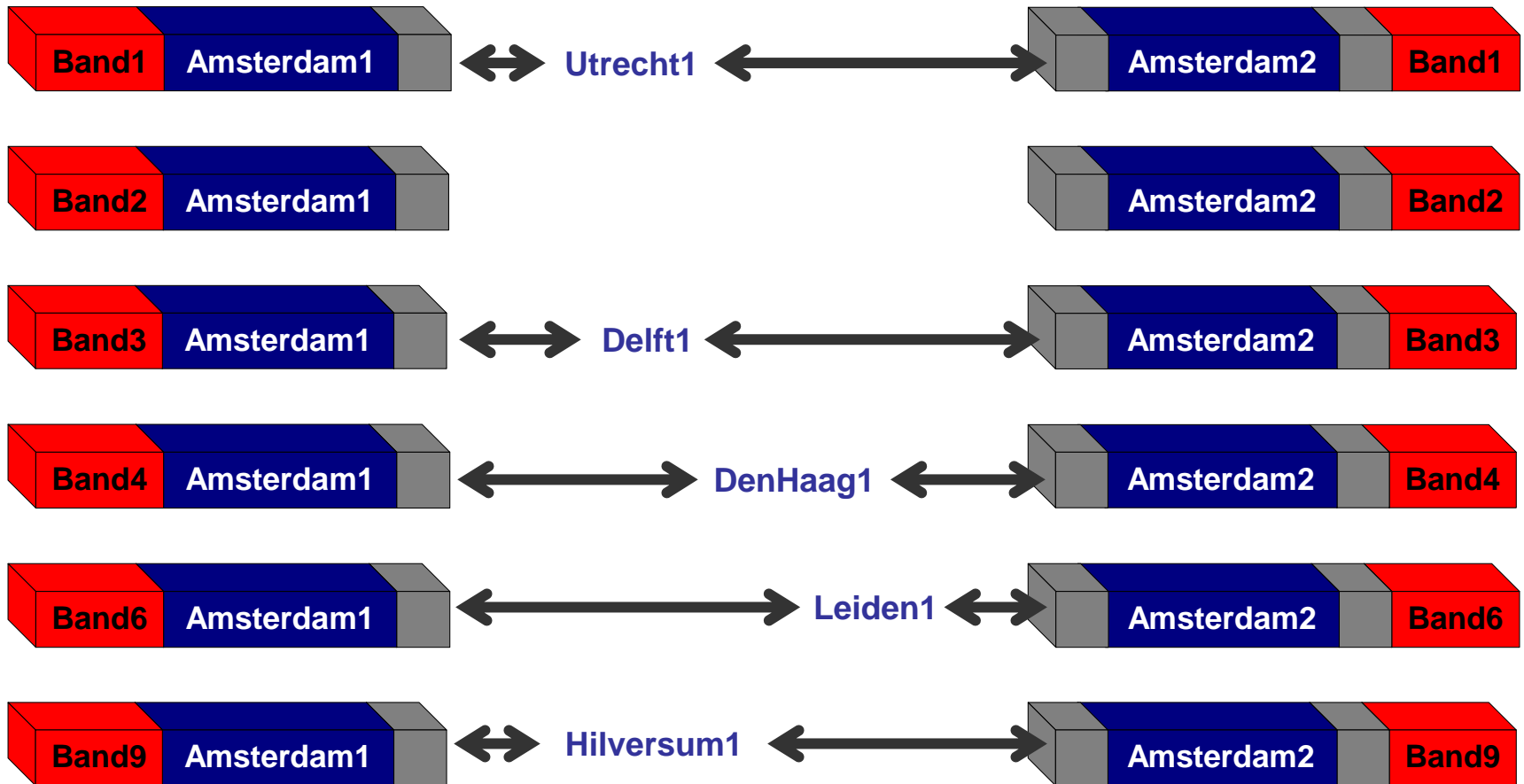
Todas fibras iliminadas com DWDM



# SURFnet

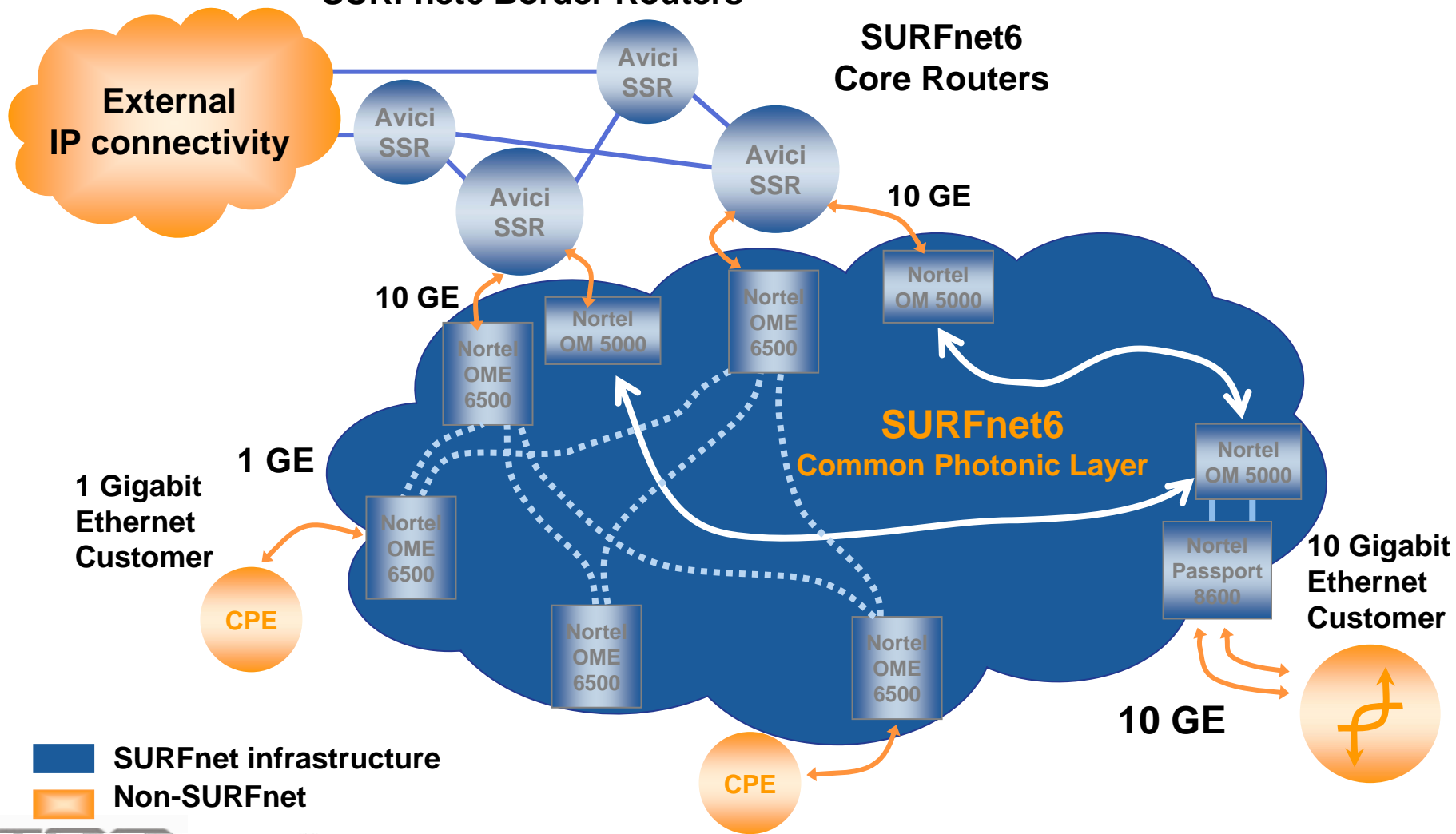
Tereza Carvalho, Michael Stanton - Panorama sobre TestBeds Mundiais, Outubro 2007

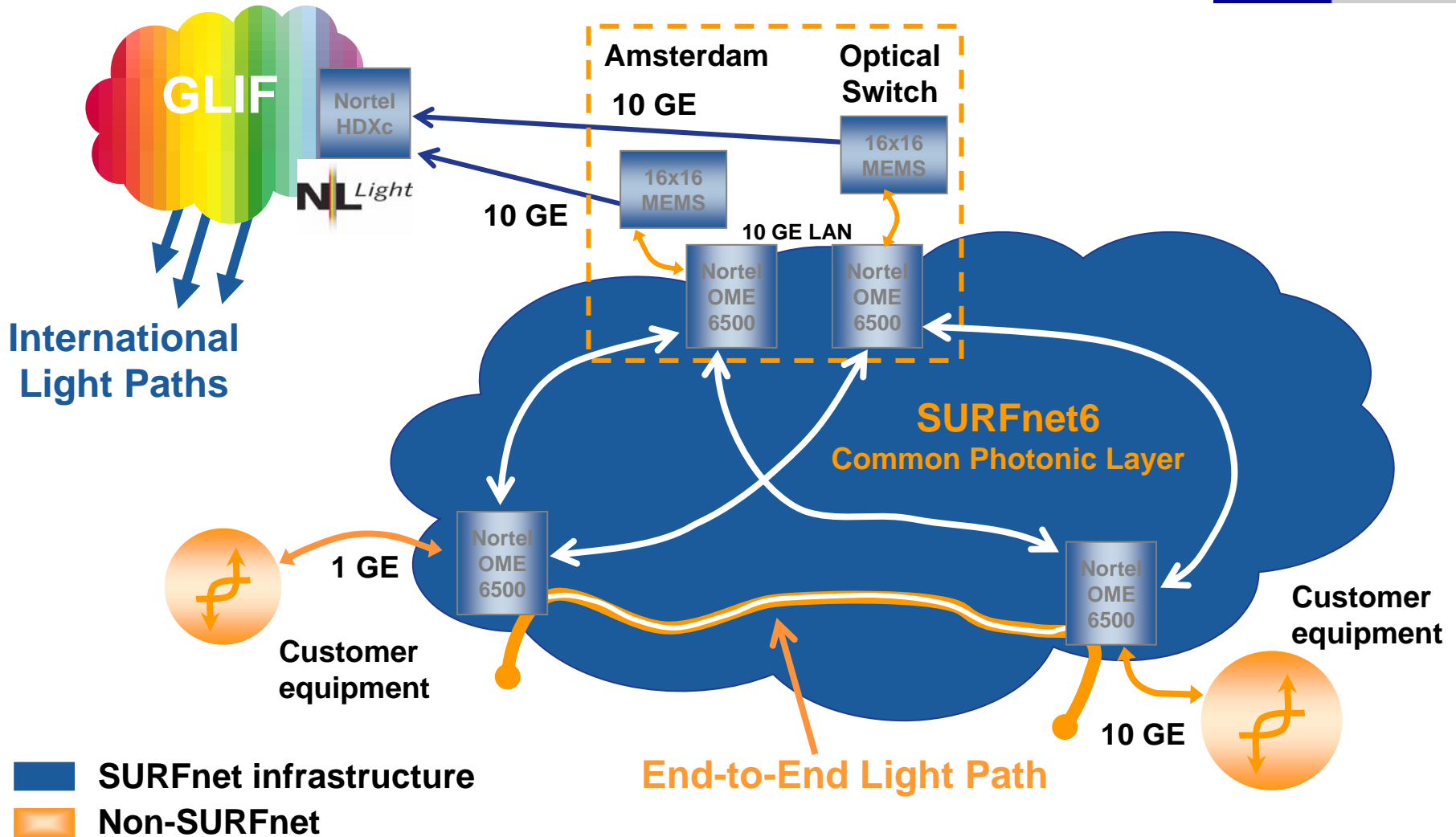
# Subrede 1: Green



## SURFnet6 Border Routers

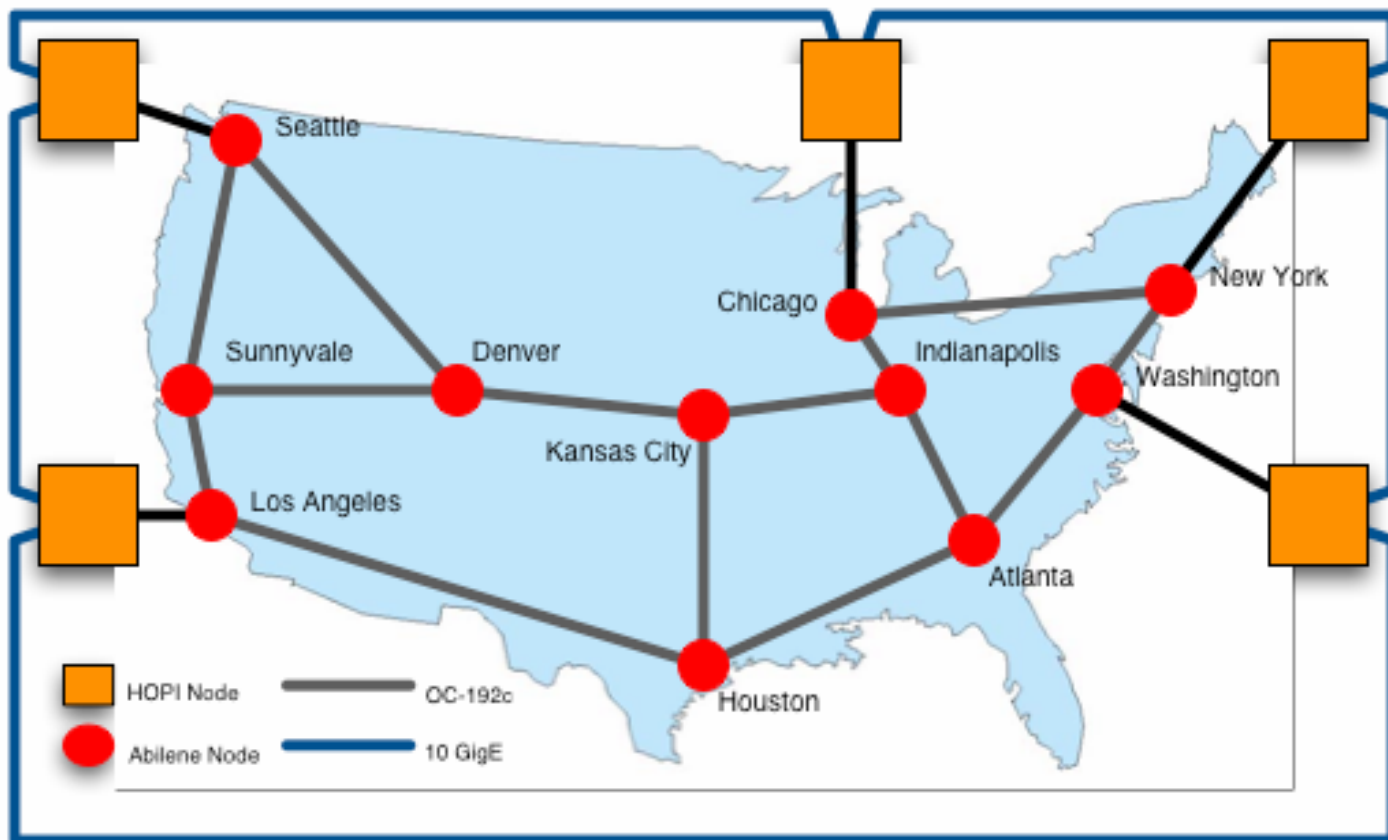
## SURFnet6 Core Routers





- Muitas aplicações atuais têm demandas eventuais de circuitos
  - Aprovisionamento e liberação dinâmicos
  - Reserva futura de capacidade (escalonamento)
- Exemplos incluem:
  - aplicações que requerem uso concorrente de recursos computacionais, de instrumentos remotos e de rede
  - Transmissão de eventos por vídeo
- O ideal é admitir que a aplicação (o usuário) possa fazer gestão de recursos de rede
- Dizemos que a rede se torna um recurso escalonável

O testbed HOPI (Hybrid Optical and Packet Infrastructure) complementa Abilene com múltiplos lambdas na infraestrutura NLR de fibra apagada



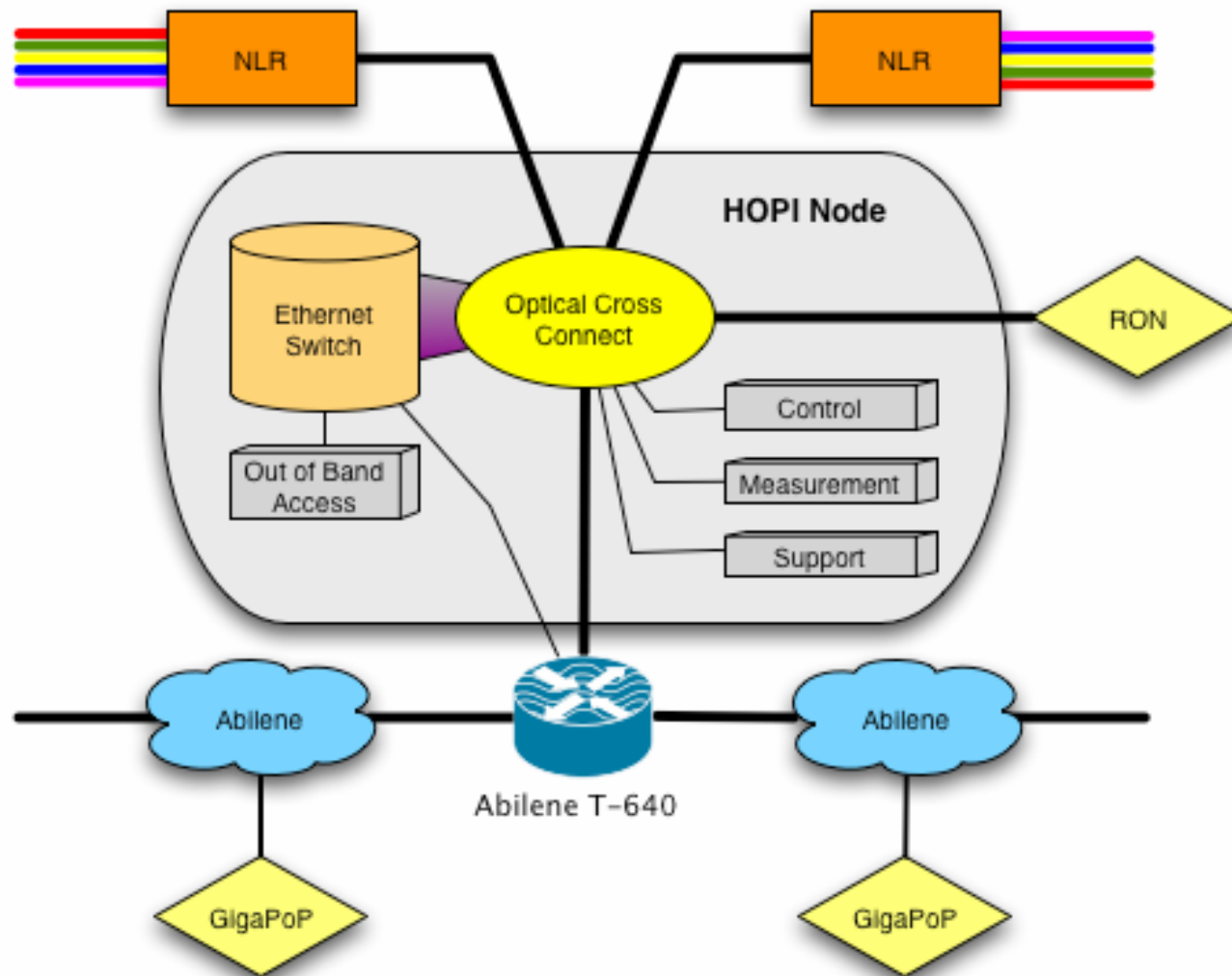


# Nó HOPI da Internet2 (por R. Summerhill)

Comutadores adicionais têm funcionalidades L1 (OXC) and L2 (Ethernet)

Tráfego roteado L3 tradicional utiliza a rede Abilene existente

Interface à Rede Óptica Regional (RON) para capilaridade L1/L2

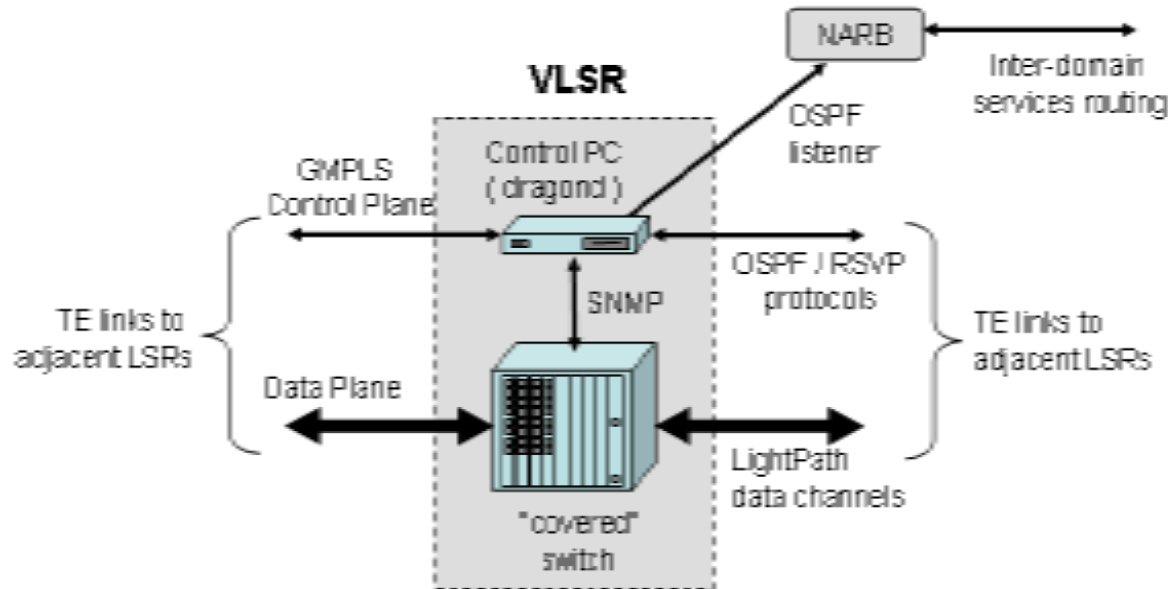




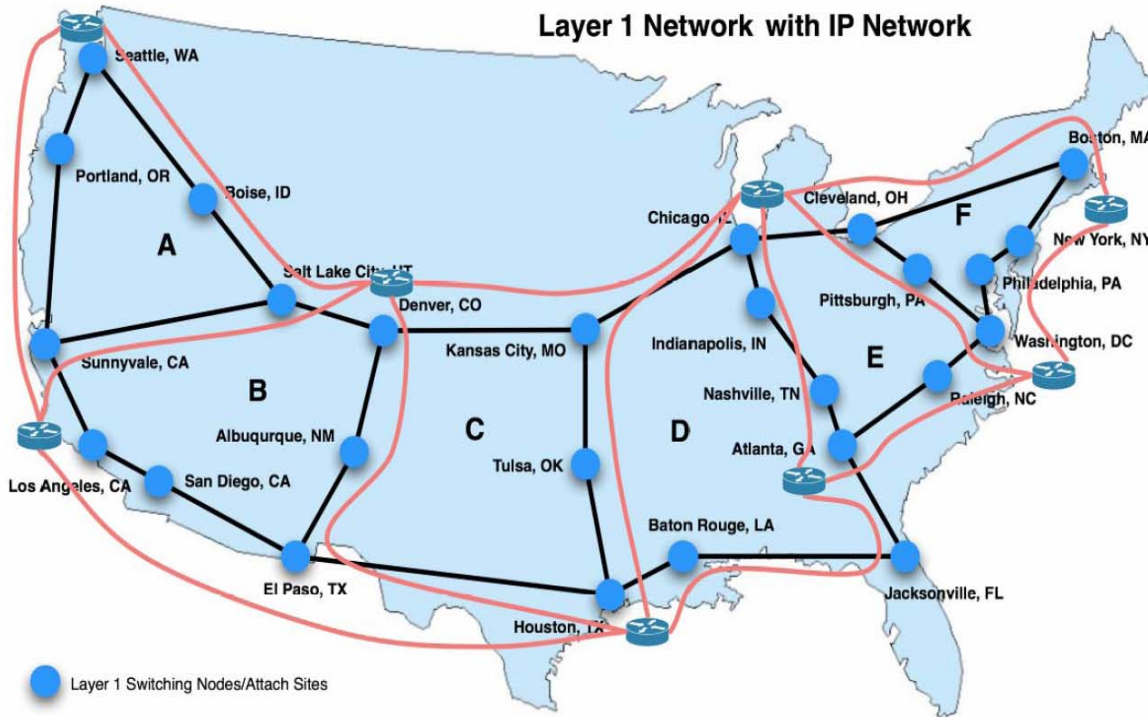
# Controle integrado baseado em GMPLS

- HOPI utiliza a solução DRAGON para controle integrado
  - Baseado em GMPLS para roteamento e sinalização
  - VLSR (Virtual Label-switched Router) para implementar plano de controle para elementos de rede sem GMPLS
    - Implementação software aberto
    - Plataforma Linux ou FreeBSD
    - Traduz eventos de protocolo GMPLS para transações SNMP/TLI/CLI para configurar os elementos de comutação (N1 e N2)
  - NARB (Network Aware Resource Broker)
    - Aprende topologia de protocolo de roteamento IP
    - Fornece serviços entre domínios
    - Realiza autorização de pedidos e reservas futuras

# VLSR de DRAGON



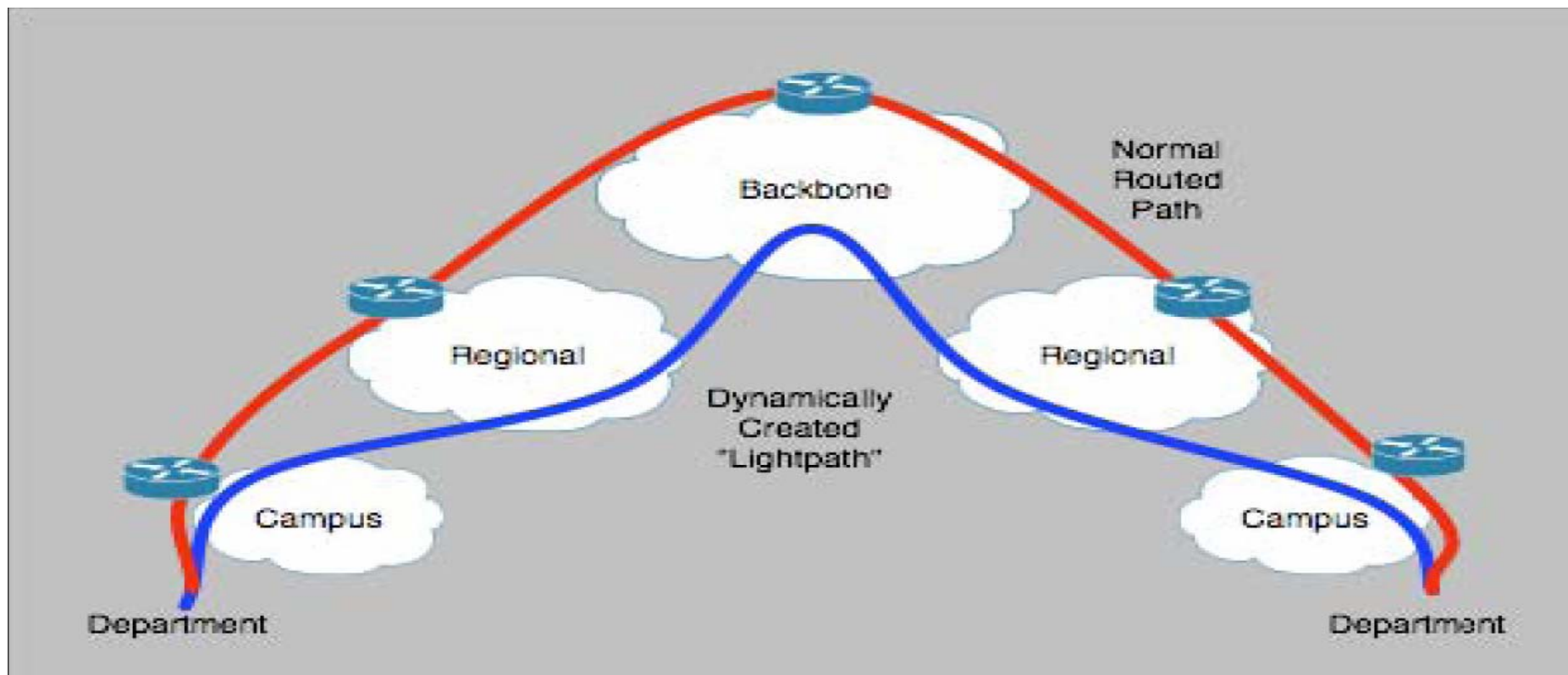
- Protocolos num PC atua como elemento de rede GMPLS
- PCs de controle participam em interações de protocolo, e provisionam comutadores “encapsulados” de acordo com eventos de protocolos.



**Cobertura Level(3);  
Núcleo Infinera 10 X  
10G;  
Muxes Ópticos da  
CIENA.**

- Inicialmente – 10 x lambda de 10 Gbps sobre toda a rede
- Capacidade máximo inicial – 80 x lambdas 10 Gbps wavelengths; expansível
- Scalabilidade – potencial de migração p/ 40 Gbps ou 100 Gbps
- Transição concluída em Outubro de 2007
- Aprovisionamento dinâmico demonstrado.

# Internet2: provisionamento dinâmico de lambda

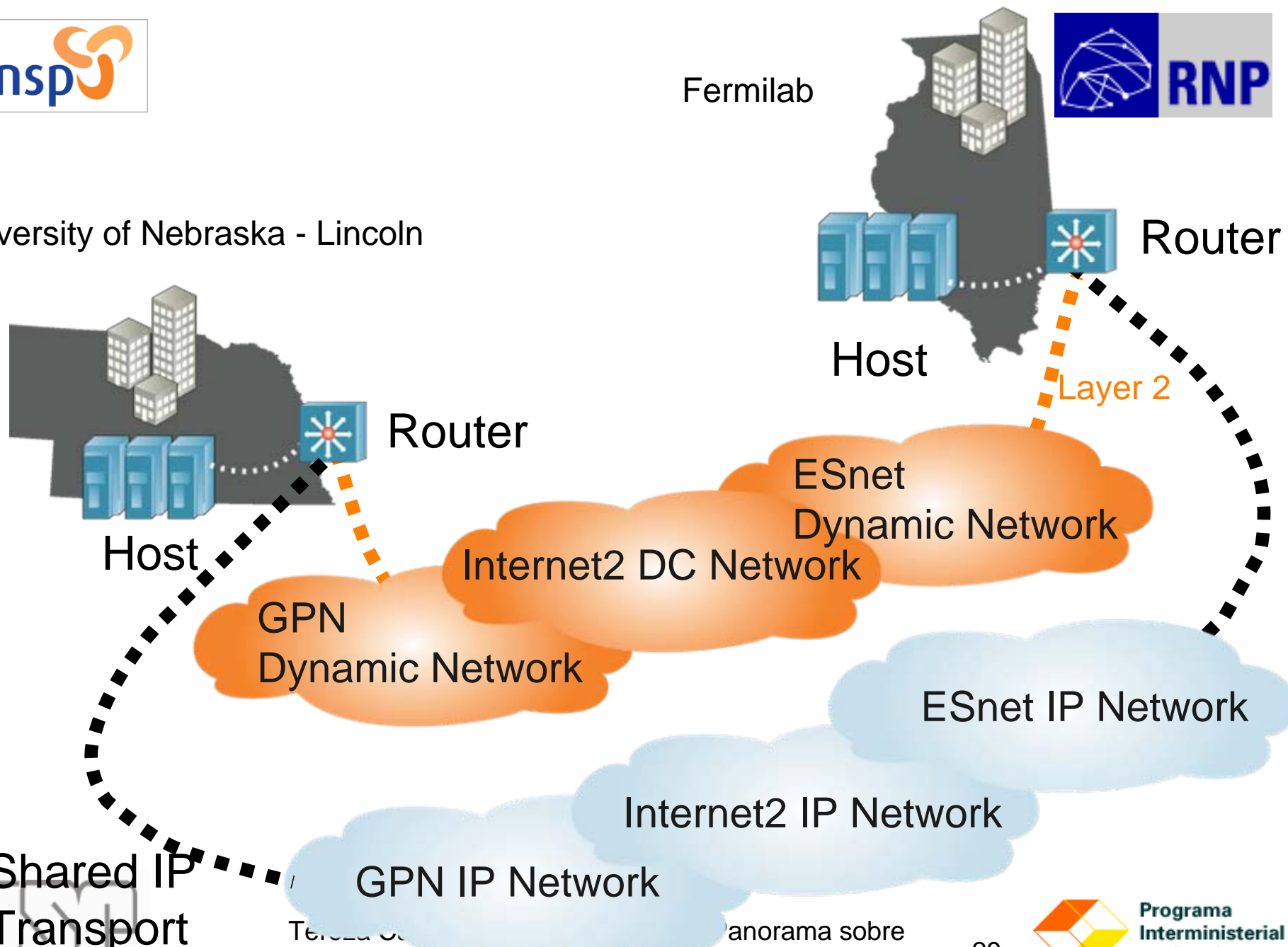


+Paralleled by Initiatives in: *nl, ca, jp, uk, kr; pl, cz, sk, pt, ei, gr, hu, si, lu, no, is, dk* ... + >30 US states



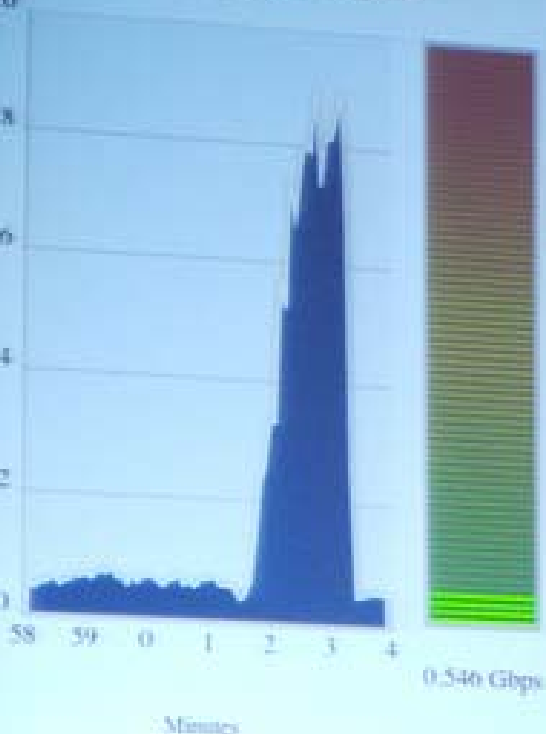
Fermilab

University of Nebraska - Lincoln



Shared IP Transport

# UNL to Fermilab IP Utilization



# UNL to Fermilab DCN Utilization





# Dynamic Circuit Network

- The Internet2 DC Network is a revolutionary, optical circuit network that provides dedicated bandwidth for the most demanding applications. Currently under development, the Internet2 DC Network uses community-developed, standards-based technologies and protocols to provide on-demand, dedicated optical paths between endpoints. Just as the R&E community led the way decades ago in expanding the reach and capabilities of packet networking using the IP and TCP protocols, the new Internet2 DC Network breaks new ground to provide the U.S. research and education community dedicated, customizable, on-demand bandwidth.

- “A key concept in the NSF’s Cyberinfrastructure vision is that network capacity should be available as a schedulable, on-demand resource—just like a supercomputer or radio telescope is today. The idea is that researchers, scientists, artists, or faculty can tap into deep bandwidth resources whenever and wherever they need it. We believe the new Internet2 Dynamic Circuit Network which was developed through collaboration with our community, brings this important vision to fruition.”

Rick Summerhill, CTO Internet2



# Conclusion

- A próxima geração de redes para P&E procurará fornecer comunicação econômica para usuários de alto desempenho, com largura de banda fim-a-fim de pelo menos 1 Gbps
- Estas redes de circuitos permitirão provisionamento a demanda, e com reserva futura
- Usuários convencionais continuarão a precisar serviço de pacotes roteados (N3) para suas aplicações
- Hybrid networks are becoming the standard R&E network architecture



***Obrigado!***

Michael Stanton  
([michael@rnp.br](mailto:michael@rnp.br))

[www.rnp.br](http://www.rnp.br)

# Agenda

- Aplicações
  - Transmissão de HDV & HDTV
  - IPTV
  - Cinegrid
  - Artes:
    - Teatro e Música.
  - Medicina
    - Cirurgia Remota
- Segurança
  - Shibboleth