



ISSN: 1646-8929

IET Working Papers Series

No. **WPS02/2010**

Tiago Araújo

(email: tfsaraujo@hotmail.com)

Jorge Costa

(email: Jorge.andre.costa@gmail.com)

André Gonçalves

(email: adnips@gmail.com)

Ivo Rodrigues

(email: ivorodr@gmail.com)

A rede GÉANT e as tendências de desenvolvimento das novas
redes de comunicação em fibra óptica

IET

Research Centre on Enterprise and Work Innovation

Centro de Investigação em Inovação Empresarial e do Trabalho

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

Monte de Caparica

Portugal

A rede GÉANT e as tendências de desenvolvimento das novas redes de comunicação em fibra óptica [The GÉANT network and development trends of new communication networks over fiber optics] ¹

Tiago Araújo (tfsaraujo@hotmail.com), Jorge Costa (Jorge.andre.costa@gmail.com), André Gonçalves (adnips@gmail.com), Ivo Rodrigues (ivorodr@gmail.com),
Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal

Abstract. In this paper we will present the last generation of fiber optics communication networks. We introduce the main concepts related to the fiber optics, and then we show the results of the research made about the chosen case study: GÉANT – the European network to share scientific data. We focus on the network components, its structure and functionality, and also the benefits that it brought, not only in terms of technology, but also the ones related to social sciences. In the end, we do a brief comparison between GÉANT and the other similar networks around the world, and we contextualize GÉANT in Portugal, from its partners to the network topology. The reader in the end will have a general idea of the fiber optics technology, and will know the benefits of this technology to a network so important as GÉANT.

Keywords: fiber optics, dark fiber, GÉANT, networks, data share, Portugal

Resumo. O conteúdo deste paper centra-se na apresentação da última geração de redes de comunicação em fibra óptica. São introduzidos os conceitos principais relacionados com a fibra óptica e, de seguida, será apresentado o caso de estudo utilizado: a rede europeia de partilha de dados científicos, de nome GÉANT. Serão mostrados os seus componentes, estrutura e funcionalidade, assim como os impactos benéficos que trouxe, desde os tecnológicos aos sociais. Por fim, ainda fazemos uma pequena comparação com outras redes do género a uma escala global, assim como contextualizamos o GÉANT em Portugal, desde os seus parceiros à topologia da rede utilizada. O leitor no final ficará com uma ideia geral da tecnologia de fibra óptica, assim como os benefícios que a mesma trás à tão importante rede europeia GÉANT.

Keywords: fibra óptica, fibra escura, GÉANT, redes, partilha de dados, Portugal

JEL codes: O32; O33; O38

1 Introdução

O progresso das ciências e da tecnologia assenta nas mentes brilhantes, que estudam e investigam fenómenos nas mais diversas áreas, e produzem resultados válidos da maior importância. O seu papel é essencial para o desenvolvimento e servem como base de conhecimento para trabalhos de outros investigadores, espalhados pelo mundo fora. A evolução das tecnologias de comunicação e consequentemente o aparecimento das redes de computadores permitiu aproximar as pessoas e abrir caminho para troca de informações, sem saírem do seu lugar. Toda a comunidade científica e empresarial beneficiou desta nova forma de comunicação, pois tornou todo o trabalho mais eficiente e permitiu partilhar trabalhos de investigação.

¹ Trabalho realizado sob orientação do Prof. António Brandão Moniz para a disciplina “Factores Sociais da Inovação” do Mestrado Engenharia Informática realizado na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (Portugal).

Nos anos noventa, um grupo denominado DANTE com um objectivo forte de apostar na inovação, decidiu implementar, com apoios financeiros, uma rede para suporte à investigação e partilha de informação colaborativa a uma escala europeia, que ligasse diversos centros científicos. Inicialmente, consistia em apenas alguns centros na Europa Central e oferecia somente ligação à Internet a baixa velocidade. Ao longo dos anos foi evoluindo e tornando-se cada vez maior, sofisticada e rápida, ligando actualmente quase todos os países europeus entre si.

A rede GÉANT [1], assim denominada, apresenta-se como a rede mais avançada tecnologicamente em termos estruturais, sendo este o estado de arte actual neste género de tecnologias. As velocidades e estabilidades exigidas por uma rede desta escala só foram possíveis após a adopção da fibra óptica. Este novo tipo de cabo, fabricado em fibra de vidro, apresenta uma flexibilidade como nunca antes vista e velocidades na ordem dos Gbits/s, revolucionando por completo as comunicações em redes.

Nos parágrafos que se seguem apresentam-se diversas definições importantes e o caso de estudo para estabelecimento de um contexto ao leitor. Inicialmente, descreve-se o que se entende por redes e qual a sua evolução, e segue-se uma descrição concisa e detalhada dos cabos de fibra óptica. No capítulo 5 faz-se o estudo da rede GÉANT, focando fundamentalmente o impacto e os benefícios que a fibra óptica provocou, os parceiros do consórcio e as relações com redes mundiais do mesmo género. No capítulo 6 fala-se do contributo que Portugal tem dado, como membro da União Europeia e do consórcio GÉANT, ao longo destes anos de participação. Por fim, descreve-se o seu impacto social e tecem-se algumas conclusões sobre o estudo realizado.

2 Redes e a sua Evolução

Nos anos sessenta surgiu o primeiro projecto relacionado com as redes de computadores, designado ARPANET [3], que tinha por objectivo implementar uma ligação entre dois terminais para passagem de mensagens. Visivelmente rudimentar, implementava os primeiros protocolos de comunicação e formato de dados, intrinsecamente dependentes da arquitectura subjacente.

Posteriormente foram criadas *mainframes* com controlo centralizado, seguindo um modelo cliente-servidor, que tornavam possível acoplar um maior número de computadores, mesmo que localmente, sendo esta uma tentativa de organização hierárquica. O sucesso da investigação motivou a comunidade científica, e posteriormente empresas, a evoluir e a criar redes de dimensões cada vez maiores. A necessidade de uma rede estruturada de larga escala com capacidade de encaminhamento tornou-se evidente, levando internamente à criação de protocolos totalmente independentes da arquitectura utilizada.

Uma rede de computadores, segundo Larry Peterson e Bruce Davie [2], distingue-se dos seus primórdios por apresentar uma arquitectura geral, suportada por hardware heterogéneo e sem uma finalidade única. Por outras palavras suporta a transmissão de diversos tipos de dados e um elevado número de aplicações distintas, como por exemplo vídeo-conferência, sinal de televisão e chamadas telefónicas, independentemente do tipo de hardware utilizado.

Relativamente às arquitecturas, apenas existem dois modelos actualmente: cliente-servidor e *peer-to-peer*. No primeiro modelo os pedidos dos clientes são tratados centralmente por um servidor que responde ao seu ritmo, obrigando a um conhecimento prévio entre ambos. Numa visão totalmente distinta, o segundo modelo

não distingue os nós entre si, funcionando como clientes e servidores, numa rede distribuída em que nem todos os elementos se conhecem.

A sua cobertura geográfica, ou seja a sua escala, caracteriza-se da seguinte maneira: local, regional, nacional e global (Internet). A ARPANET insere-se na escala local, pois apenas envolvia um número limitado de máquinas ligadas entre si. Por outro lado a Internet é a estrutura mais completa de todas, pois como mostra a figura 1, é suportada para qualquer dos tipos de cobertura anteriormente referidos.



Figura 1 – Esquema Simplificado da Estrutura da Rede Internet

3 Fibra Óptica

A fibra óptica [4] [5] é uma fibra de vidro, que transmite informação de um local para outro através de impulsos de luz. São maioritariamente usadas para redes de comunicação e permitem transmissão de dados a uma largura de banda mais elevada, assim como para distâncias mais longas, do que as outras formas de comunicação já existentes. Existe também menos perda de sinal e imunidade a interferência electromagnética, comparativamente com os cabos de metal.

3.1 Tipos de Fibra Óptica

Os três tipos de fibra óptica [6] mais usados são o *single-mode* (SMF), *multi-mode* (MMF) e *plastic optical fiber* (POF).

3.1.1 *Single-Mode Fiber*

Single-mode [7] é um tipo de cabo de fibra óptica, que suporta apenas um raio de luz de cada vez. Normalmente o núcleo do cabo é tão pequeno, que apenas um raio com 0° de incidência consegue atravessar sem qualquer perda de informação. Este ângulo acaba por servir como uma espécie de restrição à utilização deste tipo de fibras, de modo a manter a maior parte das suas características únicas. Na figura 2, está

demonstrado um exemplo muito simplificado, onde se pode ver apenas um raio com uma direcção completamente recta e segundo o tal ângulo de 0°.

Consegue transportar maior largura de banda e atingir uma velocidade de transmissão até 50 vezes maior do que a *multi-mode*, sendo no entanto mais caras. Devido ao diâmetro muito pequeno, a distorção é quase nula, fornecendo assim a menor atenuação de sinal e a maior velocidade, quando se compara com qualquer outro tipo de fibra.

Devido à baixa atenuação, as fibras *single-mode* são usadas para distâncias mais longas, suportando Gigabit Ethernet até cerca de 10 km.

"Single mode fiber"
single path through the fiber

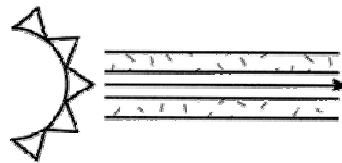


Figura 2 – Esquema Simplificado de Fibra Óptica *Single-Mode*

3.1.2 Multi-Mode Fiber

O *multi-mode* é um tipo de fibra óptica mais larga, permitindo que a luz consiga seguir vários caminhos. Com esta fisionomia, consegue-se fornecer uma largura de banda elevada até distâncias curtas ou médias. Porém, devido à dispersão por vários caminhos, para metas mais longas a distorção do sinal já seria bastante significativa, o que resultaria numa transmissão de dados pouco clara e algo incompleta. Por estas características, o uso mais frequente das *multi-mode* acaba por ser em edifícios ou campus, dado que as distâncias não são muito elevadas.

"Multimode fiber"
multiple paths through the fiber

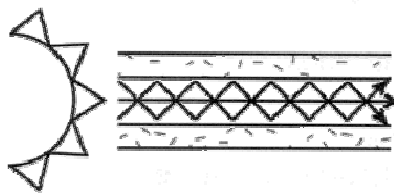


Figura 3 – Esquema Simplificado de Fibra Óptica *Multi-Mode*

Dentro das fibras *multi-mode*, existem dois subtipos com características algo diferentes. A fibra *step-index* e a *graded-index*.

No primeiro caso, os raios de luz entram por diferentes ângulos. Os que entram num ângulo menor, conseguem atravessar a fibra mais rapidamente, enquanto os outros demoram um pouco mais, devido a reflectirem mais vezes no núcleo, como se pode ver na figura 4. Este fenómeno chama-se dispersão modal e

faz com que os pulsos de luz dispersem ao longo da fibra, limitando bastante a largura de banda das *step-index fibers*.

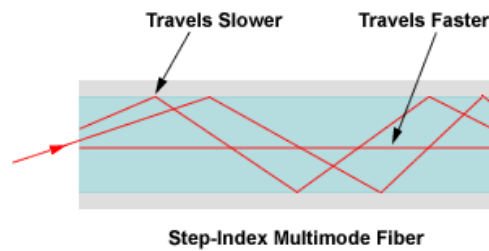


Figura 4 – Esquema Simplificado de *Step-Index*

Quanto às *graded-index*, o fenómeno de reflexão não existe devido à refração, o que causa que os raios de luz voltem sempre ao centro do núcleo. Isso acontece, porque esta tecnologia impede que os pulsos aproximem-se muito das zonas com baixo índice de refração, ou seja, as arestas, impedindo assim a reflexão. Desta feita, o fluxo da luz segue uma trajetória às ondas, pois quando se aproxima dos limites do núcleo, volta sempre para o centro. Apesar de tudo, os raios de luz seguem sempre trajetórias distintas, como nas *step-index*. No entanto, as velocidades não são constantes. Quanto mais longe do centro estiver o feixe, mais veloz será a sua transmissão. Portanto, como seja qual for a trajetória, esta passará sempre pelas arestas e centro do núcleo, as velocidades acabam por compensar os caminhos distintos, diminuindo bastante a dispersão modal. A figura seguinte demonstra um pequeno exemplo disso mesmo.

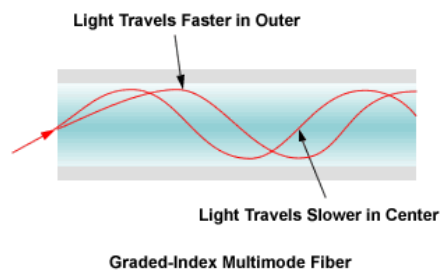


Figura 5 – Esquema Simplificado de Fibra *Graded-Index*

3.1.3 Plastic Optical Fiber

Enquanto os tipos anteriores de fibra óptica eram caracterizados por fibras de vidro, sendo por isso mais utilizados, existem outro tipo de fibras de material diferente: plástico.

Por ter características algo diferentes, as POF [8] eram mais usadas para iluminação, ou então, em pequenos cabos para transmissão de dados a baixas velocidades. No entanto, com algumas investigações, conseguiu-se melhorar a performance. Esta melhoria juntamente os menores custos da matéria prima e a maior facilidade de utilização, tornou este tipo de fibras numa tecnologia cada vez mais a ter em conta..

Assim, conseguiu-se adotar a largura de banda elevada das *graded-index fibers* nas POF, o que com o seu baixo custo e fácil instalação, torna bastante promissor o seu uso em redes locais.

3.2 Comunicação em fibra óptica

Método para transmitir a informação de um ponto a outro, enviando pulsos de luz através de uma fibra óptica, não existindo qualquer tipo de natureza eléctrica no processo [9] [10].

Um sistema de fibra básico consiste num dispositivo de transmissão que converte um sinal electrónico num de luz, num cabo de fibra óptica para transporte e num receptor que aceita o sinal, convertendo-o de novo para o formato original. A fonte de luz pode ser *light-emitting diode* (LED) ou *lasers*.

Desenvolvida inicialmente nos anos 70, este tipo de comunicação veio revolucionar a indústria de telecomunicações e teve um papel importante nas redes informáticas, substituindo em larga escala a anterior comunicação com fios metálicos, devido às suas vantagens perante essa tecnologia.

Muitas empresas de telecomunicações usam as fibras ópticas para transmitir sinais telefónicos, para Internet e também para sinais de televisão por cabo. Para isso contribui a sua baixa interferência e atenuação já referidas no capítulo anterior. No entanto, sendo uma tecnologia a fazer 40 anos, é pertinente questionar a razão para a sua adopção a larga escala tão tardia.

A principal razão prendia-se com o elevado custo monetário e a dificuldade em montar uma infraestrutura, entre cidades, utilizando a fibra. Assim, era apenas usada para comunicações de distâncias muito longas, que pelas suas características compensavam mais do que os comuns cabos. Como a partir do ano 2000, os preços foram diminuindo consideravelmente, estas empresas começaram então a adotar as redes de fibra óptica, para fornecer os seus serviços aos lares.

Na figura seguinte, podemos ver um modelo de um sistema básico de comunicação de fibra óptica.

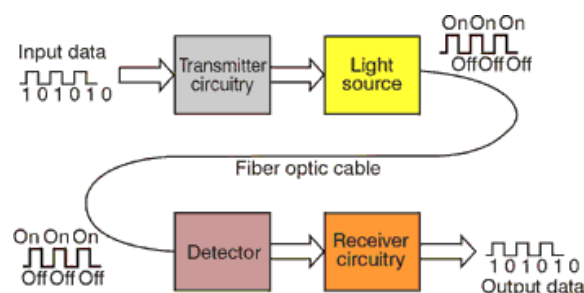


Figura 6 – Comunicação em Fibra Óptica

3.2.1 Benefícios

Os cabos eléctricos, para distâncias maiores que alguns quilómetros, exigem vários repetidores para manter a performance. No entanto, para distâncias mais curtas é preferível recorrer a este tipo de ligações. Essa preferência deve-se a alguns factores, sendo estes os três principais:

- 1) menor custo do material;

- 2) transmissores e receptores a preços baixos;
- 3) capacidade de transmitir sinais eléctricos e energia.

Porém, as fibras ópticas com a tendência do baixar dos preços, fornecem mais e melhores vantagens:

1) Transmissões para longas distâncias: a baixa atenuação e maior integridade do sinal, permitem transmissões de maior longevidade do que os cabos eléctricos. Com o cobre, de X em X quilómetros é necessário repetidores, enquanto as fibras conseguem atingir 100 quilómetros sem qualquer tipo de “ajudas” externas.

2) Largura de banda superior, peso e diâmetro inferior: com a necessidade de cada vez mais largura de banda, é importante considerar as limitações de espaço que os utilizadores dos serviços podem ter. Portanto, as características de espaço e peso que as fibras oferecem, são bastante importantes.

3) Não existe condutividade: dado que as fibras não possuem qualquer material metálico, podem ser instaladas perto de zonas com possível interferência electromagnética sem correr riscos.

4) Segurança: a natureza da fibra óptica torna impossível detectar o sinal a ser transmitido, a não ser que se aceda directamente à fibra, o que é facilmente detectado por vigilância. Deste modo, esta tecnologia é muito atractiva a bancos, edifícios governamentais e a outras instituições do mesmo género.

5) Designadas para aplicações futuras: com os preços a baixar e a largura de banda a ser exigida cada vez mais com valores mais altos, a fibra óptica é uma tecnologia vital ao futuro.

De notar que é bastante importante que a fibra seja apenas instalada numa situação em que seja utilizada na sua plenitude. Utilizar fibra óptica só porque sim, para posteriormente não usufruir ao máximo das suas características, é um desperdício de dinheiro, pois em termos de qualidade/preço, os cabos eléctricos voltariam a ser mais compensadores.

3.3 Sensores de fibra óptica

Um sensor de fibra óptica [11] consiste num cabo de fibra, ligado a um sensor remoto ou a um amplificador.

O sensor emite, recebe e converte a energia proveniente dos feixes de luz em energia eléctrica, sendo que a fibra é muito útil para transportar os dados para, e de, áreas muito pequenas ou demasiado hostis para os sensores. Um sensor pode ser classificado como extrínseco ou intrínseco.

Num sensor de fibra óptica extrínseco, esta é simplesmente usada para transportar a luz para, ou de, um dispositivo óptico externo onde o processo de *sensing* é efectuado. O benefício desta tecnologia é ser capaz de atingir espaços que antes seriam inatingíveis, sendo um exemplo a medição da temperatura dentro de uma turbina de um avião a jacto, usando-se fibra para transmitir radiação a um pirómetro exterior. Podem ainda medir vibrações, rotações, velocidades, acelerações, etc.

No caso de ser um sensor intrínseco, existem várias características da fibra que são alteradas. As perturbações sentidas actuam na fibra, mudando algumas das propriedades da luz no seu interior, que servirá como fonte de informação para os sensores. Desta forma, consegue-se medir deformações, temperatura,

pressão e outras unidades semelhantes, modificando as fibras de maneira a que estas grandezas sejam moduladas pela intensidade do sinal, polarização, fase e o comprimento de onda da luz.

Existem também vários tipos de sensores de fibra:

- 1) Físicos: usados para medir propriedades físicas como a temperatura, stress, etc.
- 2) Químicos: usados para análise de gás, medição de pH, etc.
- 3) Biomédicos: usados para medição da circulação sanguínea, glucose no sangue, etc.

3.4 Outros usos da fibra óptica

A fibra é muito usada para iluminação. São usadas como luzes guias em aplicações médicas, nomeadamente em cirurgias que necessitem um foco luminoso sobre um dado alvo. Pode também ser usada para decoração, como por exemplo, para árvores de natal artificiais.

Outro uso médico está relacionado com imagens ópticas. Um conjunto de fibras e de lentes pode ser usado para endoscópios. Estes instrumentos são importantes para procedimentos cirúrgicos, enquanto os industriais são muito úteis para explorar locais difíceis, mais uma vez usando como exemplo, o motor de um avião a jacto.

Por fim, a fibra também pode ser usado na Defesa, mais propriamente em sonares e colocação de fios em veículos militares, como aeronaves ou submarinos.

3.5 Fibra Escura

Normalmente, quando alguém pretende em casa uma ligação à Internet de alta velocidade, não vai comprar o equipamento e monta toda a estrutura da rede. A ideia é contratar um serviço a um dado fornecedor, pagando uma mensalidade que depende da qualidade do que foi contratado.

No entanto, algumas instituições seguiram o caminho oposto. Por exemplo, no *Bank Of America* [12], depois de uma fusão com o *NationsBank*, cedo perceberam que as suas necessidades iriam ultrapassar o serviço fornecido. E em vez de contratarem larguras de banda superiores, optaram por construir o próprio sistema de fibra óptica.

Desta feita, o banco assinou um contrato para fornecimento de fibra escura [13], construindo a sua própria rede. Desta forma, deram à empresa um controlo maior nos seus serviços de rede, poupando ao mesmo tempo bastante dinheiro. Mas à primeira vista, a fibra escura não tem nenhuma característica especial.

As fibras denominadas escuras são aquelas que não são usadas e que não estão conectadas a qualquer dispositivo. A designação “escura” vem precisamente do facto de não passarem quaisquer feixes de luz. Não há qualquer tipo de diferença estrutural entre este tipo de fibra e a normal, no entanto, como não tem qualquer uso, os seus preços são muito mais baixos.

Com esta oportunidade, o utilizador é responsável por montar o equipamento de telecomunicações e emitir os feixes de luz para a fibra, controlando assim a rede e ganhando a capacidade de escolher a que fornecedor se conecta. Existem também companhias que se especializam em montar e manter a fibra escura de um cliente, se este o desejar.

Como se trata de uma tecnologia bastante simples e não existem dispositivos activos durante todo o seu comprimento, a fibra escura pode ser bem mais fiável que os serviços tradicionais. Outro benefício é a fácil gestão, pois ao contrário das redes industriais, esta ao ser feita particularmente, terá tendência a ter uma arquitectura muito menos complexa e mais centrada às necessidades do utilizador.

Para toda esta ideia funcionar na sua plenitude, é essencial “iluminar” a fibra escura. Assim, é necessário encontrar uma fonte de luz para fazer com que haja a usual transmissão dos dados. Basta uns dispositivos simples de lasers, denominados transmissores.

Para este trabalho, o essencial prende-se com o uso da fibra óptica para a comunicação, apresentando-se o caso de estudo da rede GÉANT. Como referido anteriormente o aparecimento da fibra óptica revolucionou o mundo das telecomunicações, em particular as redes de investigação e cooperação implementadas por todo o globo. Neste domínio destacam-se as redes GÉANT (Europa), Internet2 (EUA), SINET (Japão) e Cernet (China) devido as suas dimensões e impacto tecnológico e social, sendo excelentes casos de estudo. A rede GÉANT foi escolhida de entre as cinco por apresentar uma implementação completa em fibra óptica, menor fragmentação, estado da arte mais avançado e uma maior capacidade de evolução futura.

4 Redes de cooperação: GÉANT

A abordagem realizada será centrada nos vários projectos do GÉANT (o terceiro recentemente apresentado), de modo a poder ser fornecida também uma visão da evolução seguida ao longo dos tempos.

4.1 Caracterização do GÉANT

A rede GÉANT apresenta-se como sendo uma rede Pan-Europeia com elevada largura de banda e baixa latência nas comunicações. Diversos países, maioritariamente da Europa Ocidental, em conjunto com o consórcio DANTE e a União Europeia, contribuem para o seu desenvolvimento a nível da estrutura física e lógica.

O projecto teve origem numa colaboração entre 26 redes nacionais de pesquisa e educação, representando 30 países, entre a Comissão Europeia e o DANTE, cujo principal objectivo consistia em desenvolver uma rede europeia multi-gigabit de comunicação de dados, reservada para uso exclusivo nas áreas de investigação e da educação, ou seja, o GÉANT.

O GÉANT é uma das redes mais avançadas e fiáveis do mundo. Explora o desenvolvimento nas telecomunicações e disponibiliza capacidades de transmissão imagináveis, sendo que muitas novas aplicações da área estão a ser desenvolvidas de modo a utilizarem o GÉANT.

4.1.1 EuropaNet, TEN-34 e TEN-135

Ao longo de sete anos, desde 1993 a 2000, foram criados e apresentados sucessivamente os projectos EuropaNet, TEN-34 [14] e TEN-155 [15], com evoluções e contribuições relevantes para o projecto GÉANT.

O primeiro de todos, o EuropaNet [16], procurou implementar os primórdios de uma rede colaborativa europeia, apresentando com sucesso um conjunto de normas e serviços partilhados pelos centros de investigação espalhados pela Europa. Paralelamente foi apresentada a estrutura do *backbone* de suporte da rede e os seus constituintes. No entanto, as baixas velocidades de transmissão, a saturação da rede devido ao tráfego gerado e os custos elevados de implementação levaram à necessidade de uma mudança rápida.

Foi proposta uma segunda versão, denominada TEN-34 [17]. Surgiu com o objectivo principal de actualizar a rede, para suportar velocidade de transmissão de 34 Mbit/s, implementando uma nova estrutura limitada a algumas conexões, com compatibilidade com a anterior para permitir acesso à Internet. Naturalmente, muitos dos componentes físicos e lógicos tiveram que ser substituídos para suportar velocidades superiores, sendo importante fazer referência ao protocolo ATM [18]. Este novo protocolo de multiplexagem, baseado nas redes de telecomunicações, permitiu criar maior dinamismo nas comunicações para suporte de aplicações de multimédia, como por exemplo a vídeo-conferência. Por outro lado utilizava tecnologia de *switching* mais avançada, que oferecia maior flexibilidade e qualidade de serviço. Tal como o projecto EuropaNet teve um período curto devido aos elevados custos associados.

Tendo em mente os problemas apresentados pelos dois projectos anteriores, toda a topologia da rede teve que ser repensada a nível dos circuitos e hardware, culminando no projecto TEN-155 [19]. Tornou-se possível distribuir melhor o tráfego, suportar maiores velocidades e diminuir os custos. Foram introduzidas as primeiras linhas ópticas, STM-1, com cobertura alargada a praticamente todos os países associados, demonstrando-se ser mais eficientes e com custo reduzido.

A utilização de protocolos já provados como sendo eficientes (ex: ATM) são a base do alto desempenho obtido. Com algumas melhorias, foi possível aumentar a largura de banda para 155 Mbit/s em praticamente todos os canais. O serviço de gestão da largura de banda (MBS – *Managed Bandwidth Service*) foi introduzido neste projecto e permitiu a criação de grupos colaborativos restritos, para trocas de informação e colaboração científica. Este serviço garante a qualidade de serviço e maior adaptabilidade da rede para fornecimento dos recursos de rede que estes grupos necessitam.

4.1.2 GÉANT 1

A rede de larga escala, GÉANT 1 [20], apresenta-se como a quarta evolução de um conjunto desenvolvido pela organização DANTE [21]. Iniciou no ano 2000 e apresentou-se como o legítimo sucessor do projecto TEN-155, propondo os seguintes objectivos:

- Suporte superior de serviços;
- Velocidades Gigabit;
- Expansão Geográfica;
- Conectividade Global;
- Garantir qualidade de serviço.

Verifica-se de imediato a relação directa destes objectivos com os apresentados noutros projectos. A exploração de novas tecnologias e avanços no campo das comunicações permitiu ir mais além e superar o já alcançado anteriormente. Permitiu, igualmente, interligar mais centros de investigação, contando já com trinta países, de uma forma mais eficiente e com perspectivas de globalização ainda maior.

Uma das maiores evoluções está na introdução da fibra escura no *backbone* da rede. As velocidades oferecidas passariam a estar entre os 2.5 e os 10 Gbit/s, ultrapassando a barreira dos Mbit/s. Na sua topologia utiliza *routers* M160 com tecnologia DWDM (*Dense Wavelength Division Multiplexing*) [22], sendo este o estado da arte mais avançado nas redes mundiais do mesmo género. O DWDM trata-se de uma técnica de transmissão por fibra óptica, que define comprimentos de onda da luz para transmitir dados, paralelos ao bit ou serializáveis ao carácter. Associado ao desenvolvimento da rede de comunicação foi possível criar um maior suporte a serviços de colaboração entre entidades e acessibilidade a redes globais de forma consolidada.

4.1.3 GÉANT 2

No seguimento do seu antecessor, com o GÉANT2 [23], novas barreiras foram ultrapassadas e melhorias foram apresentadas na tentativa de alcançar e implementar um conjunto de objectivos propostos [24], fornecendo um serviço mais completo à comunidade científica. Os objectivos principais são em tudo idênticos aos apresentados pela rede GÉANT 1.

Uma grande inovação na sua infra-estrutura foi a passagem para uma rede híbrida. Pela primeira vez não existia dependência de empresas de telecomunicações para adquirir, instalar e operar a fibra e todo o equipamento necessário, aumentando o controlo sobre a rede de forma a garantir qualidade de serviço e custos mais baixos.

A estrutura do *backbone* é idêntica ao seu antecessor, utilizando os mesmos elementos físicos e protocolos já provados como sendo eficientes e ideais para fornecimento de todo o tipo de serviços. Com o aumento da velocidade de conectividade e elevado grau de integração de recursos, tornou-se possível aumentar a eficiência produtiva e permitir a exploração de áreas complexas. Foram estabelecidos protocolos mais fortes entre diversos consórcios, para o crescimento do número de canais especiais entre redes do mesmo género e para aproximar cada vez mais os investigadores de diversos pontos do globo.

Em suma, a evolução tende para uma rede única global onde de forma simples e eficiente se podem estabelecer grupos de investigação para partilha de recursos físicos e lógicos, para atingir resultados importantíssimos para a comunidade científica.

Na figura 7 é apresentada a topologia actual da rede GÉANT 2, de uma forma bastante simplificada.

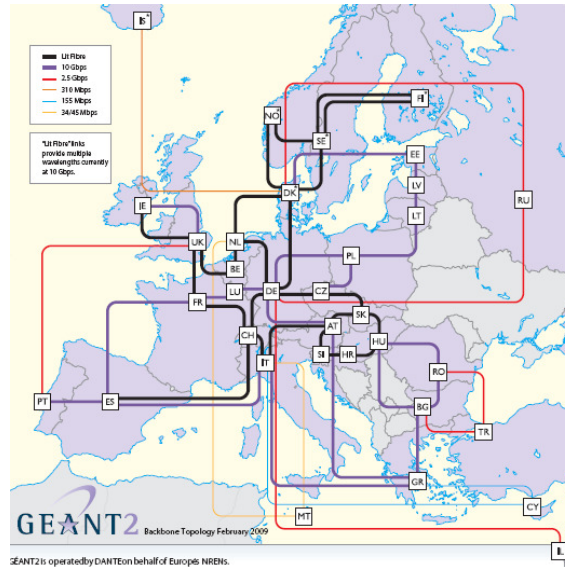


Figura 7 – Topologia de rede do GÉANT 2

4.2 Funcionamento do GÉANT

A rede GÉANT, geralmente é referenciada como sendo “a rede das redes” pois sugere uma hierarquia no caminho ponto-a-ponto. Por outras palavras, a informação entre dois pontos viaja em diversas redes a diferentes níveis interligados entre si: campus, regional, nacional e GÉANT; seguindo posteriormente pelo caminho inverso até ao utilizador destinatário.

Como indicado anteriormente, a sua constituição é híbrida, subdividindo-se em duas partes fundamentais: infra-estrutura de *routing* e *switching*. A palavra híbrida indica que cada uma das duas partes apresenta uma topologia (organização) diferenciada.

A infra-estrutura de *routing* é responsável por encaminhar a informação entre dois utilizadores ao longo da rede. Tal encaminhamento é feito entre *routers*, que se encontram localizados em diversos pontos, através do endereço IP (*Internet Protocol*) do destinatário. As suas tabelas de encaminhamento indicam o canal a transmitir os dados, até ao próximo *router* ou utilizador final, que está directamente relacionado com a localização da rede a que o endereço pertence. No serviço prestado existe sempre a garantia de renovação periódica das tabelas de encaminhamento, de forma a encontrar sempre o caminho mais curto entre dois pontos. No entanto é importante referir que nenhum *router* possui conhecimento geral da rede, devido à sua enorme escala, e que não são exclusivos a um nível da hierarquia, podendo se encontrar ligados a vários.

A infra-estrutura de *switching* possui ligações especiais localizadas em alguns caminhos da estrutura anterior. Constituída por circuitos especiais, permite redireccionar rotas para responder às necessidades das aplicações mais exigentes, criando ligações prioritárias e garantido qualidade de serviço para evitar o congestionamento do *backbone* IP.

Os canais de comunicação estão implementados com fibra escura, interligando os vários utilizadores, *router* e *switches* da rede. Toda a logística de controlo e manutenção do equipamento de iluminação da fibra é da responsabilidade do consórcio do GÉANT.

4.3 Parceiros

Antes de se abordar a temática das parcerias, propriamente ditas, é essencial definir o conceito de NRENs antes disso, devido à sua importância neste capítulo.

4.3.1 NRENs

Uma NREN [25], ou “*National Research and Education Network*”, é um provedor de serviços, à escala da Internet, dedicado ao suporte de fins de pesquisa e educação, fornecendo esses serviços a comunidades e/ou instituições dentro de um país. Geralmente estes ISP’s (*Internet Service Providers*) especiais são suportados por um *backbone* de rede, de alta capacidade, para suportar as necessidades dos seus constituintes. Também conseguem ligar outras redes a nível regional e metropolitano.

O próprio GÉANT foi criado como uma parceria entre diversos NRENs [26] europeus e tem vindo a crescer e a ganhar mais parceiros (outras NRENs), permitindo alargar-se a uma escala mundial, conectando instituições e utilizadores nesta grande rede de pesquisa e conhecimento. De facto, é devido às NRENs que é possível tal tecnologia existir e ter a capacidade de expansão que demonstra. Outro aspecto que convém referir é a organização desta rede, de forma hierárquica, que liga os diversos NRENs entre si, os quais fornecem ligação a instituições e respectivos campus. Estes últimos fornecem a ligação ao utilizador final, tal como se verifica na imagem seguinte.

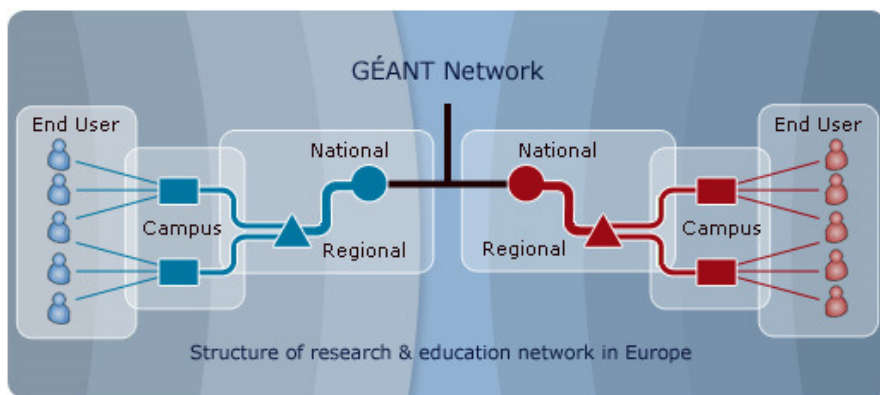


Figura 8 – Estrutura da Rede GÉANT

4.3.2 Parceiros e Cobertura do GÉANT

Actualmente o projecto GÉANT é uma colaboração entre 34 parceiros: 32 NRENs, que recebem a ligação do GÉANT directamente, e mais dois parceiros adicionais, as organizações DANTE e TERENA. Juntos fazem com que seja possível levar os benefícios da rede a um total de 40 países, europeus e não só.

O DANTE [27] (*Delivery of Advanced Network Technology to Europe*) foi estabelecido em 1993 na Universidade de Cambridge, tratando-se de uma organização sem quaisquer fins lucrativos e cuja localização

foi definida devido à oferta, por parte do governo britânico, de benefícios nos impostos. O objectivo desta organização é construir e operar redes de pesquisa europeias e foi criada por um grupo de NRENs. Tem tido um papel chave nas últimas 4 gerações destas redes, como são o caso da EuropaNet, TEN-34, TEN-155 e o GÉANT. Actualmente a sua actividade principal é a operação e a gestão de toda a rede GÉANT. O seu financiamento também provém maioritariamente do envolvimento que tem nos seus projectos, sendo o GÉANT, o maior de todos os que está envolvido.

A TERENA [28] (*Trans-European Research and Education Networking Association*) é maioritariamente uma organização colaborativa que tenta juntar comunidades (técnicos, especialistas, etc.) numa rede de pesquisa e conhecimento, de modo a permitir a partilha e discussão de investigações, dados e tudo o que for válido no âmbito da inovação. Fornece às NRENs um fórum, privilegiando o desenvolvimento de tecnologias para a Internet, infra-estruturas e serviços para serem usados pelas comunidades de pesquisa e educação.

Os utilizadores da rede GÉANT são então ligados através dos NRENs, que por sua vez se ligam ao *backbone* da rede. Adicionalmente, extensas ligações para outras regiões formam um *gateway* europeu para a pesquisa e conhecimento global. A actual lista de NRENs parceiros [4.3.2_3] por país é a seguinte:

- ACOnet (Áustria) [29]
- BELnet (Bélgica) [30]
- BREN (Bulgária) [31]
- CARNet (Croácia) [32]
- CyNet (Chipre) [33]
- CESNET (Republica Checa) [34]
- EENet (Estónia) [35]
- RENATER (França) [36]
- DFN (Alemanha) [37]
- GRNET (Grécia) [38]
- NIIF (Hungria) [39]
- HEAnet (Irlanda) [40]
- IUCC (Israel) [41]
- GARR (Itália) [42]
- SigmaNet (Letónia) [43]
- LITNET (Lituânia) [44]
- RESTENA (Luxemburgo) [45]
- MARNet (Macedónia) [46]
- Universidade de Malta [47]
- MRnet (Montenegro)
- NORDUnet (Suécia, Finlândia, Dinamarca, Noruega e Islândia) [48]
- PSNC (Polónia) [49]
- FCCN (Portugal) [50]
- RoEduNet (Roménia) [51]
- AMRES (Sérvia) [52]
- SANET (Eslováquia) [53]

- ARNES (Eslovénia) [54]
- RedIris (Espanha) [55]
- SWITCH (Suíça) [56]
- SURFnet (Holanda) [57]
- ULAKBIM (Turquia) [58]
- JANET (Reino Unido) [59]

4.4 Impacto da Fibra Óptica

Hoje, infra-estruturas electrónicas como a rede GÉANT, sistemas GRID e repositórios de dados são catalisadores de um novo “renascimento científico” para estimular a prosperidade e o crescimento. O sucesso no plano da inovação mostrou a necessidade de aumentar o investimento em investigação de alto risco, produtora de transformações e inovações, de modo a garantir que a Europa permaneça competitiva a longo prazo. A rede GÉANT é um projecto pioneiro com uma alta visão de inovação, visando ligar universidades, instituições e outras entidades relacionadas com a investigação e o desenvolvimento na Europa.

A criação de uma rede tão vasta e de alta performance como o GÉANT precisa obviamente de um suporte físico bastante desenvolvido, que seja suficiente para acomodar a vasta quantidade de serviços que a mesma oferece aos seus utilizadores, que por sua vez se encontram na ordem dos milhões. Esse suporte físico passa pela adopção da fibra óptica escura. A escolha deste tipo de fibra, deve-se essencialmente à elasticidade da sua estrutura, facilmente adaptável a diversas velocidades de transmissão, e compatível com inúmeros dispositivos de emissão de luz. Por outro lado o seu custo é mais baixo quando comparada com outras fibras ou cabos, como é mencionado no capítulo sobre a fibra óptica.

Anteriormente o mercado oferecia tipicamente circuitos [19] que iam, no máximo, de 155 a 622Mbit/s, o que para realizar alguns trabalhos de pesquisa, não era o ideal. Os investigadores começaram a ter a necessidade de larguras de banda na casa do gigabit. Desta forma, o aparecimento do GÉANT suportado pela fibra óptica, veio revolucionar a pesquisa e inovação por toda a Europa [60], [61]. O aumento da largura de banda impulsionou a criação de um maior número de aplicações com recursos a enormes quantidades de dados. A requisição/partilha de dados entre instituições passou a ser possível e viável, com recurso à exploração de transmissões simultâneas em vários canais. Esta evolução veio também fazer com que as NRENs viessem a reforçar as suas ligações regionais e metropolitanas para evoluir passo-a-passo com o GÉANT. É caso disso a nossa FCCN [62] , que reforçou a infra-estrutura nacional com fibra óptica de elevada capacidade, permitindo uma grande evolução na rede académica portuguesa. Esta evolução veio permitir a alavancagem de projectos governamentais bem conhecidos, como a e-U [63] e a B-On [64] .

O impacto que a fibra óptica teve no projecto GÉANT é então perceptível: passou a ser fornecida uma infra-estrutura europeia, de alta qualidade e quantidade de largura de banda, para ser aproveitada pelas entidades ligadas à investigação e desenvolvimento. Por outro lado, veio “forçar” a evolução das NRENs para meios mais avançados, reforçando o desenvolvimento dos países. Assim pode-se concluir que, graças à fibra óptica, a rede GÉANT inclui, uma larga diversidade de serviços avançados de grande impacto na comunidade que serve, características que, em conjunto, a tornam uma das mais desenvolvidas redes de investigação e educação de dimensão mundial.

4.5 Benefícios

A rede GÉANT através da interligação dos vários parceiros de rede permite transferir enormes quantidades de dados de grande utilidade para diversos tipos de aplicações. Uma grande parte dessas aplicações irá ter impacto sobre a sociedade, uma vez que permitem criar as condições para o desenvolvimento nos mais variados aspectos, bem como oferecer um ponto de partida para uma coesão social. Este assunto será abordado mais detalhadamente no capítulo 7.

Por intermédio de ligações com outros continentes é possível criar uma rede global [65] que permite a investigadores da Europa colaborar com investigadores residentes noutros locais do mundo, o que se revela uma vantagem para o desenvolvimento da própria ciência e tecnologia [66] . De facto, o GÉANT tem o duplo papel de proporcionar uma infra-estrutura de apoio à investigação e educação [67] e também uma infra-estrutura para a sua própria investigação. De notar que esta rede europeia facilita o acesso de alguns países à informação digital, funcionando também como um estímulo ao desenvolvimento económico e à diminuição da disparidade, em termos tecnológicos, económicos e sociais, entre as várias regiões envolvidas.

Relativamente à componente educacional, a rede interliga as várias universidades e escolas de vários países europeus, o que cria melhores condições para a aprendizagem e novos desafios. Alguns países oferecem, também, os serviços da rede para os ministérios e entidades governamentais.

Um outro aspecto de grande relevo que a rede consegue atingir é o facto de manter a Europa como a líder na investigação, muito por força da grande largura de banda que suporta. Devido a essa característica, o GÉANT preocupa-se em fornecer ligações de fibra escura para as comunidades de investigação mais desenvolvidas, o que lhes traz grandes benefícios, por oferecer maiores velocidades de ligação, sendo determinante para a liderança da Europa.

Ainda com o GÉANT tornou-se possível que dados experimentais fossem disponibilizados na rede instantaneamente, como é o caso das observações astronómicas, o que cria um grande benefício, pois as capacidades de um só país obter esse tipo de dados seria demasiado dispendiosa. Assim, o problema é contornado através do acesso remoto aos dados.

Um factor a ter em conta é o da própria rede GÉANT fornecer uma ferramenta para medir a disponibilidade da ligação em cada país participante. Isto é benéfico no sentido de permitir resolver, através de várias técnicas e políticas, os problemas de ligação em áreas menos avançadas.

Conclui-se assim que esta rede produz os incentivos necessários para que, cada vez mais, toda a comunidade científica e social de todo o mundo se una para avançar e vencer todos os desafios que se apresentam hoje e no futuro.

4.6 Outros países/continentes

Em seguida apresentam-se redes semelhantes ao GÉANT que visam fornecer um suporte à comunicação entre instituições em busca de inovação. Devido à dimensão da rede em causa apenas se justifica analisar os casos dos Estados Unidos, China e Japão.

4.6.1 Internet2 Network

É uma rede [68] constituída por redes regionais e membros conectores, que funcionam como *Point of Presence* (POP). Um POP é um termo utilizado na indústria da Internet para referência a uma central ou hub, que os subscritores utilizam para aceder ao *backbone* de banda larga do *Internet Provider*. Actualmente liga cerca de 60 mil instituições educacionais, de pesquisa e governamentais nos Estados Unidos como escolas, bibliotecas, museus e centros de saúde. Esta rede é gerida pelo consórcio Internet2, uma parceria sem fins lucrativos constituída por instituições de pesquisa e inovação, indústria e governamentais

Aprofundando a sua estrutura, vemos que é uma rede IP óptica de última geração que fornece serviços de rede necessários à pesquisa e educação. Fornece também um ambiente seguro onde as instituições podem comunicar. A sua implementação física baseia-se na fragmentação em diversas redes, diferentes logicamente, mas que são ligadas entre si através de sistemas de encaminhamento robustos, capazes de fornecer serviços de *IP networking*, circuitos virtuais, *multicast* e outros protocolos de rede avançados.

Fisicamente as ligações são, à semelhança de outras redes como o GÉANT, suportadas por fibra óptica, num total máximo de largura de banda de 10Gbps. Um dos serviços fornecidos mais importante é o FiberCo que visa prestar ligações sobre fibra escura e complementar a existência da infra-estrutura da rede Internet2.

4.6.2 SINET

A “*Science Information Network*” [69] é uma rede de informação que liga as várias universidades e centros de pesquisa do Japão através de vários nós distribuídos pelo país. À semelhança de outras redes, tem o objectivo de permitir a circulação de dados entre universidades, instituições de pesquisa e educação, entre outras entidades. Tem também ligações a outras redes de pesquisa internacionais como o GÉANT e Internet2, de modo a partilhar informação de pesquisa com países de todo o mundo.

A sua estrutura é em forma de grafo, onde existem os *core nodes*, ou seja os nós principais que suportam todo o *backbone* da rede, e os *edge nodes* que correspondem às instituições membros da rede. As ligações físicas são suportadas por fibra óptica num máximo de 40Gbps que liga Tóquio a Nagoya e Osaka e ainda linhas de 10Gbps para redes internacionais nos EUA e Europa. Os serviços fornecidos são semelhantes a outras redes, divididos por camadas. Um dos serviços mais interessantes tem a ver com *Bandwidth-on-demand*, que permite reservar largura de banda nas linhas garantindo uma taxa de transmissão mínima.

4.6.3 CERNET

A “*China Education and Research Network*” [70] é a mais larga rede de fibra óptica privada da China. Liga mais de 1500 universidades, 20 milhões de estudantes e 3 milhões de administradores. Recebe os seus fundos directamente do governo Chinês e é administrada pelo ministério da educação. Foi construída, e é actualmente operada, pela universidade de Tsinghua e outras universidades de relevo.

A estrutura desta rede é baseada numa divisão em quatro camadas: *backbone* nacional, redes regionais, redes provinciais e redes de campus. A divisão lógica é constituída por oito regiões baseadas nas suas

estruturas geográficas e desenvolvimento da rede. Cada uma destas redes regionais está localizada em 8 universidades principais espalhadas pelas diversas regiões da China. As ligações físicas que servem de suporte ao *backbone* são suportadas mais uma vez por fibra óptica com um *bandwidth* total de 2,5Gbps, até a um máximo de 10Gbps, já presentes em alguns canais importantes. As ligações internacionais para os EUA, Canadá, Inglaterra, Alemanha e Japão possuem uma largura de banda de apenas 250Mbps mas são com certeza importantes para a inovação global.

4.6.4 GÉANT vs Resto do Mundo

As inovações introduzidas ao longo dos anos, nas diversas redes mundiais, têm vindo a melhorar as capacidades e funcionalidades das mesmas. A rede europeia não fica atrás e segue também esta tendência possuindo, no entanto, algumas diferenças para as restantes “competidoras”.

A rede GÉANT provou que a complexidade da pesquisa colaborativa europeia pode ser tornada numa vantagem bastante positiva, se for feita de forma eficiente usando uma larga infra-estrutura. A fragmentação das redes americanas, japonesas e chinesas tornam mais difícil o uso de recursos de forma eficiente e o fornecimento de serviços para toda a rede científica e educacional. É devido a este facto que a rede GÉANT alcançou um avanço em termos de capacidade técnica e experiência operacional.

O próximo passo da rede é estabelecer uma rede massiva de fibra escura pela Europa inteira. Outras redes nos EUA, Canadá e Japão já tomaram iniciativas do género mas a uma escala bem inferior e bem menos complicada. Assim, a aproximação do GÉANT, ao combinar fibra escura e tecnologia de rede tradicional numa espécie de sistema híbrido, tornam a experiência pioneira e bastante mais complexa do que alguma vez outra tentou realizar. No final isto poderá trazer bastantes benefícios para a rede europeia e torná-la na mais avançada rede mundial.

Finalmente, resta referir que o termo “competição” não é bem no sentido tradicional, que aplicado neste caso indicaria uma espécie de batalha entre cada rede para se tornar melhor que a outra. O que acontece é exactamente o contrário, ou seja, a “competição” existente só torna possível que todas as redes evoluam tecnologicamente e a níveis semelhantes, para que seja mais fácil fornecer uma rede de pesquisa e inovação ao nível mundial, onde entidades de todo o mundo possam partilhar descobertas e trabalhos com as demais.

5 Portugal e o GÉANT

À semelhança de praticamente todos os países europeus, Portugal fez um enorme esforço de forma a oferecer uma rede nacional de investigação e ensino [71] que disponibiliza serviços privados, que correspondem às necessidades desta comunidade, a qual é designada por RCTS (Rede Ciência Tecnologia e Sociedade) . Trata-se assim, da NREN à escala nacional.

A RCTS encontra-se ao abrigo da FCCN. Actualmente, devido a um forte investimento nesta área, Portugal revela-se como um dos países da União Europeia cuja rede nacional de investigação dispõe das melhores infra-estruturas implementadas sobre fibra óptica.

5.1 FCCN

A Fundação para a Computação Científica Nacional (FCCN [50]) é uma instituição sem fins lucrativos responsável pela expansão da Internet em Portugal, tendo como prioridade administrar e desenvolver a rede RCTS. Esta rede assegura desde o início da década de 90, ligações entre determinadas instituições, tais como do ensino superior, laboratórios do Estado e instituições de investigação privada, constituindo-se uma plataforma de experimentação para aplicações e serviços avançados de comunicações.

Um dos passos importantes na evolução da RCTS foi a sua ligação à rede GÉANT, o que necessitou de um elevado reforço na sua infra-estrutura para responder a estes desafios surgidos.

Alguns objectivos da FCCN passam por criar redes com as mais altas tecnologias, fornecendo uma máxima velocidade. Como tal, várias evoluções na rede foram surgindo e nos últimos quatro anos, a FCCN garantiu que a rede fosse suportada por cerca de 1.000 km de cabo de fibra óptica, o que permite uma elevada qualidade de serviço ao dispor da comunidade de investigação. Importa referir que a FCCN desempenhou um importante papel, no sentido em que colocou Portugal como um dos países pioneiros na ligação em banda larga, estendida a todas as escolas públicas do ensino básico e secundário.

A rede RCTS permitiu desenvolver diversos serviços e aplicações, actualmente utilizados, tais como: Biblioteca do Conhecimento Online (B-on), e-U:Campus Virtual, VoIP [72] , Arquivo da Web Portuguesa, Salas de vídeo-conferência imersiva, entre outros.

5.2 Topologia da rede RCTS

A figura no final desta secção, mostra a topologia da rede RCTS em Abril de 2009, verificando-se que os dois nós principais estão localizados em Lisboa e Porto, em que cada um deles cria ligações para as várias instituições. As ligações entre Lisboa e Braga sofreram evoluções para uma largura de banda de 10 Gbit/s, 100% em fibra óptica, garantindo-se ligações nessa velocidade às 7 maiores universidades.

Um dos principais objectivos que a FCCN pretende implementar é o alargamento da fibra óptica para todas as capitais dos distritos, de forma a oferecer a ligação a todas as instituições do ensino público.

Quanto às ligações internacionais, que realizam a ligação ao GÉANT, estas também sofreram várias alterações e suportam agora boas larguras de banda.

A FCCN insere-se no GÉANT tanto ao nível da investigação conjunta, participando como um parceiro activo em diversos grupos de trabalhos, como ao nível da utilização directa das funcionalidades que a rede oferece. A participação como utilizador directo é feita através de duas ligações de alto débito, de Lisboa para Londres (2,5 Gbps) e Madrid (10Gbps), que provoca uma intencionada redundância. Actualmente o tráfego para o GÉANT é feito apenas pelo troço Lisboa-Madrid.

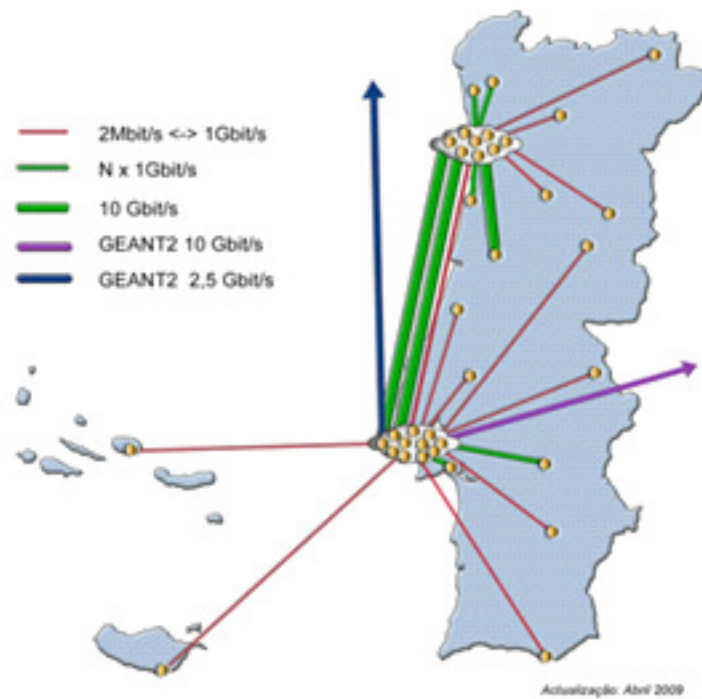


Figura 9 – Topologia da Rede RCTS

Nas figuras seguintes [73] podemos ver alguns indicadores no que toca à conectividade internacional da RCTS. Em ambas as figuras, os dados são do mês de Julho e enquanto a primeira mostra os valores da conectividade em Gbps de 1997 a 2002, a segunda mostra de 2002 a 2008. A terceira figura demonstra o crescimento anual desses valores de 1997 a 2008, com dados obtidos também no mês de Julho.

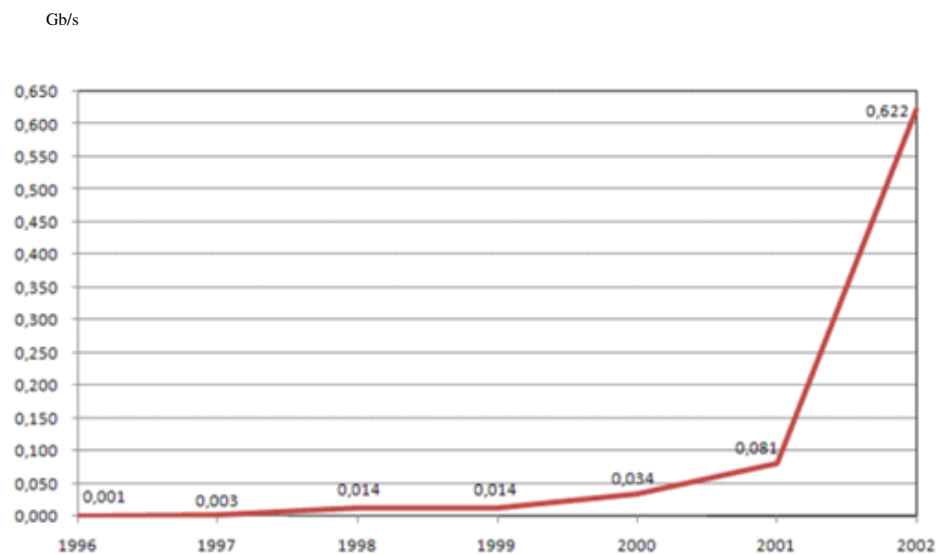


Figura 10 – Conectividade Internacional da RCTS (1997-2002)

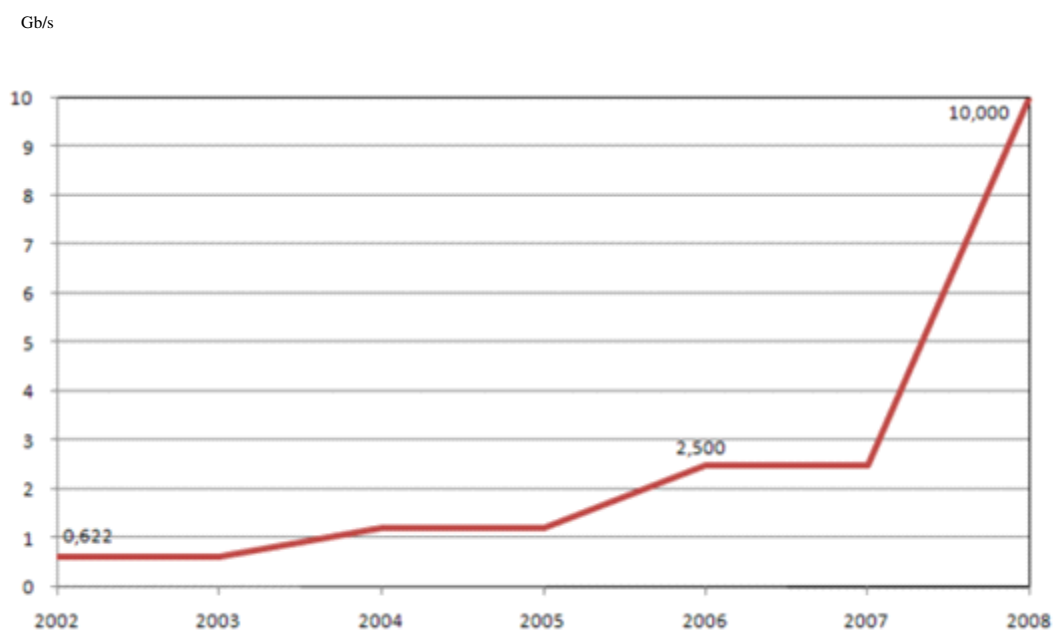


Figura 11 – Conectividade Internacional da RCTS (2002 – 2008)

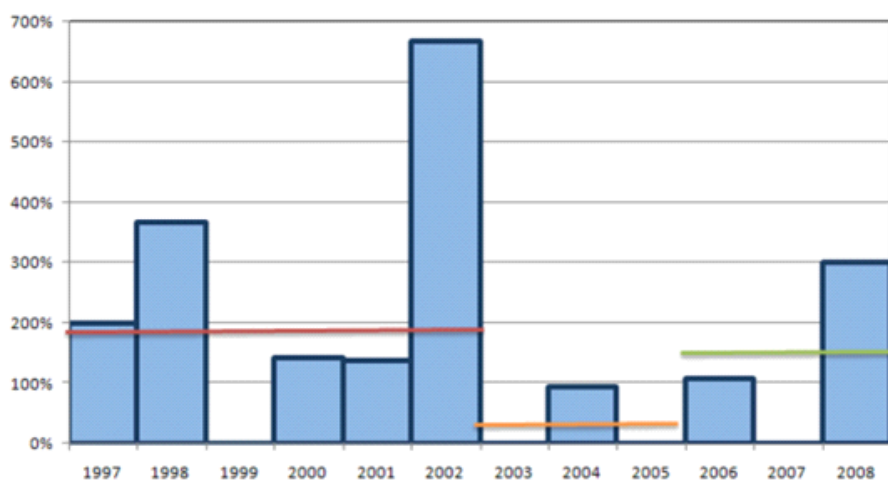


Figura 12 – Crescimento anual da conectividade internacional da RCTS

Segundo os dados da figura anterior, verificamos que o ano de maior crescimento foi o de 2002. Em média o período de maior crescimento foi de 1997-2002 (192%), seguido do período de 2006-2008 (152%) e por fim o período de 2002-2006 (24%).

5.3 Investigação

O interesse manifestado pelas instituições de investigação perante os serviços de banda larga de carácter audiovisual levou a que a FCCN se tenha preocupado em investigar as implicações de utilização destes meios, por intermédio de sistemas de difusão de vídeo sobre a sua rede [74]. Este tipo de tecnologia permite criar serviços de boa qualidade, como as vídeo-conferências ou ensino à distância, que irão rentabilizar toda a sua infra-estrutura, maioritariamente suportada em fibra óptica. Contudo, as dificuldades inerentes à adopção desta tecnologia requerem uma forte investigação por parte da FCCN, simultaneamente apoiada por um certo financiamento.

5.4 Financiamento

Actualmente o financiamento público e o acompanhamento da evolução da RCTS [75] estão ao abrigo da UMIC (Agência para a Sociedade do Conhecimento), tendo provocado uma significativa transição do modelo de financiamento da rede em 2007. Anteriormente, o modelo de financiamento com características centrais e distribuídas apresentava diversas desvantagens. A vertente centralizada admitia uma pequena parte da contribuição nacional para cobrir os custos, por sua vez, a outra vertente distribui o restante financiamento pelas instituições públicas e privadas, formando-as como um consórcio. Com este modelo, visto que estamos na presença de um elevado número de instituições públicas que pretendem usufruir dos serviços, ocorre uma má separação dos conceitos de centralização e distribuição de custos no consórcio. Ora, este esquema leva a uma difícil tarefa administrativa quanto à cobrança das respectivas contribuições, requerendo uma maior gestão dos recursos humanos. Considera-se, também, a dificuldade em permitir o conveniente aumento de tráfego nas redes de investigação e educação.

Portanto, a necessidade de combater os problemas deste modelo levou à adopção de um modelo simples de financiamento público e centralizado para os custos imputados às instituições de carácter público, dispondo-se de um orçamento fornecido pela UMIC que rondou os 5,5 milhões de euros em 2008. Assim, emergiu-se para uma situação na qual foi possível todas as instituições públicas terem acesso à RCTS.

6 Inovação do GÉANT

Ao longo dos anos, com as várias evoluções que a infra-estrutura sofreu, foram lhe atribuídas várias designações. Porém, o sucesso da anterior infra-estrutura GÉANT 2 criou novas ambições, e portanto novos horizontes foram delineados, tendo em vista as necessidades da Internet do futuro. No dia 1 de Dezembro de 2009, uma conferência em Estocolmo marcou a apresentação oficial da terceira geração do GÉANT, designada por GÉANT 3. Com esta terceira geração espera-se que a partir de 2012, investigadores em todo o mundo possam desfrutar de velocidades na ordem dos 100 Gbps, dez vezes superiores às actuais.

6.1 GÉANT 3

O projecto GÉANT 3 [76] irá contemplar 36 países europeus através de 32 parceiros NREN, nos quais garantidamente se encontra a FCCN. Os custos deste projecto rondam à volta dos 45 milhões de euros por ano, sendo comparticipados pela Comissão Europeia e pelos respectivos NRENs. A criação dos serviços essenciais ao projecto requer um forte diálogo entre o R&E GÉANT (*Research & Engineering*) e os parceiros na indústria das tecnologias de informação e comunicação.

A transição entre a 2ª e a 3ª geração será feita de forma transparente, onde irá ocorrer um menor foco no reforço da infra-estrutura já existente, pois pretende-se sobretudo, obter o máximo rendimento dela com um especial ênfase ao utilizador final. Uma vez que estamos perante a existência de ligações de fibra óptica, será possível atingir a desejada capacidade de 100 Gbps. De facto, a rede será preparada para suportar aplicações específicas que requerem determinadas características, tais como a referida largura de banda. Assim, o GÉANT 3 pode dar um forte contributo em diversas áreas da ciência, por exemplo, na medicina pode desenvolver novas técnicas e práticas medicinais, ([T@lemed](#) [77]); na astronomia, como é o caso do “*EXPRes Astronomy*”, com a rede GÉANT este tem sido capaz de processar dados para criar imagens de determinadas áreas do universo, distribuídas em tempo real. As transferências de dados que antes demoravam 82 dias passaram a ser de 82 segundos, o que será ainda melhorado com esta terceira geração da rede.

Ao nível da colaboração entre parceiros, os objectivos passam por quebrar as barreiras instauradas entre os NRENs, criando um verdadeiro ambiente de multi-domínio. O GÉANT 3 tem a missão de remover a divisão digital, tanto ao nível geográfico como económico, permitindo criar uma sociedade com condições de acesso à informação. A nova rede irá ter prioridades no que diz respeito às ligações para as outras redes internacionais. Nestes termos, é possível formar uma rigorosa comunidade virtual de investigação a nível global pelos investigadores de todo o mundo. Outra vantagem presente é o eventual esforço desempenhado por todos para um contributo em prol da Internet do futuro.



Figura 13 – Novas parcerias para o GÉANT 3.

6.2 Perspectivas da FCCN

Relativamente às pretensões da rede de investigação nacional na vertente do projecto GÉANT 3 [78], existem possibilidades em estudo, porém as duas ligações existentes para a rede europeia por enquanto irão permanecer como estão.

Entre os governos de Portugal e Espanha foi assinado um acordo que visa a criação de um “anel ibérico” de fibra óptica que cria redundância e passa pelas cidades do Porto, Lisboa, Badajoz e Valença. Este anel está concluído por parte de Portugal, mas falta a ligação do lado espanhol para o completar. Com esta rede dispõe-se de uma ligação de elevada velocidade para a Espanha e resto da Europa. Um dos cenários em aberto passa pela ligação da FCCN ao GÉANT 3 por intermédio da ligação com Badajoz, pertencente ao anel.

7 Impacto Social

A rede GÉANT foi pensada, tendo como um dos objectivos principais, a entrega de um valor real e benéfico para a sociedade, por impulsionar uma forma dos investigadores poderem partilhar os seus contributos para a ciência e cooperarem entre eles, formando uma comunidade global de investigação.

O GÉANT, através das suas capacidades, conseguiu a integração de cientistas e académicos localizados em regiões distintas, em que algumas eram de menor relevo, sobre a comunidade científica europeia. Essa integração colocou novos cientistas ao alcance dos principais domínios da investigação. Desta forma, são promovidas relações de parceria entre regiões que constituem um marco importante, no sentido de uma condição essencial para alcançar o êxito da inserção bem-sucedida dos países, num mundo globalizado. Uma situação ocorrida, é o caso do Paquistão [79] , que viu os seus investigadores poderem comunicar com todos os outros, graças à ligação criada entre a GÉANT e a TEIN.

A concepção de uma rede global à escala planetária, na qual se estabelecem diversas parcerias entre as várias regiões, torna-se o elemento básico ao consequente desenvolvimento de uma sociedade de informação que precisa de atender, maioritariamente, às questões internas da região. Assim, é necessária uma importação dos contributos provenientes de toda a comunidade científica.

A rede GÉANT, juntamente com todas as outras redes interligadas, é uma base bastante forte para o suporte de aplicações determinantes no acesso a recursos essenciais e, na maioria das vezes, bastante longínquos. Essas aplicações são uma chave do processo para a resolução dos desafios a nível social, educacional e da saúde, pois essas aplicações são um estímulo ao desenvolvimento e ao conhecimento, o que promove e incentiva o surgimento de algumas actividades e ainda a expansão de outras já existentes. Portanto, novos negócios surgem e uma maior quantidade de informação é propagada pela sociedade, o que leva à criação de novos empregos e ao aumento do seu nível de conhecimento, construindo-se uma base tecnológica e científica que se direcciona para o desenvolvimento sustentável da respectiva região.

Veja-se que, por suporte desta rede de alto débito, pode existir uma aplicação específica na área da saúde que envia procedimentos médicos de clínicas remotas para hospitais em grandes cidades, de modo a serem analisados por especialistas, enviando-se de volta, os respectivos resultados à clínica local. Por conseguinte, obtém-se um acompanhamento médico mais especializado sem grandes atrasos. Esta aplicação, seguramente,

causa benefícios acrescidos para uma sociedade, na medida em que contribui directamente para melhorar a qualidade de vida e saúde dos seus cidadãos.

Relativamente ao ensino, o GÉANT coopera na utilização das mais avançadas e mais rápidas tecnologias de ligação à Internet nas escolas e universidades da Europa. Isto revela-se um importante avanço para a comunidade académica, que há tempos atrás via as suas ligações à Internet com capacidades bastante limitadas. Nestas circunstâncias, têm agora uma boa ferramenta que lhes permita colaborar melhor no âmbito científico.

8 Conclusões

A Europa é um dos continentes mais pequenos do planeta. Se excluirmos a Oceânia, é mesmo o mais pequeno de todos. Portanto é essencial, que haja união entre todos os países constituintes, para manter o continente no topo da inovação.

A rede GÉANT é um grande exemplo, de como uma cooperação entre vários países pode ser tão eficaz. Desta forma, a Europa consegue ter uma rede, centrada para as áreas educacionais e de investigação, de topo e essencial ao seu desenvolvimento.

Para isso, a fibra óptica foi uma tecnologia essencial, mais particularmente a fibra escura. Não só permitiu melhores custos, porque como foi analisado neste trabalho, este tipo de fibra é bastante mais acessível em termos económicos, como também permitiu todas as outras vantagens típicas da fibra, como é o caso das altas velocidades, assim como, a hipótese de conseguir controlar com muito mais facilidade a rede. Pode não parecer, mas o facto de existir tal estrutura a nível europeu, capaz de fornecer tais propriedades, faz da fibra óptica, uma das grandes inovações dos últimos tempos, pois torna muito mais fácil que outros projectos de investigação inovadores se desenvolvam mais rapidamente.

Importante de assinalar também o papel de Portugal, mais uma vez demonstra que tem capacidade para se manter ao nível dos outros parceiros europeus, dentro da sua dimensão claro, assumindo um papel importante, através da FCCN, nesta rede global que é o GÉANT.

Assim, se demonstra o papel tão importante que a fibra óptica tem, não só na Europa com o GÉANT, mas também um pouco em todo o mundo, onde também existem projectos semelhantes a este, e que dependem desta tecnologia que não inventando nada de novo, consegue ser bastante revolucionária, melhorando muito as condições para ensino, investigação e até cooperação internacional e inclusão social, como o caso mostrado do Paquistão.

9 Referências

- [1] GÉANT Homepage. <http://www.geant.net/pages/home.aspx>
- [2] L.L. Peterson and B.S. Davie, *Computer networks: a systems approach.*: Morgan Kaufmann Pub, 2007.
- [3] E. J. Feinler and J. Postel, "ARPANET protocol handbook," 1976.
- [4] A. Ghatak and K. Thyagarajan, *An introduction to fiber optics.* Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1998.

- [5] J.P. Powers, *Introduction to Fiber Optic Systems.*: McGraw-Hill Professional, 1993.
- [6] E.E.B. Basch, *Optical-fiber transmission.*: Sams Technical Publishing, 1986.
- [7] LB Jeunhomme, *Single-mode Fiber Optics.*, 1989.
- [8] T. Yamamoto, K. Nishida, A. Tateishi, and others, Plastic optical fiber, 1986, US Patent 4,593,974.
- [9] G.P. Agrawal, *Fiber-optic communication systems.*: Wiley New York, 1992.
- [10] J.C. Palais, *Fiber optic communications.*: Prentice Hall, 1988.
- [11] F.T.S. Yu and S. Yin, *Fiber optic sensors.*: CRC press, 2002.
- [12] Bank of America Homepage. <https://www.bankofamerica.com/index.jsp>
- [13] P.E. Green and others, "The future of fiber-optic computer networks," *IEEE computer*, vol. 24, pp. 78-87, 1991.
- [14] TEN-34 Homepage. <http://archive.dante.net/server/show/nav.1267>
- [15] TEN-155 Homepage. <http://archive.dante.net/server/show/nav.1482>
- [16] Josefien Bersee, "DANTE and EuropaNet: A profile," *ConneXions: The Interoperability Report*, vol. 8, 1994.
- [17] M. Behringer, "The implementation of TEN-34," in *Proceeding at JENC8*, vol. 331, Edinburgh, 1997.
- [18] Kai-Yeung Siu and Raj Jain, *A brief overview of ATM: protocol layers, LAN emulation, and traffic management.*: ACM, 1995, vol. 25.
- [19] R. Sabatino, J.M. de Arce, and F. House, "Implementation of the pan-European academic research network: TEN-155," *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, vol. 3, pp. 2253 - 2261, 1999.
- [20] GÉANT1 Homepage. <http://stats.dante.org.uk/geant/>
- [21] "DANTE Annual Report," DANTE, Cambridge, 2001.
- [22] S.V. Kartapoulos, *DWDM: networks, devices, and technology.*: Wiley-IEEE Press, 2003.
- [23] GÉANT2 Homepage. <http://www.geant2.net/>
- [24] Helen Martindale, Dale Robertson, and Melanie Pankhurst, "Deliverable DN2.0.3.8: GÉANT2 Brochure," GÉANT, 2008.
- [25] Judy A. Hill, "The National Research and Education Network: An Idea Whose Times Has Come," *Journal Of Information Systems Education*, Spring 1994.
- [26] John Dyer, "The Case For National Research and Education Networks," TERENA, 2009.
- [27] DANTE Homepage. <http://www.dante.net/>
- [28] TERENA Homepage. <http://www.terena.org/>
- [29] ACOnet Homepage. <http://www.aco.net/acohome.html?&L=1>
- [30] BELnet Homepage. <http://www.belnet.be/>
- [31] BREN Homepage. <http://bren.bg/en/>
- [32] CARNet Homepage. <http://www.carnet.hr/en>
- [33] CyNet Homepage. <http://www.cynet.ac.cy/english/>
- [34] CESNET Homepage. <http://www.ces.net/>
- [35] EENet Homepage. ://www.eenet.ee/EENet/EENet_en
- [36] RENATER Homepage. <http://www.renater.fr/>
- [37] DFN Homepage. <http://www.dfn.de/en/enhome/>
- [38] GRNET Homepage. <http://www.grnet.gr/default.asp?pid=1&la=2>
- [39] NIIF Homepage. <http://www.niif.hu/en>
- [40] HEAnet Homepage. <http://www.heanet.ie/>
- [41] IUCC Homepage. <http://www.iucc.ac.il/>
- [42] GARR Homepage. <http://www.garr.it/garr-b-home-engl.shtml>
- [43] SigmaNet Homepage. <http://www.latnet.lv/>
- [44] LITNET http://www.litnet.lt/index.php?option=com_content&task=view&id=24&Itemid=26
- [45] RESTENA Homepage. <http://www.restena.lu/restena/en/EN-Index.html>
- [46] MARNet Homepage. <http://dns.marnet.net.mk/csISP.php>
- [47] University of Malta. <http://www.um.edu.mt/>

- [48] NORDUnet Homepage. <http://www.nordu.net/ndnweb/home.html>
- [49] PSNC Homepage. <http://www.man.poznan.pl/online/?lang=en>
- [50] FCCN Homepage. <http://www.fccn.pt/>
- [51] RoEduNet. <http://www.roedu.net/en/node/43>
- [52] AMRES Homepage. <http://www.amres.ac.rs/index.php?lang=en>
- [53] SANET Homepage. <http://www.sanet.sk/en/aup.shtm>
- [54] ARNES Homepage. <http://www.arnes.si/english/>
- [55] RedIris Homepage. <http://www.rediris.es/>
- [56] SWITCH Homepage. <http://www.switch.ch/index.html>
- [57] SURFnet Homepage. <http://www.surfnet.nl/en/Pages/default.aspx>
- [58] ULAKBIM Homepage. <http://www.ulakbim.gov.tr/eng/>
- [59] JANET Homepage. <http://www.ja.net/>
- [60] AI Petrenko, "Development of a Grid-Infrastructure for the Educational and Research Segment of the Information Society in Ukraine with a Focus on Ecological Monitoring and Telemedicine," *Data Science Journal*, vol. 6, pp. 234-240, 2007.
- [61] P d'Anfray and F Simon, "RENATER dark fibre project architecture," in *High Performance Distributed Computing*, 2006, pp. 383-384.
- [62] Fibra Óptica na RCTS - um salto em banda larga.
http://www.fccn.pt/index.php?module=pagemaster&PAGE_user_op=view_page&PAGE_id=57&MMN_position=156:1
- [63] e-U Homepage. http://www.e-u.pt/PresentationLayer/eU_homepage.aspx
- [64] B-On Homepage. <http://www.b-on.pt/>
- [65] "GÉANT: Europe's research network - frequently asked questions," in *Europa - Press Releases RAPID*, 2008.
- [66] GÉANT Global Collaboration, "International research networks enable a creative union of science, technology and art," 2009.
- [67] Comissão Europeia, GÉANT academic internet links to Black Sea region - briefing, 2009.
- [68] S. Deusdado and P. Carvalho, "Integração de aplicações multicast num sistema de e-learning com QoS adaptativa," 2003.
- [69] I. Sachpazidis et al., "A Medical Network for Teleconsultations in Brazil and Columbia," in *Proceedings of the Second IASTED International Conference*, 2006, pp. 16-21.
- [70] Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, "Breve apresentação da proposta de Orçamento de Estado para 2009," 2008.
- [71] "GÉANT WHITE PAPER - Gn3 Proposal Review Board," GÉANT, 2008.
- [72] "GÉANT Network Connects Pakistan to 100 million researchers in Europe and Asia ," in *Europa - Press Release RAPID*, 2008.
- [73] Internet2 Homepage. <http://www.internet2.edu/>
- [74] SINET3 Homepage. <http://www.sinet.ad.jp/>
- [75] FiberCo Homepage. <http://www.fiberco.org/>
- [76] B. Goode, "Voice Over Internet Protocol," *Proceedings of the IEE*, vol. 90, 2002.
- [77] UMIC Homepage. <http://www.umic.pt/>
- [78] UMIC - FCCN apresenta os recentes desenvolvimentos da RCTS.
http://www.umic.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=3247&Itemid=186.
- [79] FCCN - Perspectivas para o GÉANT3.
http://www.fccn.pt/eci/doc_eci15/9%20CF%20Perspectivas%20para%20o%20GEANT3.pdf
- [80] CERNET Homepage. <http://www.edu.cn/HomePage/english/cernet/index.shtml>

10 Bibliografia

"GÉANT Network Connects Pakistan to 100 million researchers in Europe and Asia ," in *Europa - Press Release RAPID*, 2008.

"GÉANT WHITE PAPER - Gn3 Proposal Review Board," GÉANT, 2008.

"GÉANT: Europe's research network - frequently asked questions," in *Europa - Press Releases RAPID*, 2008.

A. Ghatak and K. Thyagarajan, *An introduction to fiber optics*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press, 1998.

A. Petrenko, "Development of a Grid-Infrastructure for the Educational and Research Segment of the Information Society in Ukraine with a Focus on Ecological Monitoring and Telemedicine," *Data Science Journal*, vol. 6, pp. 234-240, 2007.

B. Goode, "Voice Over Internet Protocol," *Proceedings of the IEE*, vol. 90, 2002.

Comissão Europeia, GÉANT academic internet links to Black Sea region - briefing, 2009.

DANTE Annual Report, DANTE, Cambridge, 2001.

E. J. Feinler and J. Postel, "ARPANET protocol handbook," 1976.

E.E.B. Basch, *Optical-fiber transmission*.: Sams Technical Publishing, 1986.

F.T.S. Yu and S. Yin, *Fiber optic sensors*.: CRC press, 2002.

G.P. Agrawal, *Fiber-optic communication systems*.: Wiley New York, 1992.

GÉANT Global Collaboration, "International research networks enable a creative union of science, technology and art," 2009.

Helen Martindale, Dale Robertson, and Melanie Pankhurst, "Deliverable DN2.0.3,8: GÉANT2 Brochure," GÉANT, 2008.

I. Sachpazidis et al., "A Medical Network for Teleconsultations in Brazil and Columbia," in *Proceedings of the Second IASTED International Conference*, 2006, pp. 16-21.

J.C. Palais, *Fiber optic communications*.: Prentice Hall, 1988.

J.P. Powers, *Introduction to Fiber Optic Systems*.: McGraw-Hill Professional, 1993.

John Dyer, "The Case For National Research and Education Networks," TERENA, 2009.

Josefien Bersee, "DANTE and EuropaNet: A profile," *ConneXions: The Interoperability Report*, vol. 8, 1994.

Judy A. Hill, "The National Research and Education Network: An Idea Whose Times Has Come," *Journal Of Information Systems Education*, Spring 1994.

Kai-Yeung Siu and Raj Jain, *A brief overview of ATM: protocol layers, LAN emulation, and traffic management*.: ACM, 1995, vol. 25.

L.L. Peterson and B.S. Davie, *Computer networks: a systems approach.*: Morgan Kaufmann Pub, 2007.

L.B. Jeunhomme, *Single-mode Fiber Optics*, 1989.

M. Behringer, "The implementation of TEN-34," in *Proceeding at JENC8*, vol. 331, Edinburgh, 1997.

Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, "Breve apresentação da proposta de Orçamento de Estado para 2009," 2008.

P. d'Anfray and F Simon, "RENATER dark fibre project architecture," in *High Performance Distributed Computing*, 2006, pp. 383-384.

P.E. Green and others, "The future of fiber-optic computer networks," *IEEE computer*, vol. 24, pp. 78-87, 1991.

R. Sabatino, J.M. de Arce, and F. House, "Implementation of the pan-European academic research network: TEN-155," *Computer Networks: The International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, vol. 3, pp. 2253 - 2261, 1999.

S. Deusdado and P. Carvalho, "Integração de aplicações multicast num sistema de e-learning com QoS adaptativa," 2003.

S.V. Kartapoulos, *DWDM: networks, devices, and technology.*: Wiley-IEEE Press, 2003.

T. Yamamoto, K. Nishida, A. Tateishi, and others, Plastic optical fiber, 1986, US Patent 4,593,974.