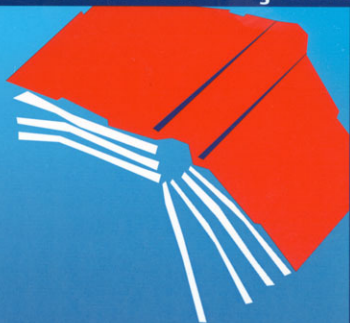


# ELECTRÓNICA E TELECOMUNICAÇÕES



universidade de aveiro



**AVEIRO • SET. • 97 • VOL. 2 • N° 1**

Revista do Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro

## Redes Ethernet: de 1 Mbit a 1 Gbit

Rui Pedro Lopes, José Luís Oliveira

**Resumo** - Estima-se que 80% das redes locais actuais sejam baseadas em tecnologia *Ethernet*. Apesar de algum criticismo em redor deste tipo de rede, as previsões não apontam para uma diminuição da quota de mercado. O aumento do débito introduzido com o *Fast Ethernet* e, mais recentemente, com o *Gigabit Ethernet*, torna esta tecnologia novamente competitiva. O objectivo deste artigo é a apresentação das normas mais recentes nesta área, bem como a discussão de alguns cenários futuros de aplicação.

**Abstract** – Nowadays, around 80% of local area networks are Ethernet based. However, aside from all the criticism over Ethernet technology, the market share does not tend to decrease. The growth of transmission speed, introduced with Fast Ethernet and, more recently, with Gigabit Ethernet, keeps the technology up to date, in despite of some limitations introduced by the compatibility with previous standards.

### I. INTRODUÇÃO

As organizações sociais e económicas da actualidade têm vindo a manifestar uma dependência crescente em relação aos sistemas de comunicação tanto internos com externos. As redes locais de dados ocupam nestes ambientes um papel de grande relevo, pelo que é importante uma avaliação permanente das suas capacidades para responder a requisitos cada vez mais exigentes impostos por utilizadores e serviços.

O desenvolvimento de aplicações de processamento gráfico de alta resolução, manipulação de vídeo e outros tipos de dados, impõem uma maior pressão junto dos fabricantes de servidores, componentes de extensão e interligação, estações de trabalho, no sentido de crescimento de largura de banda.

O tráfego gerado nem sempre mantém as mesmas características entre as várias aplicações. Voz ou vídeo em tempo real, por exemplo, necessitam uma taxa constante, de modo a não haver cortes ou interrupções que possam degradar de forma considerável a qualidade de reprodução. Outras aplicações, como o armazenamento e consulta de dados e aplicações Internet/Intranet requerem tempos de resposta curtos. Cada aplicação envia e recebe dados diferentes e de forma distinta, embora todas necessitem de uma maior largura de banda.

Cada vez mais dependentes da troca de informação, as organizações vêm-se em braços com a necessidade de aumentar a velocidade de transferência de dados, levando

ao aparecimento de tecnologia capaz de satisfazer as necessidades do cliente/utilizador.

Algumas novas arquiteturas para redes de alto débito têm sido propostas, tais como o FDDI, o *Frame Relay* e o ATM. No entanto, e apesar das suas potencialidades, têm tardado em implantar-se no mercado.

As redes Ethernet conquistaram desde há alguns anos um largo espectro de utilizadores em todo o mundo. Estima-se que 80% das redes locais actuais sejam baseadas nesta tecnologia. Apesar de todo o criticismo em redor deste tipo de rede, especialmente focalizado na ineficácia do seu método de controlo de acesso ao meio, esta arquitectura não parece ter os dias contados.

A *Fast Ethernet* é, já hoje, uma realidade. Alguns fabricantes exploram ainda a construção de uma norma para taxas de transmissão de 1 Gbit/s.

Este artigo procura realçar as características tanto positivas como negativas de cada uma destas normas e sugere, ainda, alguns possíveis cenários de aplicação.

### II. A ETHERNET

A rede Ethernet assenta na tecnologia de controlo de acesso ao meio mais popular em todo o mundo – o CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*). Este sistema apresenta algumas vantagens:

- A tecnologia é mais que comprovada - com milhões de utilizadores.
- Infra-estrutura de apoio numerosa e já bastante treinada - a grande quantidade de técnicos, projectistas e gestores de redes deste tipo possui anos de experiência e todo o conhecimento necessário para manter bons níveis de funcionamento.
- Facilidade de migração - a actualização pode ser periódica, sem grandes gastos em profundas alterações na estrutura e funcionamento da rede.
- Grande apoio - a vulgaridade da tecnologia fomenta o aparecimento de inúmeras empresas na área, fornecendo um amplo apoio, a todos os níveis.

Este tipo de soluções contém, de igual modo, alguns inconvenientes, que permitem o aparecimento e entrada de novas tecnologias no mercado:

- Não houve uma evolução significativa ao nível do controlo de acesso ao meio, o que torna a

tecnologia inadequada para certas aplicações e para determinado nível de tráfego.

- O aumento do número de utilizadores implica uma redução acentuada de eficiência da rede.

Independentemente dos inconvenientes, a Ethernet é uma solução comprovada e plenamente testada.

Um protocolo de controlo de acesso ao meio estabelece um conjunto de regras que regulam todo o mecanismo de partilha do meio de transmissão. O controlo pode ser centralizado, onde o acesso é garantido por um controlador, ou distribuído, no qual as próprias estações decidem quando transmitir. Pode ser um acesso condicionado (*Round-Robin*), fixo (reserva) ou aleatório (contenda) [1]. O método de controlo de acesso ao meio utilizado depende da configuração de ligações entre estações (Tabela 1).

De entre as tecnologias de redes locais de dados capazes de débitos mais elevados, as baseadas em Ethernet são as mais prováveis de dominar o mercado. Como suporte têm cerca de 80% de todas as redes instaladas [2].

Tabela 1 - Métodos de acesso ao meio.

Acesso	Meio partilhado	Anel
Condicionado	<i>Token-Bus</i> (IEEE 802.4)	<i>Token-Ring</i> (IEEE 802.5); FDDI
Fixo	DQDB (IEEE 802.6)	
Aleatório	CSMA/CD (IEEE 802.3)	

#### A. O CSMA/CD (IEEE 802.3)

O protocolo de controlo de acesso ao meio, identificado internacionalmente como IEEE 802.3 ou CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*), segue uma regra assíncrona distribuída de acesso aleatório. Por outras palavras, as estações partilham o meio (acesso múltiplo - MA) e disputam pela oportunidade de transmitir (Figura 1).

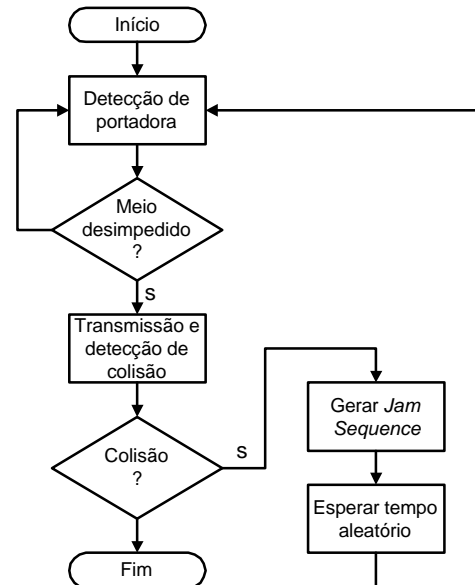


Figura 1 - CSMA/CD.

Quando uma estação dispõe de dados para enviar é seguida uma ordem de operações [3]:

1. A disponibilidade do meio é testada, com a detecção de portadora (*carrier sense - CS*).
2. Se o canal estiver ocupado, a transmissão é adiada, voltando a disponibilidade do meio a ser testada.
3. Se o canal estiver desimpedido a estação inicia o acesso, transmitindo a trama sob a forma de uma sequência de bits. Esta trama transporta informação do endereço de destinatário, bem como de remetente, para as respostas serem correctamente encaminhadas.
4. Devido à democracia do processo e a atrasos provenientes do tempo de propagação no meio podem ocorrer colisões (duas ou mais estações a transmitir ao mesmo tempo). Quando uma colisão é detectada (*Collision Detection - CD*) uma sequência de bits aleatória (*jam sequence*) é gerada, reforçando a colisão. Todas as operações são interrompidas. As estações responsáveis pela colisão esperam um período de tempo aleatório antes de recomeçarem o processo de transmissão (1 a 4).

A norma define cinco tipos de meio de transmissão, originada com o 10BASE5 (Tabela 2).

Actualmente, a evolução do desempenho dos sistemas, o grande crescimento de aplicações multimédia e, conseqüentemente, os requisitos de comunicação vêm tornar necessárias taxas mais elevadas de transmissão.

Tabela 2 - Tipos de meio de transmissão.

Designação	Descrição
10BASE5	Usa cabo coaxial grosso ( $\phi_E$ 10,26mm) de 50 Ohm com um comprimento máximo de 500 m entre repetidores. A distância mínima entre nós é de 2,5 m, suportando no máximo 100 nós por segmento. Entre dois nós o número máximo de repetidores é quatro. A velocidade de transmissão é de 10 Mbps, em banda base.
10BASE2	Semelhante ao 10BASE5 embora use cabo coaxial fino ( $\phi_E$ 6,35mm) com um comprimento máximo de 185 m entre repetidores. A distância mínima entre nós é de 0,5 m, suportando no máximo 30 nós por segmento [4].
IBASE5	Também conhecida por <i>StarLAN</i> , usa cabo de pares entrançados (UTP-3). As estações encontram-se ligadas numa configuração estrela passiva [5].
10BASE-T	Semelhante ao <i>StarLAN</i> , embora a velocidade de operação se situe nos 10 Mbps.
10BROAD36	Usa cabo coaxial (75 Ohm) com um comp. máximo de 3600 m entre estações. As ligações são ponto a ponto entre um concentrador e a estação. A velocidade de transmissão é de 10 Mbps, em banda larga [6].
10BASE-F	Semelhante ao 10BASE-T, usa cabos de fibra óptica, o que lhe dá um comprimento máximo de segmento de 2 km.

### III. FAST ETHERNET

De entre todas as tecnologias disponíveis actualmente que suportam larguras de banda elevadas, a *Fast Ethernet* tem-se tornado líder em termos de mercado. Baseada na norma IEEE 802.3, surge como uma evolução directa do Ethernet 10BASE-T.

#### A. Desempenho do CSMA/CD

O problema central deste protocolo é o atraso sofrido na propagação do sinal no meio de comunicação. Uma transmissão demora tempo a percorrer o canal, tempo este que pode ser suficiente para uma outra estação considerar o canal livre e iniciar a comunicação. Neste caso uma colisão acontece. Durante a ocupação do canal, qualquer outra estação pode dispor de dados para enviar. Quando o canal é libertado, todas as estações em espera iniciam a transmissão.

O atraso na propagação tem o mesmo efeito no fim da transmissão como no início. As estações apercebem-se do canal livre a diferentes instantes, dependendo da posição relativa ao longo deste.

O tempo de propagação médio num canal de cobre é de cerca de 5,2  $\mu$ s por quilómetro. Este valor aumenta ligeiramente na presença de repetidores.

A expressão mais aceite como indicadora do rendimento (*throughput*) é dada por [7]:

$$\text{Max} = \frac{1}{1 + 6,44r} \quad \text{onde } r = \frac{\text{atraso sofrido}}{\text{tempo de transmissão}}$$

Aplicando a expressão a uma rede local de 10 Mbps, com uma trama de 1000 bits (125 bytes) de comprimento (1000/10M=100  $\mu$ s de tempo de transmissão) e um comprimento de 2 km (atraso de 10,4  $\mu$ s) obtemos um rendimento de 59%, o que significa utilizar 5,9 Mbps dos 10 Mbps disponíveis à partida (Gráfico 1). A 100 Mbps a mesma expressão dita 13% (Gráfico 2).

Gráfico 1 – Desempenho de uma LAN CSMA/CD para 10 Mbps em função da distância de transmissão e do comprimento da trama.

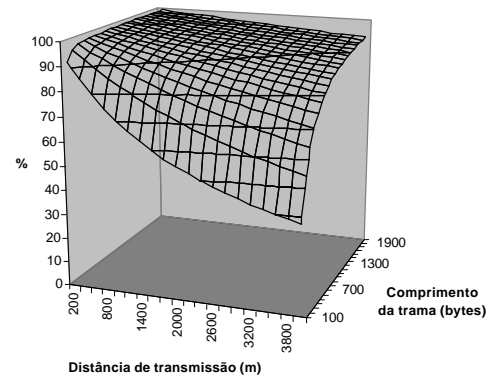
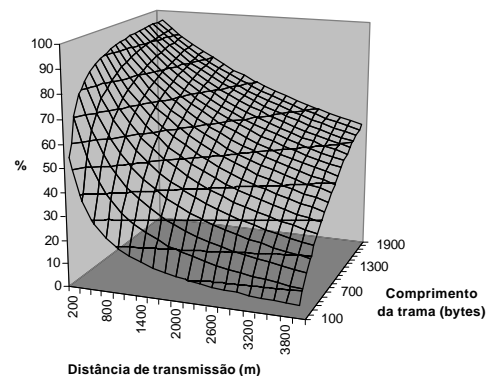


Gráfico 2 – Desempenho de uma LAN CSMA/CD a 100 Mbps em função da distância de transmissão e do comprimento da trama.



Embora este cenário possa parecer negativista, na prática, o rendimento é consideravelmente superior. Este facto deve-se à característica do tráfego que, para blocos relativamente longos (cerca de 1000 bytes – 8000 bits) e distâncias reduzidas (cerca de 200 m) apresenta um rendimento de 92%.

#### B. Operação a 100 Mbps

A norma CSMA/CD a 100 Mbps foi desenvolvida de modo a possibilitar uma evolução natural do 10BASE-T [8]. O protocolo deveria:

- Ser barato. De outra forma seria preferível optar por FDDI.
- Preservar a lógica de acesso existente (MAC 802.3). Este ponto possibilitaria o uso continuado do *software* existente.
- Usar cabos de par entrançado (UTP). A maior parte dos utilizadores da norma IEEE 802.3 usa este tipo de suporte.

- Facilitar a migração a partir da norma anterior.

A operação a 100 Mbps faz-se em banda base, tal como na norma anterior. A camada de MAC (*Medium Access Control*) é a mesma, havendo apenas diferenças ao nível do meio de transmissão (Figura 2).

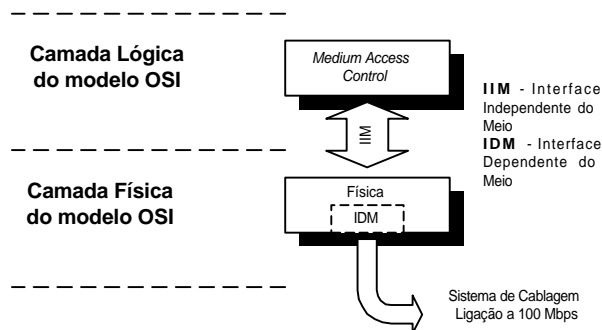


Figura 2 - 100BASE-T: Componentes básicos.

Desta forma todos os pontos anteriores se encontram satisfeitos à excepção de um. Não é possível a simples operação sobre cabos UTP categoria 3 de dois pares, por apresentarem capacidades eléctricas e magnéticas insuficientes. A solução consiste em utilizar quatro pares. Para além deste facto, a grande diferença entre as duas normas (100 Mbps vs 10 Mbps) encontra-se a nível do número de repetidores ou concentradores entre duas estações. Para 10 Mbps são permitidos quatro, enquanto que para 100 Mbps não é permitido haver mais de dois.

Os tipos de meio previstos em redes *Fast Ethernet* podem ser consultados na Tabela 3.

Tabela 3 - Tipos de meio para 100BASE-T.

Camada Física	Tipo de meio de transmissão
100BASE-TX	2 Pares de UTP-5 ou 2 pares de STP de 150 Ohm. Definidos na norma ISO/IEC 11801. A distância entre estações é de 100 m.
100BASE-T4	4 Pares de UTP-3, 4 ou 5. Definidos na norma ISO/IEC 11801. A distância entre estações é de 100 m.
100BASE-FX	2 Fibras ópticas multimodo. Definidas na norma ISO 9314. A distância entre estações é de 500 m.

### C. 100BASE-TX: Cabos UTP de Categoria 5

Encontra-se previsto o uso de cabos UTP de Categoria 5 ou STP de 150 Ohm. Estes tipos de suporte encontram-se especificado na norma ISO/IEC 11801. Este sistema é semelhante ao 10BASE-T, usando apenas dois pares. Um dos pares é usado para transmitir enquanto que o outro é usado na detecção de colisões. O sistema define, portanto, ligações *half-duplex*. As propriedades físicas do cabo têm uma maior influência para velocidades elevadas, de modo que cabos de alta qualidade e novas técnicas de codificação são usados. O método de transmissão usa uma

codificação 4B/5B (originária do FDDI) necessitando uma largura de banda efectiva de 125 MHz.

### D. 100BASE-T4: Cabos UTP de Categoria 3

Devido à grande dificuldade em conseguir velocidades elevadas em pares simples de categoria 3, esta solução usa vários pares a velocidades mais baixas.

O recomendado para funcionamento sobre UTP-3 são quatro pares. As características mais importantes deste tipo de ligação podem ser resumidas como se segue:

- Todas as ligações são ponto-a-ponto, entre as estações e um repetidor (concentrador - *hub*).
- Por razões de tempo de propagação e de temporização a distância máxima entre o concentrador e as estações é de 100 m.
- O protocolo consegue operar tanto a 100 Mbps como a 10 Mbps. As placas de rede conseguem detectar o tipo de concentrador a que estão ligadas e seleccionar o modo de funcionamento de acordo.
- As ligações são *half-duplex*. Todos os pares são usados pela estação transmissora e não é possível a operação em *full-duplex*.

O sistema funciona da forma seguinte:

- Um par é usado para detecção do modo de funcionamento (10/100 Mbps) e nunca é usado para transmitir dados. Este par também funciona para detecção de colisão.
- Os 3 pares restantes são usados em paralelo para transmitir dados. Cada par transmite a 33,33 Mbps, conseguindo-se a totalidade de largura de banda.
- A codificação usada é a 8B6T (8 binário - 6 ternário). A velocidade de transmissão correspondente a esta codificação é de 25 Mbaud ( $33,33/(8/6)$ ), com uma frequência dominante de 12,5 MHz [7].
- Os bytes de dados são enviados para os pares seguindo uma ordenação *round-robin*. Um cabeçalho e um rodapé independente é adicionado a cada par, de modo a facilitar a sincronização e reconstrução dos dados enviados.
- O comprimento máximo de trama é limitado a 1518 bytes, como no Ethernet clássico.

### E. 100BASE-FX: Fibra óptica Multimodo

Todas as características do 100BASE-TX mantêm-se, à excepção do meio de transmissão. São usadas duas fibras ópticas multimodo (tal como no FDDI). A codificação continua a ser 4B/5B com largura de banda efectiva de 125 MHz.

### F. Repetidores

Os repetidores são componentes essenciais em redes Ethernet. Estes regeneram o sinal permitindo aumentar a distância entre estações. A norma 100BASE-T pode usar cabos UTP-3, UTP-5 ou fibra óptica, de modo que um

repetidor pode ser construído de modo a suportar apenas um ou mais destes tipos de meio. Em 10BASE-T o número máximo de repetidores entre duas estações é de quatro. Para 100 Mbps o atraso na propagação do sinal tem uma maior influência face à frequência de transmissão, pelo que a distância entre estações é, obrigatoriamente, menor. A especificação 100BASE-T classifica os repetidores em duas classes:

- Classe I - Repetidor de cujo tipo apenas um pode existir entre duas estações no mesmo domínio de colisão.
- Classe II - Repetidor especificado tal que, no máximo, apenas dois repetidores podem existir entre duas estações num domínio de colisão.

A distância máxima entre estações fica, deste modo, reduzida a 300 m ( $100 + 100 + 100$ ). Se houver necessidade de aumentar este valor é necessário empregar uma ponte (*bridge*), para segmentar o meio de transmissão em domínios de colisão diferentes.

#### G. Estratégia de migração para 100BASE-T

As semelhanças entre as especificações 100BASE-T e 10BASE-T permitem várias estratégias de migração. Esta flexibilidade é boa para o cliente, uma vez que permite a escolha da melhor estratégia caso a caso. As considerações mais importantes incluem:

- Que componentes necessitam ser comprados?
- como ligar à rede 10 Mbps existente?
- como alargar a topologia a um maior número de utilizadores?

Na migração para 100BASE-T são necessários novos repetidores e novas placas de rede. Em alguns casos será necessário substituir a cablagem. A melhor estratégia de migração passa pela manutenção de troços a 10 Mbps e adquirir material adequado a 100 Mbps apenas para novos utilizadores.

A protecção do investimento passa pela aquisição de placas de rede e cabos que suportem ambos as especificações: 10 e 100 Mbps. Desta forma, os novos postos criados estarão adequados à migração quando esta for necessária. A invasão gradual da rede de 10 Mbps pela de 100 Mbps pode ser suportada pela aquisição de pontes ou encaminhadores. As pontes são mais rápidas, baratas e fáceis de instalar. Os encaminhadores constituem equipamento caro, difícil de instalar e requerem pessoal treinado para a sua manutenção.

O plano de uma rede 100BASE-T, deve prever apenas um repetidor por domínio de colisão. O uso de pontes para segmentar o tráfego desvia o tráfego local de outros segmentos. Com redes Ethernet pequenas, o número de colisões decresce, aumentando o rendimento.

#### IV. ETHERNET COMUTADA (SWITCHED ETHERNET)

O princípio de funcionamento assenta na divisão do meio partilhado em troços mais pequenos (diminuição do domínio de colisão - Figura 3), aumentando o rendimento da rede [9].



Figura 3 - Domínios de colisão.

Este tipo de arquitectura traz vantagens sobre as redes Ethernet tradicionais. Uma rede de 10 Mbps ou 100 Mbps de velocidade, em meio partilhado, pode ser transformada em redes de 10 ou 100 Mbps com toda a extensão da largura de banda dedicada (canal do comutador inteiramente dedicado a cada estação - ausência de colisões). As pontes ou encaminhadores possuem, tipicamente, várias estações em meio partilhado ligadas às suas portas, dividindo a largura de banda. Quanto maior for a quantidade de estações ou maior a dimensão física do domínio de colisões, menor será o rendimento. Os comutadores permitem a ligação de um segmento partilhado (grupo de trabalho), um servidor ou uma estação geradora de grande quantidade de tráfego a cada porta, segmentando a rede de forma eficiente (Figura 4).

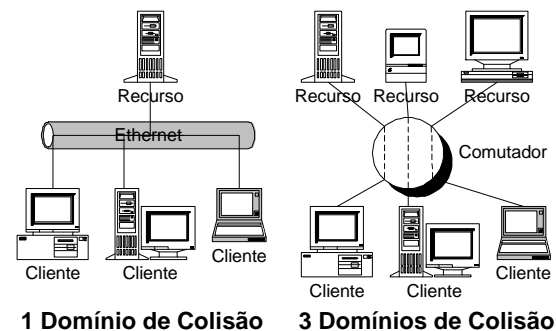


Figura 4 - Ethernet e Ethernet Comutada.

O protocolo MAC (controlo de acesso ao meio) continua a ser o CSMA/CD, de modo que não existem alterações ao nível de funcionamento do *software* existente. A existência de vários domínios de colisão possibilita a comunicação simultânea entre estações em segmentos diferentes, ao contrário do que acontece na Ethernet clássica. Além disto, em redes Ethernet clássicas, um pacote só pode ser enviado depois de o anterior chegar ao destino.

No caso de usar um comutador *full-duplex*, não há necessidade de detecção de colisão. O protocolo de MAC encontra-se suspenso, uma vez que não há mais de uma estação a ocupar uma porta. Uma estimativa para a largura de banda do comutador pode ser encontrada multiplicando o número de portas pela taxa de transferência do meio. Se o comutador for *half-duplex* há necessidade de dividir o número por 2, uma vez que a comunicação envolve duas entidades (emissor e receptor).

O simples uso de um comutador não é suficiente para elevar o rendimento de uma rede. Existe uma forte dependência entre as ligações e o rendimento de uma rede, podendo ser dados dois exemplos de uma implementação pobre em termos de rendimento e de uma que oferece a largura de banda máxima (Figura 5).

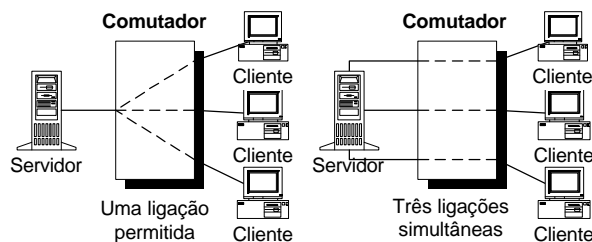


Figura 5 - Uso ineficaz (esquerda) e adequado (direita) de um comutador.

### A. Arquitectura ineficaz

Uma arquitectura de comutação deve ser desenhada de forma a manter o tráfego e recursos locais, num mesmo segmento, sem ocupar continuamente o comutador. Os recursos globais, por exemplo, o servidor de correio electrónico, devem estar acessíveis a diversos segmentos da rede (Figura 5 - direita). Se dispusermos servidores particulares de cada secção em cada porta do comutador, este vai estar ocupado com tráfego característico que poderia residir no próprio segmento. A consequência desta configuração é a maior dificuldade em encaminhar tráfego entre secções e entre servidores, havendo uma grande diminuição de rendimento (Figura 6).

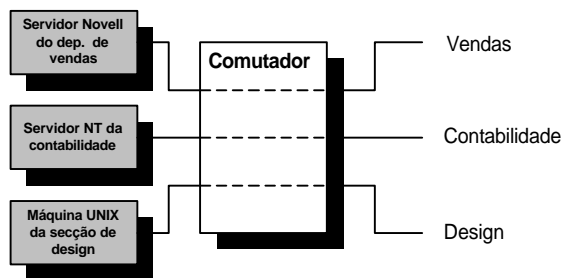


Figura 6 - Arquitectura ineficaz.

### B. Arquitectura recomendada

O rendimento pode subir consideravelmente se forem usados servidores únicos. A espera é totalmente eliminada, uma vez que o servidor dispõe de um canal dedicado para cada segmento ligado ao comutador (Figura 7).

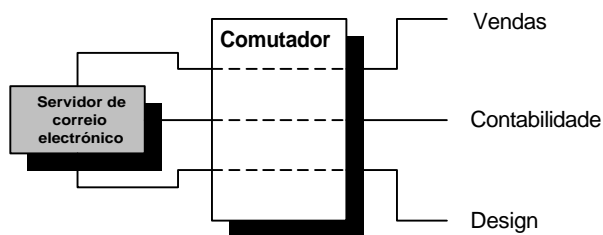


Figura 7 - Arquitectura eficaz.

A vantagem de utilizar comutadores na construção de uma rede local de comunicação de dados depende grandemente da correcta estruturação desta. O conhecimento das diversas secções e actividades a desenvolver é de suma importância. Só desta forma é possível aproveitar todas as capacidades dos componentes a instalar.

## V. GIGABIT ETHERNET

A adopção de 100BASE-T na ligação a clientes começa a criar a necessidade de maior largura de banda nos servidores e no *backbone* da rede. O caminho natural a seguir passa pela evolução do *Fast Ethernet*, num passo semelhante ao que o 10BASE-T sofreu. A tecnologia do gigabit por segundo não é propriamente nova. Existem já soluções que apresentam velocidades da ordem do gigabit por segundo, como o ATM (*Asynchronous Transfer Mode*), o HIPPI (*High Performance Parallel Interface*) ou o *Fiber Channel*, embora não forneçam um caminho de evolução lógico a partir do 100BASE-T.

A solução apropriada, ainda em desenvolvimento, é a Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z). Esta fornecerá uma largura de banda de 1 Gbps para redes locais de comunicação de dados com a simplicidade de instalação de qualquer rede Ethernet. Os objectivos são:

- Oferecer um caminho de evolução natural, mantendo toda a infra-estrutura de apoio já existente para redes Ethernet;
- Preço reduzido quando comparado com tecnologias de largura de banda semelhantes;
- Manter o mesmo formato e comprimento de trama usada nas redes Ethernet originais.

O protocolo de controlo de acesso ao meio continua a ser o CSMA/CD, pelo que não há necessidade de formação ao nível de pessoal nem de aquisição de ferramentas de adaptação ou compatibilização.

Estas características tornam a tecnologia emergente adequada à interligação de comutadores 10/100Base-T, criando um meio de transmissão de alto desempenho para servidores e para estações com requisitos de largura de banda superior aos 100 Mbps.

### A. Configurações de rede

Tal como as tecnologias anteriores, 10BASE-T e 100BASE-T, a *Gigabit Ethernet* admite configurações em que há partilha do meio de transmissão, como a topologia em Árvore, Estrela ou Linear. O uso de componentes de interligação como repetidores, concentradores ou pontes, tornam perfeitamente flexível a configuração das ligações. O uso de comutadores traz benefícios em termos de velocidade, pela criação de um maior número de domínios de colisão.

A estratégia de migração é simples e flexível, semelhante à da Ethernet para *Fast Ethernet*. Se alguns problemas de funcionamento ou configuração surgirem, existe já o saber e a experiência de anos de Ethernet, que pode ser utilizado imediatamente no *Gigabit Ethernet*.

## B. Tecnologia

O *Gigabit Ethernet* é uma extensão às normas IEEE 802.3. A largura de banda oferecida é de 1000 Mbps, mantendo-se a compatibilidade com as normas anteriores. A tecnologia usada em fibra óptica deriva de uma norma já existente, a *Fiber Channel*.

O *Gigabit Ethernet* suporta modos de operação *full-duplex* em ligações entre comutadores e entre comutador e estação. Para ligações em meio partilhado, o modo de operação é *half-duplex*. O meio de transmissão previsto à partida é fibra óptica, havendo também a possibilidade de funcionar sobre UTP-5 e cabo coaxial (Figura 8).

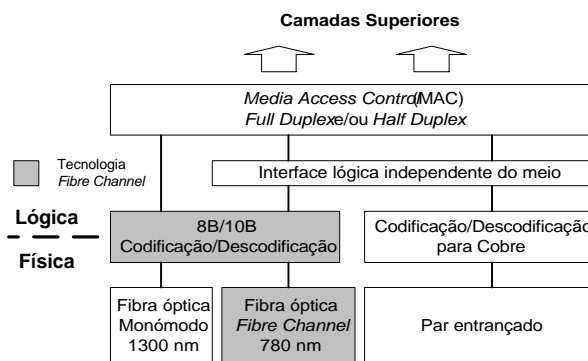


Figura 8 - Estrutura de funcionamento do Gigabit Ethernet.

O desenvolvimento inicial do *Gigabit Ethernet* empregou fibra óptica de 780 nm com a codificação 8B/10B (proveniente do *Fiber Channel*). A distância entre estações neste caso encontra-se limitada a cerca de 500 m. O uso de fibra óptica monómodo, com luz de comprimento de onda de 1300 nm, permite distâncias superiores (cerca de 2 km).

Avanços tecnológicos ao nível do silício e de processamento digital do sinal possibilitarão a operação sobre cabo UTP-5: numa primeira fase, em 1998, a aliança *Gigabit Ethernet* espera completar uma norma sobre UTP-5, para comprimentos máximos de 25 m. Espera-se que, numa futura norma, este atinja os 100 m, para cabos com 4 pares.

## C. Cenários de aplicação do Gigabit Ethernet

O *Gigabit Ethernet* terá relevância acrescida em campus ou edifícios onde é necessária maior largura de banda entre encaminhadores, comutadores, concentradores, repetidores e servidores. Os cinco cenários mais prováveis serão:

- Ligações entre comutadores - obter pontes de 1000 Mbps entre comutadores 100/1000 Mbps.
- Ligações entre servidores e comutadores - alta velocidade no acesso a ficheiros e aplicações.
- *Backbone Fast Ethernet* - dotar redes *Fast Ethernet* de comutadores e *backbone Gigabit Ethernet*.
- *Backbone FDDI* - instalar tecnologia *Gigabit Ethernet* em redes FDDI.
- Estações de trabalho de alto desempenho - cartas *Gigabit Ethernet* para ligação a redes da mesma tecnologia.

Em todos os cenários, os sistemas operativos, aplicações e APIs serão mantidos.

### 1. Ligações entre comutadores

O aumento de velocidade na transferência de dados entre comutadores (100 Mbps para 1000 Mbps em comutadores 100/1000 Mbps) permite aumentar o número total de segmentos mantendo níveis de funcionamento elevados (Figura 9).

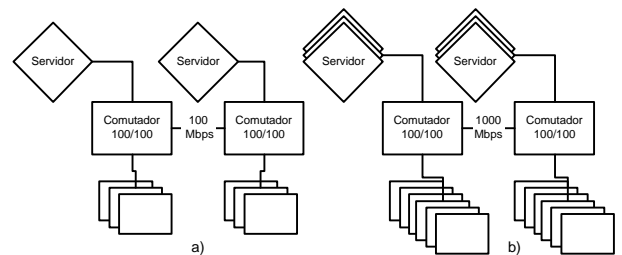


Figura 9 - Actualização das ligações entre comutadores.

### 2. Ligações entre servidores e comutadores

O cenário de actualização mais simples consiste em modificar as ligações entre os servidores e um comutador. Desta forma consegue-se uma maior velocidade, suportando cada servidor um maior número de clientes ou aplicações mais poderosas (Figura 10).

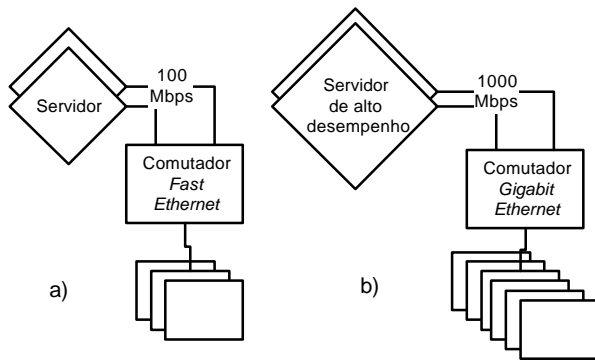


Figura 10 - Atualização das ligações entre servidores e comutadores.

### 3. Backbone Fast Ethernet

Um *Backbone Fast Ethernet* pode ser facilmente actualizado para uma largura de banda de 1000 Mbps (Figura 11).

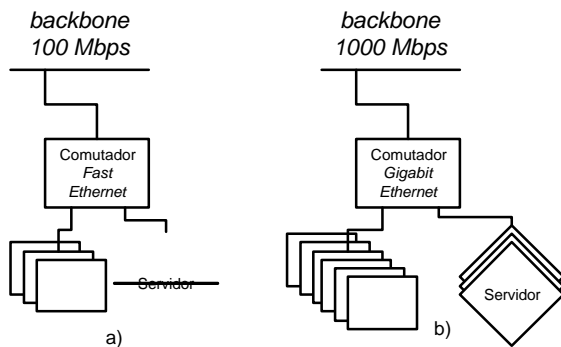


Figura 11 - Atualização de um *backbone Fast Ethernet*.

Após actualização do *backbone*, servidores de alto desempenho podem ser directamente ligados a este. O número de segmentos pode ser aumentado, assim como o número de estações em cada segmento.

### 4. Backbone FDDI

A substituição de concentradores FDDI por comutadores ou repetidores *Gigabit Ethernet* possibilita um aumento de largura de banda neste tipo de redes. O único investimento necessário será em interfaces para os encaminhadores, comutadores ou repetidores. O investimento em cabos de fibra óptica é desnecessário, uma vez que se usa o suporte do anel anteriormente constituído (Figura 12).

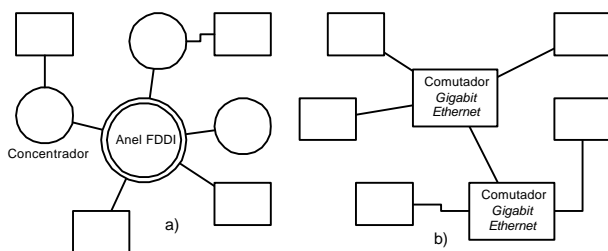


Figura 12 - Atualização de um *backbone FDDI*.

### 5. Estações de trabalho de alto desempenho

Em fases posteriores da evolução do *Gigabit Ethernet*, à medida que as estações ligadas à rede local por intermédio de cartas *Fast Ethernet* ou FDDI, necessitem de maior largura de banda, cartas de interface (NICs - *Network Interface Cards*) podem ser usadas para interligar aquelas a um comutador ou repetidor *Gigabit Ethernet* (Figura 13).

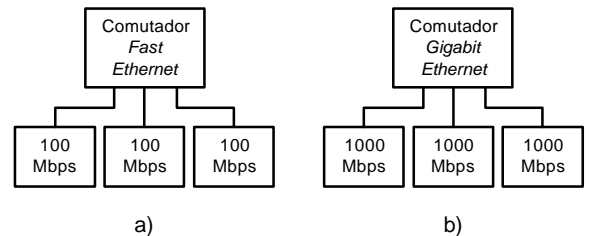


Figura 13 - Atualização de estações de trabalho de alto desempenho.

### D. Prazos

Um dos objectivos principais da Aliança *Gigabit Ethernet* é acelerar a criação de normas para este tipo de tecnologia. O *Fast Ethernet* demorou cerca de 13 meses a ser aprovado, sendo este o limite recomendado para o *Gigabit Ethernet*. Actualmente o processo decorre, prevendo-se que em 1998 a tecnologia seja aprovada.

### VI. LIMITES DE SEGMENTOS E REPETIDORES NA NORMA IEEE 802.3

Como resumo, apresentam-se os comprimentos e velocidades máximos para as diferentes normas Ethernet (Tabela 4).

Tabela 4 - Comprimentos máximos de segmentos e máximo de repetidores permitidos nas normas IEEE 802.3.

	<b>Ethernet 10 Mbps</b>	<b>Fast Ethernet</b>	<b>Gigabit Ethernet (esperado)</b>
UTP-5	100 m	100 m	25-100 m
Repetidores	4	2	1
STP	500 m	100 m	25-100 m
Repetidores	4	2	1
Coaxial	500 m	100 m	25-100 m
Repetidores	4	2	1
FO Multimodo	2 km	412 m	500 m
FO Monomodo	25 km	20 km	2 km

## VII. CONCLUSÕES

O Ethernet constitui uma tecnologia relativamente antiga. Desde a sua origem sofreu actualizações e melhoramentos que tornaram possível a sua utilização até aos dias de hoje.

É mais que provável que o rumo tomado em redes locais de comunicação de dados siga o caminho do Ethernet. Trata-se de uma tecnologia mais que comprovada, sendo usada por milhões de pessoas. Toda a aceitação que reúne implica uma infra-estrutura de apoio numerosa e já bastante treinada. É uma tecnologia já bastante antiga, pelo que a grande quantidade de técnicos, projectistas e gestores de redes deste tipo possui anos de experiência e todo o conhecimento necessário para manter bons níveis de funcionamento. Seguindo uma evolução directa, modificando apenas a velocidade de transmissão, existe uma grande facilidade de migração, sem grandes despesas. A actualização pode ser periódica, sem gastos em profundas alterações na estrutura e funcionamento da rede.

## VIII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Joaquim Arnaldo Martins pela disponibilidade que manifestou na discussão de alguns dos tópicos aqui apresentados.

## IX. REFERÊNCIAS

- [1] Stallings, W., *Data and Computer Communications - fourth edition*, Prentice Hall, 1994.
- [2] Gigabit Ethernet Alliance, *Gigabit Ethernet - White Paper*, Agosto 1996.
- [3] Halsall, F., *Data Communications, Computer Networks and Open Systems*, Addison-Wesley, 1992.
- [4] ANSI/IEEE 802.3a – 1988, “Medium Attachment Unit and Baseband Medium Specifications”, Type 10BASE2.
- [5] ANSI/IEEE 802.3e – 1988, “Physical Signaling, Medium Attachment, and Baseband Medium Specifications”, Type 10BASE5.
- [6] ANSI/IEEE 802.3b – 1988, “Broadband Medium Attachment Unit and Broadband Medium Specifications”, Type 10BROAD36.
- [7] Dutton, H., Lenhard, P., *High-Speed Networking Technology: An Introductory Survey - third edition*, Prentice Hall, 1995.
- [8] Melatti, L., “Fast Ethernet: 100 Mbit/s Made Easy”, *Data Communications*, November 1994.
- [9] Anixter Inc., “ANIXTER: Ethernet Switching White Paper”, 1995 (<http://www.anixter.com>).