

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA  
CURSO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO

Um estudo sobre processadores de redes

Rafael König

Trabalho de conclusão de curso apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção de grau  
de Bacharel em Ciências da Computação.

Florianópolis – SC  
2005/1

Rafael König

Um estudo sobre processadores de redes

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção de grau de Bacharel em Ciências da Computação.

---

Orientador: Prof. Dr. Mario Antônio Ribeiro Dantas

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Antônio Augusto Fröhlich

---

Prof. Dr. José Eduardo De Lucca

## Agradecimentos

Aos meus pais e familiares, pelo incentivo e apoio em meus estudos, ao meu orientador Prof. Mario Dantas, aos membros da banca e a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

# SUMÁRIO

Capítulo 1	10
Introdução	10
Capítulo 2	12
Redes de computadores	12
Histórico	12
Tipos de redes	16
Topologias	19
Protocolos	21
A Internet	25
O Futuro	27
Capítulo 3	28
Arquitetura de Processadores	28
Capítulo 4	30
Processadores de redes	30
Visão Geral	30
Métodos de Implementação	31
Requisitos de um processador de rede	33
Arquitetura de um Processador de rede	36
Processadores de rede disponíveis no mercado	37
Agere Systems	37
Bay Microsystems	38
Cisco Systems	40
Conexant	40

Freescale	42
Hifn	42
Intel	43
Capítulo 4	63
Conclusão e trabalhos futuros	63
Referências	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelo de referência TCP/IP	23
Figura 2 – Modelo de referência ISO/OSI	25
Figura 3 – Diagrama em blocos do APP300	38
Figura 4 – Processador de rede Biscayne	39
Figura 5 – Processador de rede Montego	40
Figura 6 – Diagrama em blocos do CX82100	41
Figura 7 – Diagrama em blocos do C-5e	42
Figura 8 – Diagrama em blocos do 5NP4G	43
Figura 9 – Diagrama em blocos do IXP420	45
Figura 10 – Diagrama em blocos do IXP421	47
Figura 11 – Diagrama em blocos do IXP422	48
Figura 12 – Diagrama em blocos do IXP423	49
Figura 13 – Diagrama em blocos do IXP 425	51
Figura 14 – Diagrama em blocos do IXP455	52
Figura 15 – Diagrama em blocos do IXP460	53
Figura 16 – Diagrama em blocos do IXP465	55
Figura 17 – Diagrama em blocos do IXP2325	57
Figura 18 – Diagrama em blocos do IXP2350	59
Figura 19 – Diagrama em blocos do IXP2400	60
Figura 20 – Diagrama em blocos do IXP2800	61
Figura 21 – Diagrama em blocos do IXP2850	62

## LISTA DE ABREVIATURAS

ACL: Access Control List

ASCII: American Standard Code for Information Interchange

ASIC: Application-Specific Integrated Circuit

ATM: Assynchronous Transfer Mode

CISC: Complex Instruction Set Computer

CPU: Central Processing Unit

DWDM: Dense Wavelength Division Multiplexing

EBCDIC: Extended Binary-Coded Decimal Interchange Code

HTML: HyperText Markup Language

ISO: International Organization for Standardization

MAC: Media Access Control

MPLS: Multi Protocol Label Switching

OC-x: Optical Carrier

OSI: Open System Interconnection

PCI: Peripheral Component Interconnect

PDU: Protocol Data Unit

QoS: Quality of Service

RISC: Reduced Instruction Set Computer

RMON: Remote Monitoring

SLA: Service Level Agreement

SMP: Symmetric Multiprocessing

SNMP: Simple Network Management Protocol

TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol

URL: Uniform Resource Locator



## RESUMO

O avanço e a disseminação dos computadores criou novas maneiras de comunicação e troca de informação. A demanda cada vez maior por serviços interligados e informações compartilhadas faz com que surjam redes de comunicação e transmissão de dados cada vez mais sofisticadas, transmitindo volumes de dados cada vez maiores e em velocidades maiores. Para atender a essas demandas de velocidade e desempenho, as tecnologias de rede deve evoluir ao mesmo passo que as demais tecnologias. Surge assim um novo conceito de dispositivo de rede, o processador de rede.

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo sobre como funciona um processador de rede, suas características principais e porque ele se faz necessário para satisfazer as demandas exigidas pelas novas redes que estão surgindo.

# Capítulo 1

## ***Introdução***

A visível convergência entre telecomunicações e redes de computadores está se tornando cada vez mais presente em nossas vidas. Telefones celulares acessando a Internet, computadores sendo usados para fazer ligações para o mundo inteiro usando VoIP são exemplos concretos desta convergência. Estas novas redes, misturando todas as formas de informação e comunicação estão sendo chamadas de NGNs (Next Generation Networks). Estas novas redes oferecendo serviços cada vez mais sofisticados, e conseqüentemente atraindo cada vez mais usuários acabam criando novos desafios para oferecer e manter o desempenho e a flexibilidade necessários. Este constante crescimento de usuários e dispositivos que se conectam às redes aliada a demanda por serviços cada vez mais complexos, que exigem cada vez mais desempenho dos equipamentos de rede faz com que tanto grandes empresas como aquelas que estão só começando, buscam soluções para estes problemas. As tecnologias existentes, já usadas há muito tempo, não são mais suficientes para atender a toda essa demanda. A solução encontrada foi a criação de um novo conceito, os processadores de rede, que oferecem desempenho e flexibilidade que se espera de um equipamento de vanguarda.

Os processadores de rede são objetos de pesquisas recentes nas universidades e nas empresas. A característica principal do processador de rede é o suporte à comunicação de dados, que aumenta em função da necessidade crescente de conexões entre os diversos dispositivos e equipamentos de rede [FRE02]. Estes processadores possuem o nível ISA (*Instruction Set Architecture*)

dedicado para operações de rede. Sendo assim, o conjunto de instruções e a arquitetura dos processadores de rede são específicos para realizar operações típicas de redes de comunicação [FRE03].

O objetivo deste trabalho é fazer um estudo sobre estes dispositivos e apresentar alguns processadores de rede que já se encontram disponíveis no mercado. A importância desse estudo deve-se ao fato de existirem poucos trabalhos e pesquisas em relação a esse tema no país.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: no capítulo 2 há uma introdução geral sobre redes de computadores, com os conceitos necessários para o entendimento do funcionamento e propósitos dos processadores de rede. No capítulo 3 há um breve resumo das principais arquiteturas de processadores utilizadas atualmente. E o capítulo 4 apresenta os conceitos teóricos dos processadores de rede e alguns processadores disponíveis no mercado, para exemplificação.

## Capítulo 2

### *Redes de computadores*

Este capítulo apresenta resumidamente alguns conceitos de redes que são importantes para o entendimento do funcionamento dos Processadores de Rede.

### **Histórico**

Os primeiros computadores começaram a ser desenvolvidos por volta de 1930. Porém os trabalhos desenvolvidos por Charles Babbage e Joseph Marie Jacquard no século XIX são conhecidos como máquinas precursoras dos computadores que conhecemos. Em 1945 John von Neumann formalizou o projeto lógico de um computador sugerindo que as informações que até então eram lidas de cartões perfurados e executadas uma a uma fossem armazenadas na memória do computador. Esta arquitetura ficou conhecida posteriormente como “Arquitetura de von Neumann”. Durante a Segunda Guerra Mundial, os Estados Unidos desenvolveram o ENIAC, que mais tarde tornou-se o primeiro computador vendido comercialmente com o nome UNIVAC [DAN02].

Na década de 1950, computadores eram máquinas grandes e complexas, operadas por pessoas altamente especializadas. Usuários enfileiravam-se para submeter suas leitoras de cartões ou fitas magnéticas que eram processados em lote. Não havia nenhuma forma de interação direta entre usuários e máquina.

Avanços na década de 1960 possibilitaram o desenvolvimento dos primeiros terminais interativos, permitindo aos usuários acesso ao computador central através de linhas de comunicação. Usuários passavam a ter então um mecanismo que possibilitava a interação direta com o computador, ao mesmo tempo em que avanços nas técnicas de processamento davam origem a sistemas de tempo compartilhado (time-sharing), permitindo que várias tarefas dos diferentes usuários ocupassem simultaneamente o computador central, através de uma espécie de revezamento no tempo de ocupação do processador.

Mudanças na caracterização dos sistemas de computação ocorreram durante a década de 1970: de um sistema único centralizado e de grande porte, disponível para todos os usuários de uma determinada organização, partia-se em direção à distribuição do poder computacional. O desenvolvimento de minicomputadores e microcomputadores de bom desempenho, com requisitos menos rígidos de temperatura e umidade, permitiu a instalação de considerável poder computacional em várias localizações de uma organização, ao invés da anterior concentração deste poder em uma determinada área.

Embora o custo de hardware de processamento estivesse caindo, o preço dos equipamentos eletromecânicos continuava alto. Mesmo no caso de dados que podiam ser associados a um único sistema de pequeno porte, a economia de escala exigia que grande parte dos dados estivessem associados a um sistema de grande capacidade centralizado. Assim a interconexão entre os vários sistemas para o uso compartilhado de dispositivos periféricos tornou-se importante.

A capacidade de troca de informações também foi uma razão importante para a interconexão. Usuários individuais de sistemas de computação não trabalham isolados e necessitam de alguns dos benefícios oferecidos por um sistema centralizado. Entre esses a capacidade de troca de mensagens entre os diversos usuários e a facilidade de acesso a dados e programas de várias fontes quando da preparação de um documento.

Ambientes de trabalho cooperativos se tornaram uma realidade tanto nas empresas como nas universidades, exigindo a interconexão dos equipamentos nessas organizações.

Uma rede de computadores pode ser simplificada definida como a interligação física e lógica entre dois ou mais computadores. A interligação física se estabelece entre interfaces de comunicação, conhecidas como placas de rede ou placas de modulação-demodulação, também chamados de modems. As placas de rede são ligadas através de cabos, que são os meios físicos encarregados de transmitir os impulsos analógicos ou digitais entre os computadores. Esta parte é normalmente referida como hardware de comunicação. A parte lógica da interligação é feita pelos softwares de comunicação e envolve um conjunto de protocolos, especialmente desenvolvidos para este fim.

Definição - Basicamente uma rede consiste em 2 ou mais computadores interligados com o objetivo de compartilhar dados. Uma rede de trabalho é um sistema que permite a comunicação entre pontos distintos, ou seja, um sistema que

permite a troca de informações. Os componentes básicos de uma rede de trabalho (ou rede de informações) são um emissor (origem da informação), o meio através da qual a informação trafega (o canal), um receptor (o destino da informação) e finalmente a mensagem, que nada mais é do que a informação em si. Um exemplo comum seria uma pessoa falando no telefone com outra pessoa: O emissor seria quem está falando, o canal seria a linha telefônica, o receptor a pessoa que está ouvindo e a mensagem seria a própria mensagem que está sendo comunicada. Ao longo dos anos as ferramentas para a comunicação de dados foram evoluindo gradativamente, de modo a tornar a troca de informações rápida, fácil e mais eficiente.

Uma rede de computadores baseia-se nos princípios de uma rede de informações, implementando técnicas de hardware e software de modo a torná-la efetivamente mais dinâmica, para atender às necessidades que o mundo moderno impõe. Redes de computadores incluem todos os equipamentos eletrônicos necessários à interconexão de dispositivos, tais como microcomputadores e impressoras. Esses dispositivos que se comunicam entre si são chamados de nós, estações de trabalho, pontos ou simplesmente dispositivos de rede. Dois computadores, ou nós, seria o número mínimo de dispositivos necessários para formarmos uma rede. O número máximo não é predeterminado, teoricamente todos os computadores do mundo poderiam estar interligados.

Quanto à natureza podemos ter dois tipos de redes de computadores: cliente-servidor (client-server) e ponto-a-ponto (peer-to-peer). Na rede cliente-servidor uma máquina, ou um pequeno grupo de máquinas, centraliza os serviços da rede

oferecidos à demais estações, tais como aplicativos e filas de impressão. As máquinas que requerem esses serviços são chamadas de clientes, e as máquinas que os fornecem são chamadas de servidores. Na rede ponto-a-ponto não existem servidores, todas as estações compartilham seus recursos mutuamente. A grande desvantagem que as redes ponto-a-ponto oferecem com relação às redes cliente-servidor é a dificuldade de gerenciar os seus serviços, já que não existe um sistema operacional que centralize a administração da rede.

## **Tipos de redes**

Quanto à forma como a comunicação é feita, podemos classificar as redes em basicamente dois tipos, que segundo [DAN02] são:

*Comutação por circuitos:* Neste caso, podemos fazer uma analogia com as centrais telefônicas. Quando um determinado fax disca um número, a central realiza a chamada e fecha uma conexão entre os dois pontos. Existem, neste momento, dois equipamentos conectados em um circuito físico disponível apenas para trafegar as informações referentes à transmissão e recepção de dados entre dois pontos. Neste caso o transmissor possui a segurança de que seus dados serão recebidos pelo destinatário, uma vez que o meio oferece a garantia de conexão entre os dois. A vantagem é a alta taxa de transmissão de dados e a desvantagem é o alto custo.

*Comutação por pacotes:* A grande diferença é que neste caso não existe uma conexão disponível apenas para a comunicação de dados entre dois pontos. O que existe é o roteamento de dados através de diversos pontos da rede até o ponto



destino. Existe um compartilhamento do meio físico entre diversas comunicações. Cada *host* destino possui um endereço e é através deste endereço, que as máquinas são identificadas na rede. Toda a transmissão de dados é dividida em pacotes. Cada pacote possui um cabeçalho de informações, que contém o endereço de destino e de origem além de dados referentes ao ordenamento e seqüência dos pacotes. Desta forma quando todos os pacotes chegam ao destino, eles podem ser ordenados e interpretados. A grande vantagem deste tipo de rede é o custo e a simultaneidade de comunicações. Além do baixo custo, vários *hosts* podem utilizar o mesmo meio para estabelecer a comunicação. A desvantagem é o aumento da utilização do meio, causando congestionamento, diminui-se a vazão de dados e o tempo de espera para realizar a comunicação aumenta muito.

Quanto à área de atuação geográfica podemos classificar as redes de computadores em cinco tipos, são eles:

*SAN (Storage Area Network)* – é uma rede projetada para interligar dispositivos de armazenamento, normalmente fisicamente próximos. A principal diferença entre uma SAN e outros tipos de redes é a forma como a solicitação da informação é feita, neste caso sendo mais próximo de uma solicitação de um bloco de dados em disco do que de uma solicitação de um arquivo da rede.

*PAN (Personal Area Network)* - é uma rede de computadores pessoais, formadas por nós (dispositivos conectados à rede) muito próximos ao usuário (geralmente em metros). Estes dispositivos podem ser pertencentes ao usuário ou não. Como exemplo podemos imaginar um computador portátil conectando-se a um outro e este a uma impressora. Tecnicamente é a mesma coisa que uma LAN,

diferindo-se desta apenas pela pouca possibilidade de crescimento e pela utilização doméstica.

*LAN (Local Area Network)* - este é o tipo mais comum de rede de computadores. São redes que interligam computadores em uma área de alcance bastante restrita, salas em um edifício comercial ou prédios de um campus universitário são exemplos de redes locais. Até mesmo quem tem dois computadores ligados em sua própria casa possui uma rede local. As redes locais caracterizam-se por altas taxas de transferência, baixo índice de erros e custo relativamente pequeno.

*MAN (Metropolitan Area Network)* - o conceito de rede metropolitana pode parecer um tanto quanto confuso, e algumas vezes há uma certa confusão no que diz respeito às diferenças existentes entre uma MAN e uma WAN. Na verdade, a definição para este tipo de rede de computadores surgiu depois das LAN e WANS. Ficou estabelecido que redes metropolitanas, como o próprio nome já diz, são aquelas que estão compreendidas numa área metropolitana, como as diferentes regiões de toda uma cidade. Normalmente redes metropolitanas são constituídas de equipamentos sofisticados, com um custo alto para a sua implementação e manutenção, que compõem a infra-estrutura necessária para o tráfego de som, vídeo e gráficos de alta resolução. Por serem comuns nos grandes centros urbanos e econômicos, as rede metropolitanas são o primeiro passo para o desenvolvimento de redes WAN.

*WAN (Wide Area Network)* - são aquelas redes que cobrem regiões extensas. Na verdade essas redes são um agrupamento de várias redes locais e/ou metropolitanas, interligando estados, países ou continentes. Tecnologias que envolvem custos elevados são necessárias, tais como cabeamento submarino,

transmissão por satélite ou sistemas terrestres de microondas. As linhas telefônicas, uma tecnologia que não é tão sofisticada e nem possui um custo muito elevado, também são amplamente empregadas no tráfego de informações em redes remotas. Este tipo de rede caracteriza-se por apresentar uma maior incidência de erros, e também são extremamente lentas. Novas técnicas estão surgindo de modo a subverter esses problemas, mas a sua implementação depende de toda uma série de fatores, logo o processo é gradativo. Um exemplo de rede remota muito popular é a Internet, que possibilita a comunicação entre pessoas de lugares totalmente diferentes.

## **Topologias**

Topologia de rede é a forma através da qual ela se apresenta fisicamente, ou seja, com os nós estão dispostos. A topologia de uma rede descreve como o é o desenho do meio através do qual há o tráfego de informações, e também como os dispositivos estão conectados a ele. São várias as topologias existentes, entre elas estão a de Barramento, Estrela, Anel, Malha, e topologias Híbridas.

*Barramento* - Esta topologia é caracterizada por uma linha única de dados (o fluxo é serial), finalizada por dois terminadores (casamento de impedância), na qual atrelamos cada nó de tal forma que toda mensagem enviada passa por todas as estações, sendo reconhecida somente por aquela que está cumprindo o papel de destinatário (estação endereçada). Nas redes baseadas nesta topologia não existe um elemento central, todos os pontos atuam de maneira igual, algumas vezes

assumindo um papel ativo outras vezes assumindo um papel passivo.

*Estrela* - A topologia estrela é caracterizada por um elemento central que gerencia o fluxo de dados da rede, estando diretamente conectado (ponto-a-ponto) a cada nó, daí surgiu a designação "Estrela". Toda informação enviada de um nó para outro deverá obrigatoriamente passar pelo ponto central, ou concentrador, tornando o processo muito mais eficaz, já que os dados não irão passar por todas as estações. O concentrador encarrega-se de rotear o sinal para as estações solicitadas, economizando tempo. Existem também redes estrela com conexão passiva (similar ao barramento), na qual o elemento central nada mais é do que uma peça mecânica que atrela os "braços" entre si, não interferindo no sinal que flui por todos os nós, da mesma forma que o faria em redes com topologia barramento. Mas este tipo de conexão passiva é mais comum em redes ponto-a-ponto lineares, sendo muito pouco utilizado já que os dispositivos concentradores (HUBs, Multiportas, Pontes e outros) não apresentam um custo tão elevado se levarmos em consideração as vantagens que são oferecidas.

*Malha* - Nesta topologia todos os nós estão atados a todos os outros nós, como se estivessem entrelaçados. Já que são vários os caminhos possíveis por onde a informação pode fluir da origem até o destino, este tipo de rede está menos sujeita a erros de transmissão, o tempo de espera é reduzido, e eventuais problemas não iriam interromper o funcionamento da rede. Um problema encontrado é com relação às interfaces de rede, já que para cada segmento de rede seria necessário instalar, numa mesma estação, um número equivalente de placas de rede.

*Anel* - Como o nome indica, uma rede anel é constituída de um circuito fechado, tal como a rede elétrica. A maior vantagem: não há atenuação do sinal transmitido, já que ele é regenerado cada vez que passa por uma estação (a atenuação é diretamente proporcional à distância entre um nó e outro). A maior desvantagem: todas as estações devem estar ativas e funcionando corretamente. A implementação mais comum da topologia estrela são as redes Token-Ring, de propriedade da IBM. Esta topologia oferece uma taxa de transmissão maior da que é oferecida nas redes de topologia barramento.

*Híbrida* - Redes híbridas são aquelas que utilizam mais de uma das topologias citadas acima, e normalmente surgem da fusão de duas ou mais LANs entre si ou com MANs. Os serviços comerciais "on-line" e as redes públicas são exemplos de redes híbridas, como a Internet e até mesmo redes fechadas que estão sob o controle de organizações empresariais.

## **Protocolos**

Os protocolos podem ser entendidos como um conjunto de regras que determinam como deverá ocorrer a comunicação entre duas estações numa rede de comunicação e como os erros devem ser detectados e tratados [DAN02]. Eles devem estabelecer como será a sintaxe, a semântica e a temporização da comunicação.

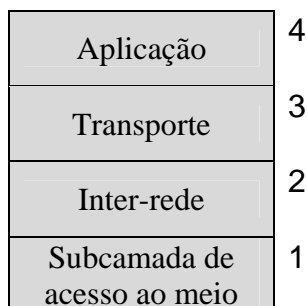
Modelo TCP/IP

O modelo TCP/IP é, com certeza, o mais conhecido e mais utilizado. É o modelo utilizado pela Internet. Este modelo surgiu da rede ARPANET, criada pelo Departamento de Defesa do governo norte-americano.

O modelo TCP/IP foi originalmente projetado em quatro camadas, que segundo [DAN02] são:

- *Interface de rede*: esta é a primeira camada do modelo TCP/IP. Descrita de maneira superficial em vários documentos, atribui a função de suporte à camada de rede, que é a camada imediatamente superior à camada 1. Como deve ser efetuado o suporte à camada superior não é bem definido. Os serviços que deveriam ser definidos compreendem as funções de acesso físico e lógico ao meio físico.
- *Inter-rede*: no modelo TCP/IP, o nível de inter-rede é o responsável pelo envio dos datagramas de um computador qualquer para outro computador, independente de suas localizações na rede.
- *Transporte*: a camada de transporte é responsável por prover suporte à camada de aplicação de maneira confiável (ou não), independente dos serviços oferecidos pelas camadas de interface de rede e inter-rede.
- *Aplicação*: a quarta camada do modelo TCP/IP é denominada de camada de aplicação. Nesta camada, estão os protocolos que dão suporte às aplicações dos usuários.

Abaixo, a figura representa o modelo TCP/IP



**Figura 1 – Modelo de referência TCP/IP**

## Modelo ISO/OSI

O modelo ISO/OSI é um modelo de referência criado pela ISO para facilitar a interconexão entre sistemas heterogêneos. Este modelo foi proposto devido ao sucesso na padronização da arquitetura de protocolos TCP/IP. A idéia foi melhorar o modelo de referência TCP/IP, que resultou num modelo de sete camadas, que segundo [DAN02] são:

- *Física*: esta é a primeira camada do modelo; seu objetivo é a definição elétrica e mecânica da interface de rede. Por esta razão, na camada física, são estabelecidas a forma de representação em volts dos 0s e 1s, o tempo de duração dos bits, as direções possíveis de transmissão, a quantidade de pinos da placa de rede e outros aspectos elétricos e mecânicos relativos à interface de rede.
- *Enlace*: esta segunda camada proposta no modelo RM-OSI, já verificando a falta de uma definição clara apresentada no modelo TCP/IP, é responsável pela fragmentação dos dados recebidos pela camada superior em quadros e por seu envio. Como a função da camada 1 é apenas física (elétrica e mecânica), a camada de enlace é responsável pelo reconhecimento do início e final dos quadros, pelo

controle de fluxo entre remetente e destinatário e ainda pela forma de acesso ao meio.

- *Rede*: a terceira camada do modelo é chamada de camada rede. Alguns dos serviços oferecidos nesta camada são a conexão com outros sistemas computacionais, roteamento dos datagramas entre uma determinada origem e seu destino, o estabelecimento/manutenção e fechamento das conexões e ainda o controle do congestionamento da rede.
- *Transporte*: a camada de transporte (ou camada 4) prove serviços orientados e não-orientados. O serviço orientado à conexão assegura uma transferência confiável fim-a-fim entre dois pontos na rede. De maneira geral, exemplos de outras funções encontradas na camada de transporte são a detecção e correção de erros, o controle de fluxo de transporte, a fragmentação e remontagem, o tratamento da seqüência dos PDUs de transporte, a multiplexação e os serviços diferenciados de transmissão.
- *Sessão*: a camada 5 foi projetada para permitir a comunicação com sucesso entre aplicações. Então, funções clássicas deste nível são o estabelecimento, o gerenciamento e o término de sessões. Na interoperabilidade entre sessões de diferentes ambientes computacionais, devemos cuidar dos aspectos de comunicação do tráfego, da sincronização das partes e do gerenciamento de permissões entre as sessões.
- *Apresentação*: a camada de apresentação fornece um serviço para as aplicações de independência da representação de seus dados. Podemos



imaginar aplicações que utilizam a codificação EBCDIC solicitando uma interação com outra que utiliza a codificação ASCII. Desta forma, a camada 6 gerencia estas diferenças, fazendo com que a representação seja apropriada em cada computador.

- *Aplicação*: na camada de aplicação encontramos os protocolos que auxiliam os processos dos usuários. Exemplos são a conexão de terminais entre diferentes ambientes computacionais, transferência de arquivos e gerência de nomes e endereços na rede.

A figura abaixo mostra o modelo ISO/OSI.



Figura 2 – Modelo de referência ISO/OSI

## ***A Internet***

A Internet surgiu a partir de um projeto da agência norte-americana ARPA (Agência de Projetos e Pesquisas Avançadas) com o objetivo de conectar os

computadores dos seus departamentos de pesquisa. Essa conexão iniciou-se em 1969, entre 4 localidades: Universidades de Los Angeles na Califórnia, Universidade de Santa Barbara, Universidade de Utah e Instituto de Pesquisa de Stanford. Passando a ser conhecida como a ARPANET.

Esse projeto inicial foi colocado à disposição de pesquisadores, o que resultou em uma intensa atividade de pesquisa durante a década de 70. O principal resultado obtido foi a concepção do conjunto de protocolos que até hoje é a base da Internet, o "carro-chefe" é o TCP/IP (Protocolo de Controle de Transferência/Protocolo da Internet).

No início da década de 80 a ARPA iniciou a integração das redes de computadores dos outros centros de pesquisas à ARPANET. Nessa mesma época, foi desenvolvido na Universidade de Berkeley, a implantação dos protocolos TCP/IP no Sistema Operacional UNIX, o que possibilitou a integração de várias universidades à ARPANET.

Em 1985, a entidade americana NSF (Fundação Nacional de Ciência) interligou os supercomputadores de seus centros de pesquisa, o que resultou na rede conhecida como NSFNET, que em 1986 foi conectada à ARPANET. O conjunto de todos os computadores e redes locais backbones (espinhas dorsais de uma rede) passou a ser conhecido oficialmente como INTERNET.

Em 1988 a NSFNET passou a ter o apoio da IBM, MCI (telecomunicações) e MERIT (instituição educacional) formando a ANS (Rede Avançada e Serviços).

Entre 1990 e 1992 foi desenvolvido o backbone europeu chamado (EBONE) interligando alguns países da Europa à Internet.

A partir de 1993 a Internet deixou de ser uma instituição apenas acadêmica e passou a ser explorada comercialmente.

## A Internet no Brasil

A Internet chegou ao Brasil em 1988 por iniciativa da comunidade acadêmica de São Paulo (FAPESP) e Rio de Janeiro (UFRJ).

Em 1989 o Ministério da Ciência e Tecnologia criou a RNP (Rede Nacional de Pesquisa), uma instituição que passou a coordenar os serviços de Internet no país.

Em dezembro de 1994 começou a exploração comercial inicialmente pela Embratel, através de conexões discadas e a partir de abril de 1995 através de acessos dedicados via RENPAC ou linhas E1 com apoio da RNP.

A partir de 1996 as empresas particulares começaram a criar seus próprios POP's (Pontos de Presença) e ampliando cada vez mais a teia.

## ***O Futuro***

Não há dúvidas de que as redes de computadores e as redes de comunicação irão crescer vertiginosamente durante os próximos anos. Na verdade, a tendência é uma junção entre os dois tipos de redes, que cada vez mais dispositivos que são considerados dispositivos de comunicação possuem funções que até pouco tempo atrás somente eram executadas em computadores. E os próprios computadores estão cada vez mais executando tarefas típicas de dispositivos de comunicação.

## Capítulo 3

### ***Arquitetura de Processadores***

O objetivo deste capítulo é apresentar conceitos gerais de arquitetura de processadores necessários para o entendimento dos processadores de rede.

Um processador, segundo [PAT00] e [FRE03] é constituído basicamente por:

*Registradores específicos ou de propósito geral:* os registradores são unidades de armazenamento, baseados em *flip-flops*, utilizados para a manipulação, movimentação e transferência de dados. Podem ser registradores específicos como registradores de endereço, ou registradores de propósito geral, utilizados pra qualquer tipo de dado.

*Memória interna ou cache de dados e de instruções:* alguns processadores possuem memória interna para acessar mais rapidamente os dados. A principal função do cache é aproximar os dados, fazendo com que não seja necessário o acesso à memória principal. Isto melhora o desempenho geral do processador.

*Unidade lógica e aritmética:* este é o bloco responsável por realizar os cálculos matemáticos e lógicos do processador.

*Interface pra entrada e saída de dados:* para que o processador se comunique com o mundo externo é necessário que tenha uma interface para receber e enviar dados a outros processadores, equipamentos ou periféricos. Vários processadores utilizam a interface PCI para isto.

*Blocos de controle de dados e de instrução:* Todo processador possui um caminho de dados e de controle. Existem ao longo dos caminhos, blocos funcionais com a função de realizar o gerenciamento de dados, permitindo a integridade da manipulação.

*ISA (Instruction Set Architecture):* Este é o conjunto de instruções que define se o processador é de propósito geral ou específico. Através do conjunto de instruções definidos pela *ISA* é que os softwares são desenvolvidos.

Existem duas abordagens para um projeto de processador de rede. A primeira utilizada no início da história de desenvolvimento de processadores é a CISC. Processadores CISC caracterizam por instruções muito variadas, que podem ser grandes e complexas. Além de existirem instruções para praticamente qualquer tipo de tarefa. Também não há nenhuma rigidez quanto ao acesso à memória, qualquer instrução pode acessar a memória. A outra abordagem é a RISC. Ela surgiu a partir da constatação de que apenas uma pequena parte do código do programa necessitava acessar a memória e de que muitas instruções eram raramente utilizadas. Neste novo modelo de processador, o objetivo é reduzir o número de instruções que acessam a memória, tornando as manipulações do processador concentradas em registradores. Desta forma, apenas instruções do tipo *load* e *store* podem acessar a memória, o que não acontecia no modelo CISC [FRE03].

## Capítulo 4

### ***Processadores de redes***

Aqui serão apresentados os conceitos teóricos sobre processadores de redes e alguns processadores disponíveis no mercado.

### **Visão Geral**

Os processadores de rede, como o próprio nome já diz, são processadores com finalidades específicas para as redes de computadores e comunicação em geral. Geralmente eles se encontram nos equipamentos de rede entre a interface física e o *backplane*. As funções típicas que um processador de rede exerce, segundo [CHA01] são:

*Montagem e remontagem de segmentação* – Quadros são desmontados, processados e então remontados para encaminhamento.

*Classificação e reconhecimento de protocolos* – Quadros são identificados baseados em informações como o tipo de protocolo, número de porta, URL de destino ou outro tipo de informação específica de algum protocolo ou aplicativo.

*Enfileiramento e controle de acesso* – Assim que os quadros são identificados, eles são colocados em filas apropriadas para processamento futuro (por ex. prioridade ou *traffic shaping*). Os quadros também são checados quanto a políticas de acesso e outras restrições de segurança para saber se eles devem ser repassados ou descartados.

*Traffic shaping e engenharia* – Alguns protocolos ou aplicações necessitam que, assim que o quadro é liberado para a saída, ele seja “modelado” para garantir que satisfaça as exigências de retardo ou variação de retardo (*jitter*) requeridas. Outros requerimentos podem especificar a prioridade de tráfego entre diferentes canais ou tipos de mensagens.

*Qualidade de serviço (QoS)* – em adição ao “modelamento” apropriado dos quadros para QoS, pode ser necessário que eles sejam etiquetados para processamento rápido nos dispositivos de rede que se seguem no caminho percorrido na rede (por ex. 802.1P ou IP TOS).

## **Métodos de Implementação**

Ao desenvolver hardware para redes, os fabricantes podem escolher entre uma variedade de tecnologias para manusear o processamento de rede. As tecnologias disponíveis serão apresentadas a seguir.

### **ASIC – Application Specific Integrated Circuit**

O ASIC, como o próprio nome indica, é desenvolvido desde o começo para uma aplicação bem específica, em contraste com um processador de uso geral, que é desenvolvido com a flexibilidade de executar várias funções em mente.

Como o ASIC é projetado para um conjunto específico de tarefas, seu projeto pode ser otimizado para executar essas tarefas tão eficientemente quanto possível.

Isto faz com que tipicamente ele execute as tarefas em níveis de performance muito maiores do que processadores de uso geral.

Entretanto, ASICs não são recomendados para situações em que são necessárias a execução de uma grande variedade de tarefas. No mundo das redes, os ASIC são usados principalmente para o encaminhamento de tráfego a taxas muito altas de transferência, mas geralmente eles são incapazes de executar tarefas adicionais de gerenciamento de tráfego, como classificação, controle de acesso, etc. Na maioria das implementações atuais, uma CPU separada executa este tipo de tarefa.

Uma vez projetado e fabricado o ASIC, é muito difícil de alterá-lo. Diferentemente das arquiteturas tradicionais de microprocessadores, os ASICs não podem ser atualizado com um simples *upgrade* do *software*. Atualizar ou adicionar novas funções a um ASIC, tipicamente requer a substituição dos mesmos. Isto acarreta em longos ciclos de *time-to-market* para mudanças subseqüentes.

## RISC – Reduced Instruction Set Computing

A performance dos processadores RISC foi aperfeiçoada ao longo dos anos tirando vantagem da Lei de Moore (Duplicação da densidade de transistores a cada 18 meses). A diminuição dos tamanhos dos transistores permite um maior número de transistores por área e também a operação em *clocks* mais elevados.

Um processador de rede baseado em tecnologia RISC segue o modelo tradicional de processador baseado em software, portanto mantém as vantagens, como alto nível de programabilidade e flexibilidade, e também as desvantagens,



como menor performance, pois as decisões são feitas através de *software* neste modelo.

## Processamento Paralelo

A maioria dos processadores atuais é baseado na arquitetura Von Neumann, na qual o processadores processam a informação de forma serial, uma instrução por vez. Pesquisas continuam na área de processamento paralelo na qual os processadores possam executar múltiplas instruções ao mesmo tempo.

## Abordagens Híbridas

Para os vendedores de *hardware*, o Santo Graal é a flexibilidade da tecnologia RISC com o desempenho dos ASICs. Uma maneira que os vendedores de *hardware* tentaram para alcançar este objetivo foi unir a tecnologia ASIC e RISC num mesmo produto. Nesses tipos de dispositivos, geralmente um processador RISC atua como o processador principal enquanto que tarefas específicas são enviadas para outras partes implementadas em ASIC.

## **Requisitos de um processador de rede**

Segundo [CHA01] estes são os requisitos que um processador de rede deve ter.

## Programabilidade

Um processador de rede deve ser fácil de ser programado para oferecer suporte à personalização de suas funções e rápida integração de novas tecnologias que possam surgir.

Com os ciclos de *time-to-market* cada vez menores, e cada vez mais importantes para o sucesso de qualquer produto, ferramentas de programação que acelerem a personalização das funções do equipamento de rede são essenciais a qualquer processador de rede. Nenhuma empresa quer ficar na fase de testes de seus produtos enquanto que a concorrência já levou os seus ao mercado. Para isso é necessário que o processador de rede tenha um bom suporte de ferramentas de programação, que sejam fáceis de usar e que permitam a reutilização de código sempre que possível.

Além disso, as ferramentas de programação devem fornecer formas de teste e verificação do código através de simulações, estatísticas, etc.

## Desempenho

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de circuitos integrados tem seguido a Lei de Moore, na qual o número de portas, e conseqüentemente o poder de processamento, dos circuitos integrados dobra aproximadamente a cada dezoito meses. Com a crescente instalação de tecnologias de rede de alta velocidade, como Gigabit Ethernet e DWDM, essa taxa de crescimento em velocidade pode não ser rápida o suficiente para suportar os futuros requisitos de desempenho. Por isso, um dos principais requisitos dos processadores de rede é ser capaz de escalar

rapidamente suas capacidades de desempenho para suportar o constante crescimento nas taxas de transferência.

Fora isso, os processadores de rede devem ser capazes de localizar e suportar centenas de conexões simultâneas a fim de suportar tecnologias como MPLS e qualidade de serviço para o padrão H.323 de voz sobre IP. O suporte a um grande número de conexões também é um requisito para suportar funcionalidades como ATM.

### Gerenciamento

Processadores de rede devem prover suporte a serviços como gerenciamento de SLAs. Devem também ser capazes de colher informações estatísticas de desempenho e fluxo de tráfego que possam ser coletadas por sistemas de tarifação usando protocolos como RMON e SNMP.

Os processadores de rede também desempenham um papel importante na disponibilização de classes de serviços através de seus provedores. Por exemplo, um provedor de serviços poderia disponibilizar um serviço em camadas aonde o tráfego crítico como de *e-commerce*, por exemplo, seja tratado de maneira diferenciada, enquanto que o resto do tráfego seja encaminhado no esquema do melhor esforço (*best effort*). Para assegurar esta política o tráfego deve ser identificado e classificado assim que entra na rede do provedor de serviços. Os processadores de rede devem ser capazes de classificar pacotes em múltiplas classes de serviço, cada uma com suas necessidades de qualidade de serviço (QoS).

Tipicamente este tipo de classificação ocorre na borda da rede, quando o tráfego entra e sai da rede. Outra função que normalmente ocorre nessa área da rede é o filtro de tráfego usando listas de controle de acesso (ACLs) ou outro mecanismo.

## Roteamento

Depois de identificar, classificar e tarifar o fluxo de tráfego, os processadores de rede devem ser capazes de fazer decisões de encaminhamento baseadas em informações pré-programadas. Por exemplo, uma organização pode ter a política de que todo o tráfego HTML destinado aos seus servidores de comércio eletrônico devam receber a mais alta prioridade dentro da rede. Quando o tráfego classificado passa pela rede, outros processadores de rede precisam ser capazes de identificar rapidamente o tipo do tráfego e reconhecer que ele precisa ser encaminhado a frente de todo outro tráfego como *e-mail* ou outros serviços. Para assegurar essa política os processadores de rede precisam analisar a fundo o tráfego para determinar a origem e o seu destino e também marcar este tráfego para processamento subsequente por outros processadores de rede.

## Arquitetura de um Processador de rede

Do ponto de vista da arquitetura do sistema um processador de rede, segundo [ALL03] pode ser dividido em dois modelos, o modelo RTC (Run To Completion) e o modelo de pipeline.

O modelo RTC fornece uma abordagem de programação simples, que permite ao programador numa única thread acessar todo o espaço de memória e todos os

recursos compartilhados como memória de controle, tabelas, e contadores. Esse modelo é baseado na arquitetura SMP, na qual múltiplas CPUs compartilham a mesma memória. As CPUs são utilizadas como um conjunto de recursos de processamento, todas trabalhando simultaneamente, processando dados ou esperando por instruções.

No modelo pipeline, cada CPU é otimizada para manipular uma determinada categoria de tarefas e instruções. O programa a ser executado é dividido entre os estágios do pipeline. O ponto fraco deste modelo é a necessidade de se distribuir uniformemente o trabalho em cada segmento do pipeline. Quando a distribuição não for feita adequadamente pode-se comprometer o desempenho final. Como já é de se esperar, nem sempre é possível de se fazer a distribuição adequada, o que acaba acarretando em ciclos de processador desperdiçados.

Ao se escolher um dos dois modelos para a criação de um processador de rede deve-se levar em conta a complexidade gerada para os programadores. O modelo pipeline cria a tarefa extra de otimização da distribuição das instruções no pipeline. Esta dificuldade pode ser contornada com o fornecimento de ferramentas que automatizem esta tarefa, o próprio compilador pode ser capaz de resolver este problema.

## ***Processadores de rede disponíveis no mercado***

### **Agere Systems**

APP300

O processador APP300 reúne num único chip capacidades para classificação de pacotes e gerenciamento de tráfego. É voltado para aplicações DSL, banda larga e *wireless*.

O processador APP300 da Agere Systems é capaz de classificar e gerenciar o tráfego de rede em velocidades de até 2 Gbits/s

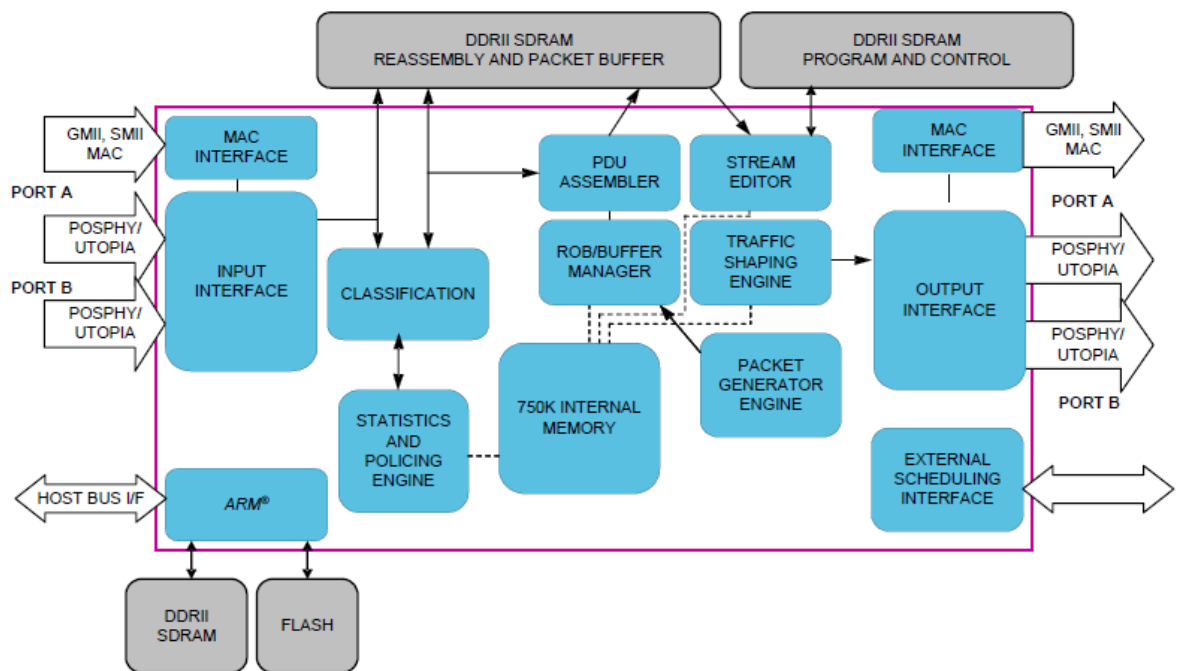


Figura 3 – Diagrama em blocos do APP300  
Fonte: Agere Systems

## Bay Microsystems

Biscayne

O Biscayne, segundo o fabricante [BAY05], é o processador com o menor consumo de energia e o menor custo da indústria para aplicações OC192/OC48.

Este processador é baseado numa arquitetura determinística, superescalar com *pipeline*.

Entre as aplicações suportadas pelo processador podemos citar:

- Metro Ethernet, IPv6, IPv4, MPLS, DiffServ, PoS, Frame Relay e ATM
- IETF PPVPN (VPLS, L2/3VPN), IETF PWE3
- MPLS (LER, LSR, mapeamento VLAN para MPLS)
- QoS



**Figura 4 – Processador de rede Biscayne**  
**Fonte: Bay Microsystems**

## Montego

O processador Montego, segundo o fabricante [BAY05] é o primeiro processador de rede OC192c/10G do mundo. Suporta protocolos como: IPv4, IPv6, PPP, ATM, Ethernet, Frame Relay, MPLS e DiffServ. É capaz de processar até 31.25 milhões de pacotes por segundo. Opera a 166 MHz.



**Figura 5 – Processador de rede Montego**  
**Fonte: Bay Microsystems**

## **Cisco Systems**

A Cisco Systems é a empresa que hoje domina o mercado de dispositivos para rede e interligação de redes remotas através de seus roteadores. Sua sólida posição neste ramo é reflexo da alta performance, qualidade e competitividade dos seus produtos.

### **NPE-G1**

O processador de rede NPE-G1 da Cisco processa até 1 milhão de pacotes por segundo. Fornece 3 portas 10/100/1000-Mbps diretamente no processador. Suporta até 1 GB de RAM e opera a 700 MHz.

## **Conexant**

### **CX82100**



O processador CX82100 é baseado no ARM940T de 168 Mhz. As principais aplicações do CX82100 da Conexant são: Roteadores de banda larga, access points, VPNs. Possui duas MACs Ethernet 10/100 Mbps e interface USB 1.1.

Características do processador:

Núcleo do processador ARM904T rodando a 168 MHz

16k X 32 de ROM interna

8k X 32 de RAM interna

Controlador de memória externa

Controlador de interrupção

Gerador de clocks

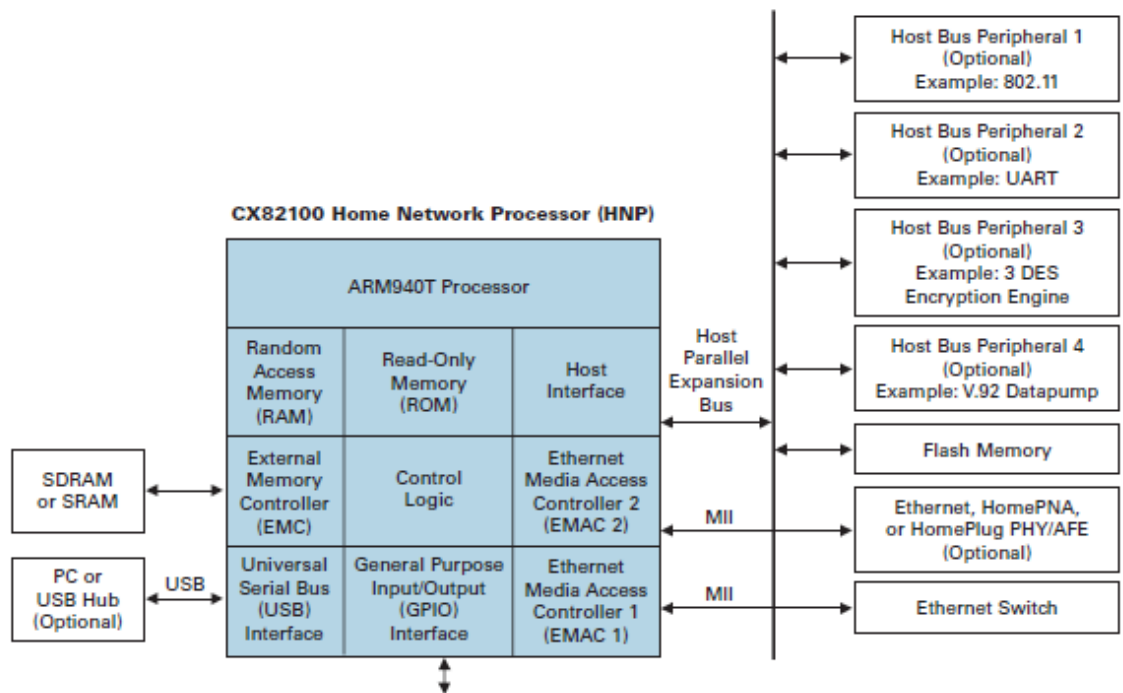


Figura 6 – Diagrama em blocos do CX82100

Fonte: Conexant

## Freescale

### C-5e

O C-5e possui 17 processadores programáveis RISC para encaminhamento de pacotes e 32 processadores de dados seriais para processamento de fluxos de bits.

Opera a frequência de 266 Mhz e em velocidades de até 5 Gbits/s [FRS05].

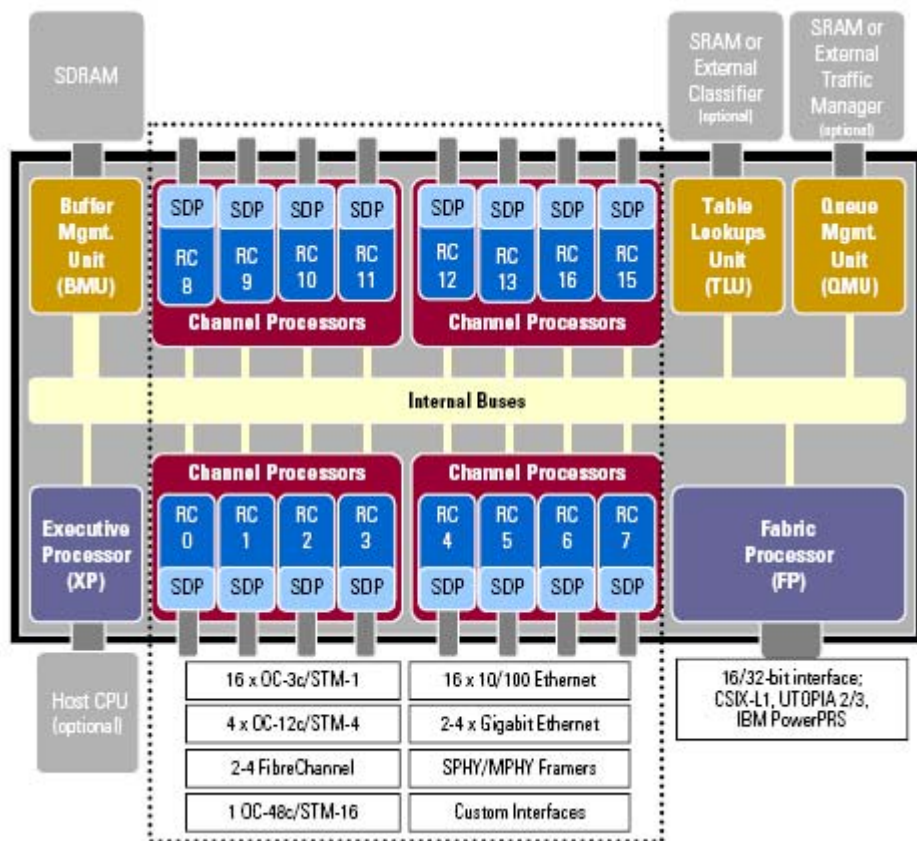


Figura 7 – Diagrama em blocos do C-5e  
Fonte: Freescale

## Hifn

### 5NPG4

O 5NPG4 foi desenvolvido para suportar velocidades de até OC-48. É composto por 16 picoprocessadores, múltiplos aceleradores de hardware e um microprocessador PowerPC. Os aceleradores de hardware executam buscas em árvore, encaminhamento de pacotes, filtragem de pacotes, alteração de pacotes, entre outros. Sua programação é feita seguindo o modelo *Run-to-Completion*. É capaz de processar 6.1 milhões de pacotes por segundo. Suporta até 40 portas Ethernet 10/100 ou 4 portas Gigabit Ethernet [HIF05].

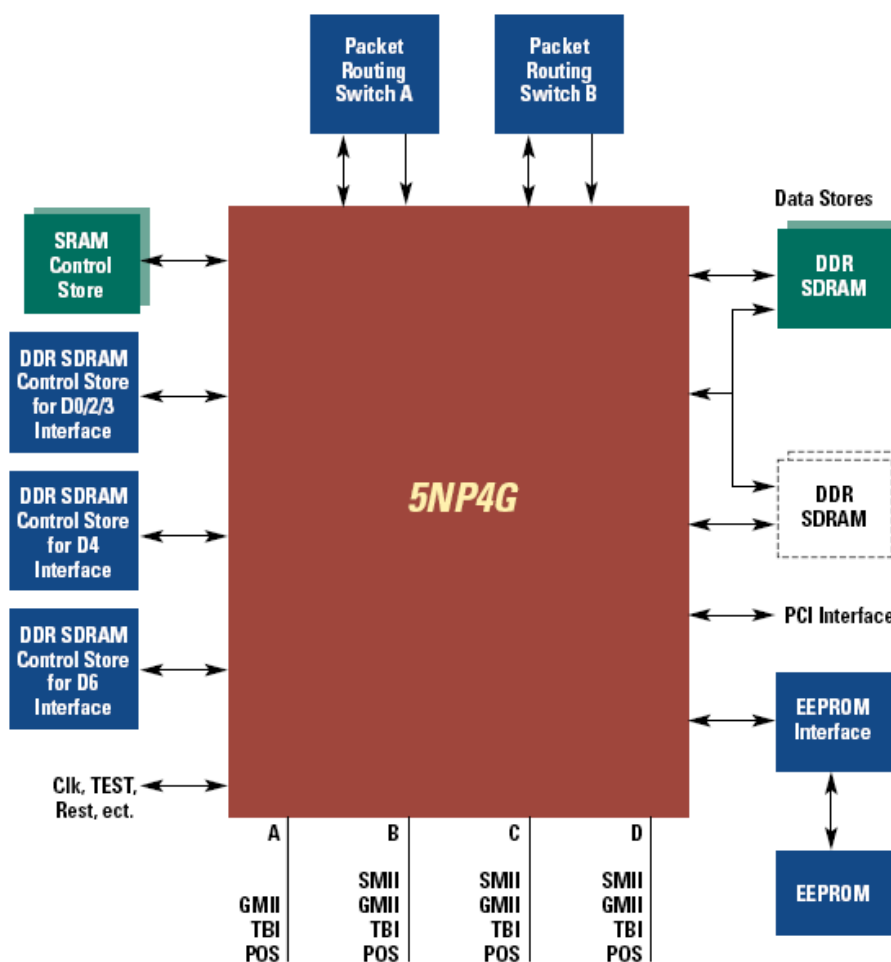


Figura 8 – Diagrama em blocos do 5NP4G  
Fonte: Hifn

A Intel possui três linhas de processadores de rede, cada qual com suas finalidades específicas. A linha IXP4XX é composta por processadores de rede voltados para o uso doméstico, em pequenos ou médios escritórios ou em aplicações de rede embutidas. Todos os processadores dessa linha compartilham a mesma arquitetura e têm como principal característica o baixo consumo de energia e baixo custo. A linha de processadores IXP12XX é a linha mais antiga de processadores de rede da Intel e foram desenvolvidos para atender velocidades que variam de OC-3 até OC-12. Na linha IXP2XXX encontramos processadores de rede versáteis, escalonáveis e de alto desempenho designados para componentes de borda ou núcleo de rede com velocidades variando entre T1/E1 até OC-192.

#### Linha IXP4XX

Nesta linha encontramos os processadores de rede de mais baixo custo, sendo destinados a equipamentos que serão disponibilizados para as grandes massas.

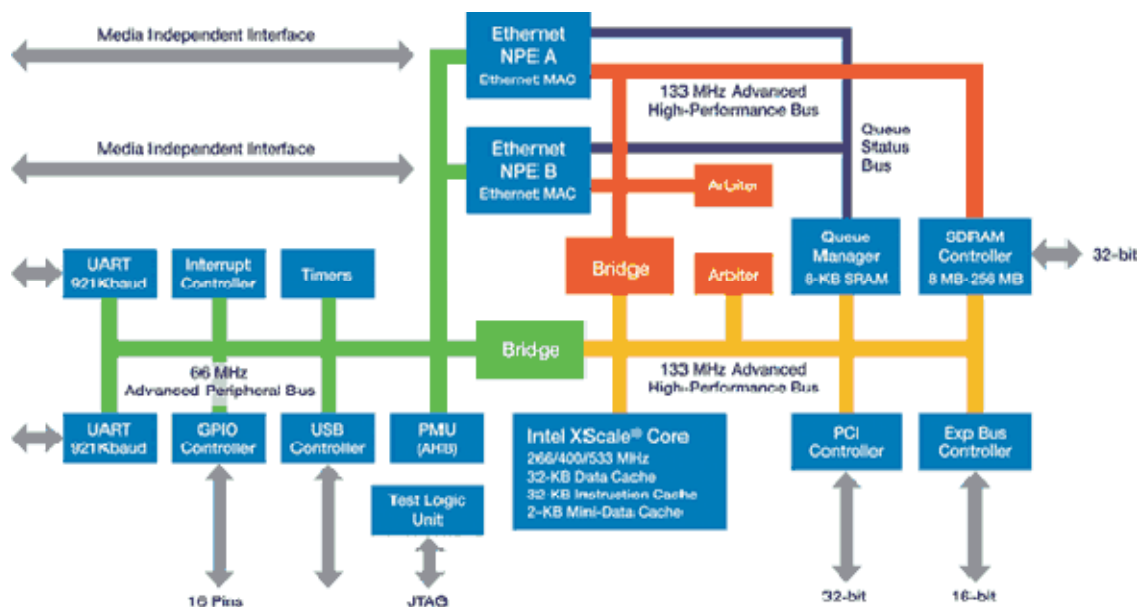
#### IXP420

O Processador Intel IXP420 tem como principais aplicações, ser usado em gateways domésticos, roteadores para pequenos escritórios, access points, controle industrial, etc.

O IXP420 possui um núcleo Intel XScale, interface PCI, controlador USB e dois MACs Ethernet 10/100, oferece um ótimo desempenho com baixo consumo de energia. O núcleo do processador opera em 266 MHz, 400 MHz ou 533 MHz.

## Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266, 400 ou 533 MHz em temperatura comercial ou a 266 MHz em temperatura estendida;
- Duas MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Controlador SDRAM suportando memórias de 8 até 256 MBytes;
- Baixo consumo de energia, em torno de 1,0 a 1,5 Watt;
- Controlador USB 1.1
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud
- 16 pinos GPIO



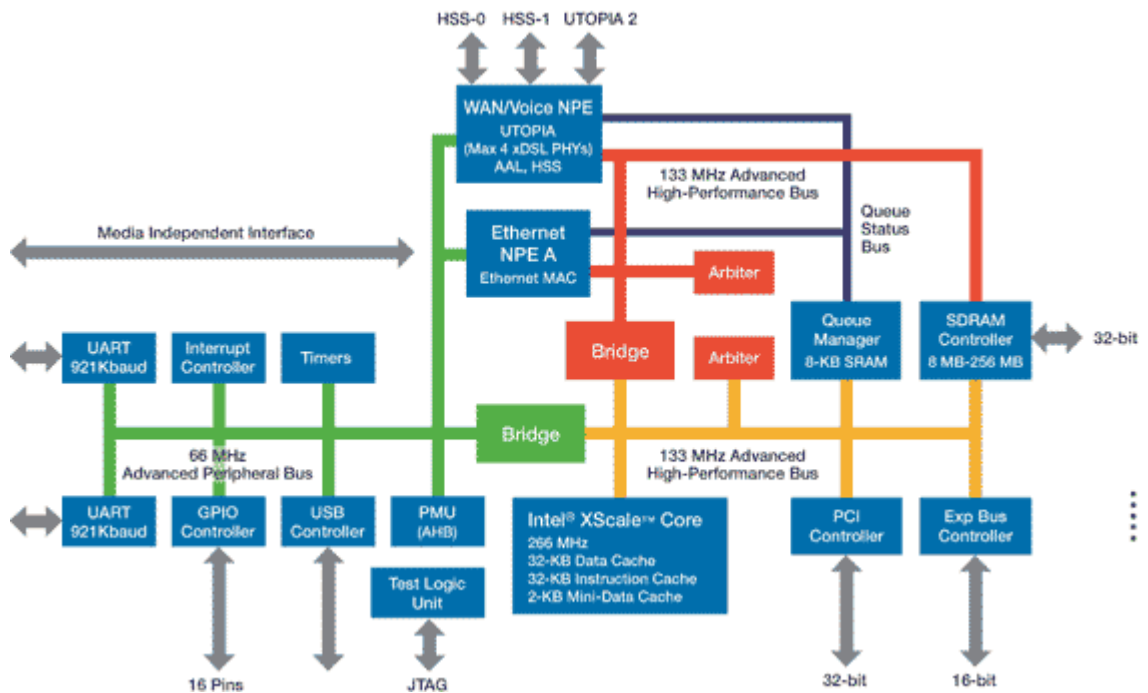
**Figura 9 – Diagrama em blocos do IXP420**  
Fonte: Intel Corporation

## IXP421

Este processador é indicado para uso em aplicações que utilizam VoIP. Ele opera a 266 MHz, possui interface PCI, controlador USB, interface UTOPIA 2, portas HSS (High-Speed Serial) e um MAC Ethernet 10/100

### Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266 MHz;
- Suporta de 2 a 4 canais de voz;
- Duas porta serias de alta velocidade (HSS) para VoIP SLIC/CODEC ou T1/E1
- Uma MAC Ethernet 10/100 Base-T integrada com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Interface UTOPIA 2 suportando até 4 xDSL PHYs (ADSL, G.SHDSL ou VDSL)
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Controlador SDRAM suportando memórias de 8 até 256 MBytes;
- Baixo consumo de energia, em torno de 1,0 a 1,5 Watt;
- Controlador USB 1.1
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud
- 16 pinos GPIO



**Figura 10 – Diagrama em blocos do IXP421**  
**Fonte: Intel Corporation**

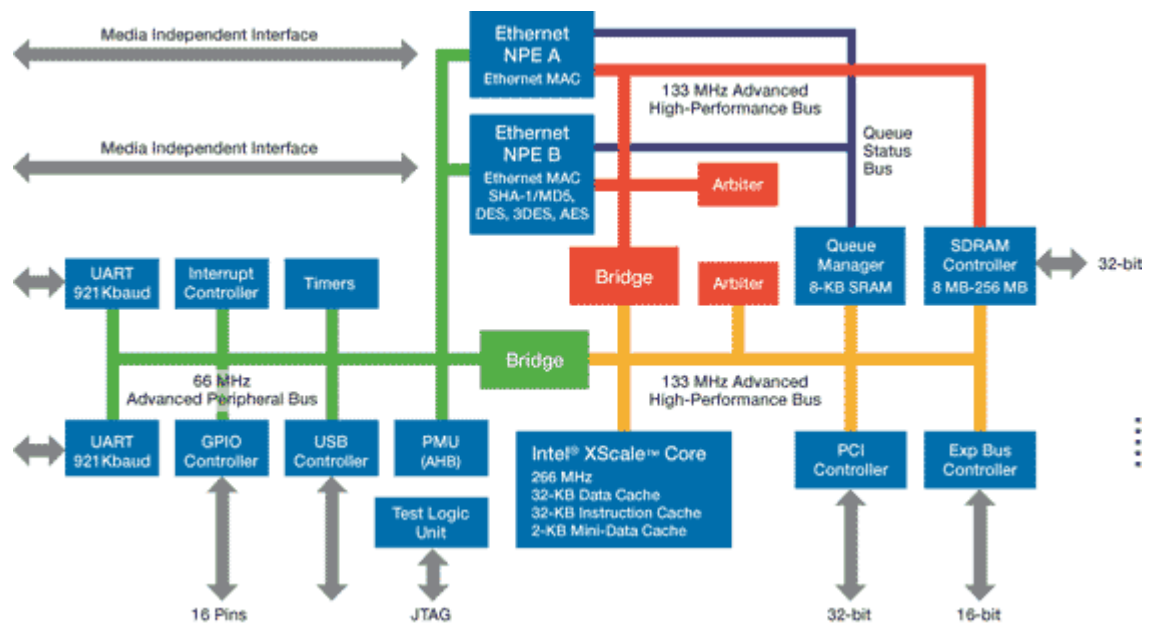
## IXP422

O IXP422 é voltado principalmente para equipamentos de acesso sem fio seguro, firewalls e switches.

### Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266 MHz;
- Aceleração em hardware para os principais algoritmos de criptografia (SHA-1, MD5, DES, 3DES, AES);
- Duas MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;

- Controlador SDRAM suportando memórias de 8 até 256 MBytes;
- Baixo consumo de energia, em torno de 1,0 a 1,5 Watt;
- Controlador USB 1.1
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud
- 16 pinos GPIO



**Figura 11 – Diagrama em blocos do IXP422**  
**Fonte: Intel Corporation**

## IXP423

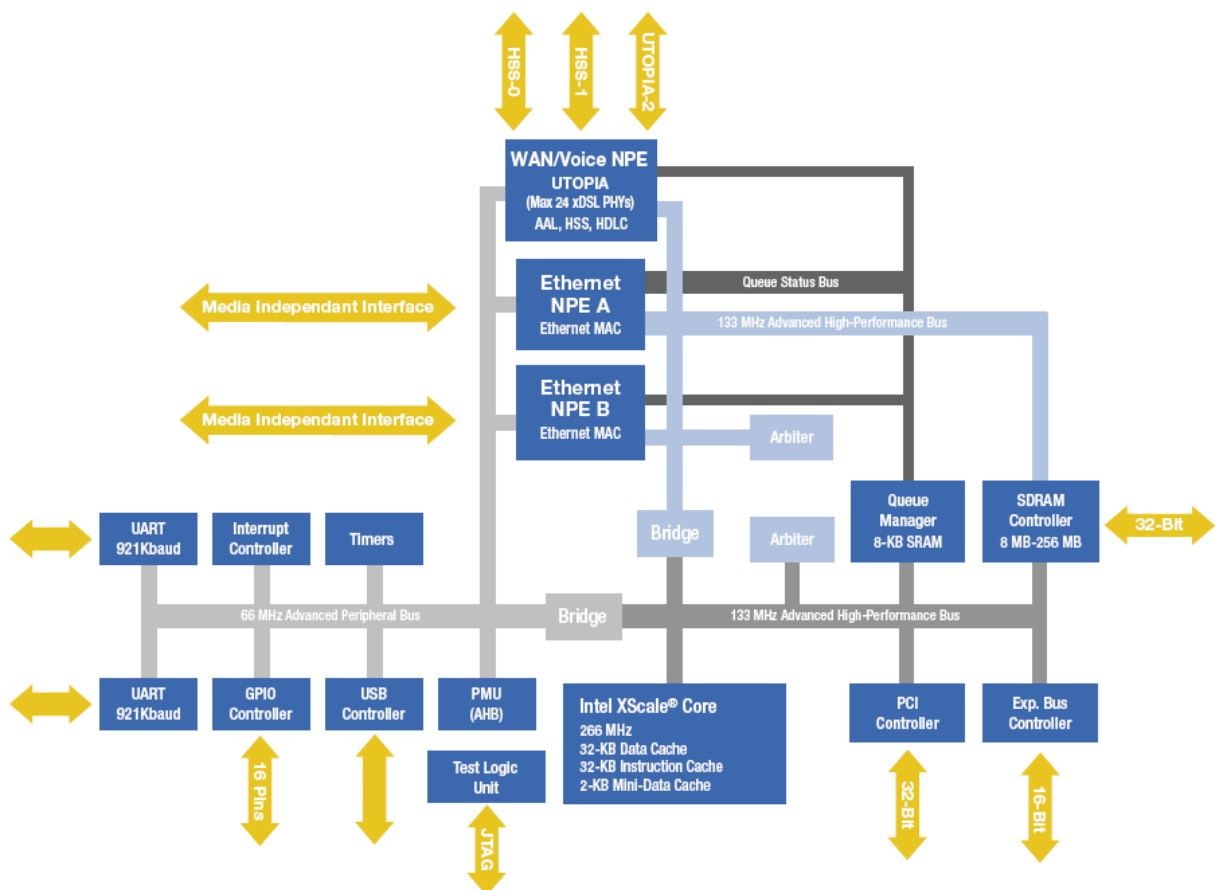
O IXP 423 é voltado para aplicações residenciais e VoIP.

Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266 MHz;
- Suporta de 2 a 4 canais de voz;
- Duas porta serias de alta velocidade (HSS) para VoIP SLIC/CODEC ou T1/E1



- Duas MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Interface UTOPIA 2 suportando até 4 xDSL PHYs (ADSL, G.SHDSL ou VDSL)
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v.2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Controlador SDRAM suportando memórias de 8 até 256 MBytes;
- Baixo consumo de energia, em torno de 1,0 a 1,5 Watt;
- Controlador USB 1.1
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud
- 16 pinos GPIO

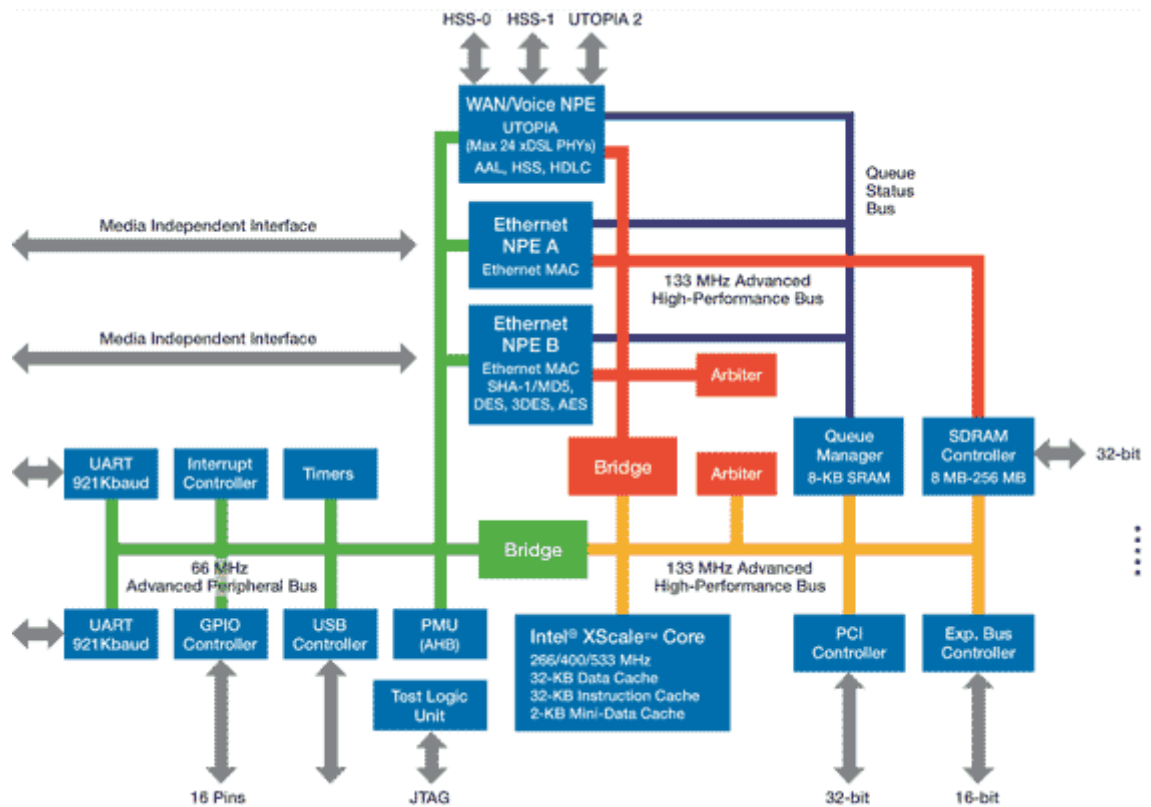


**Figura 12 – Diagrama em blocos do IXP423**  
 Fonte: Intel Corporation

O IXP425 é voltado para aplicações residenciais de alta performance.

Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 533 MHz;
- Aceleração em hardware para os principais algoritmos de criptografia (SHA-1, MD5, DES, 3DES, AES);
- Suporta de 2 a 4 canais de voz;
- Duas porta serias de alta velocidade (HSS) para VoIP SLIC/CODEC ou T1/E1
- Duas MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Interface UTOPIA 2 suportando até 4 xDSL PHYs (ADSL, G.SHDSL ou VDSL)
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Controlador SDRAM suportando memórias de 8 até 256 MBytes;
- Baixo consumo de energia, em torno de 1,0 a 1,5 Watt;
- Controlador USB 1.1
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud
- 16 pinos GPIO



**Figura 13 – Diagrama em blocos do IXP 425**  
**Fonte: Intel Corporation**

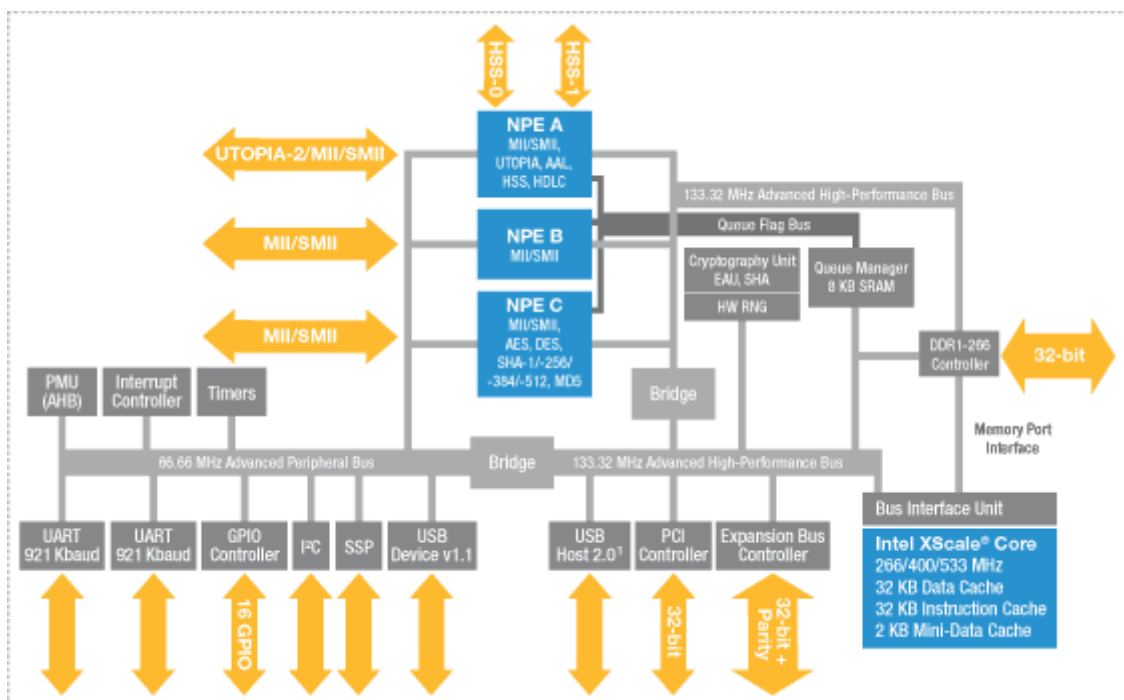
IXP455

O IXP455 possui aceleração em hardware para criptografia e memória DDR para um maior desempenho.

Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266, 400 ou 533 MHz;
- Aceleração em hardware para os principais algoritmos de criptografia (SHA-1, MD5, DES, 3DES, AES);
- Duas porta serias de alta velocidade (HSS) para VoIP SLIC/CODEC ou T1/E1

- Três MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Interface UTOPIA 2 suportando múltiplos xDSL PHYs (ADSL, G.SHDSL ou VDSL)
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Controlador DDR-SDRAM suportando memórias de 32 MBytes até 1 GByte;
- Controlador USB 1.1 e 2.0
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud



**Figura 14 – Diagrama em blocos do IXP455**  
**Fonte: Intel Corporation**

## IXP460

O IXP460 é voltado para equipamento utilizados em automação industrial, que precisam funcionar em ambientes extremo.

Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266, 400, 533 ou 667 MHz;
- Duas MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Controlador DDR-SDRAM suportando memórias de 32 MBytes até 1 GByte com opção de ECC;
- Controlador USB 1.1 e 2.0;
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud;
- Suporte em hardware para o protocolo IEEE1588;
- Interface I2C e SSP integradas;

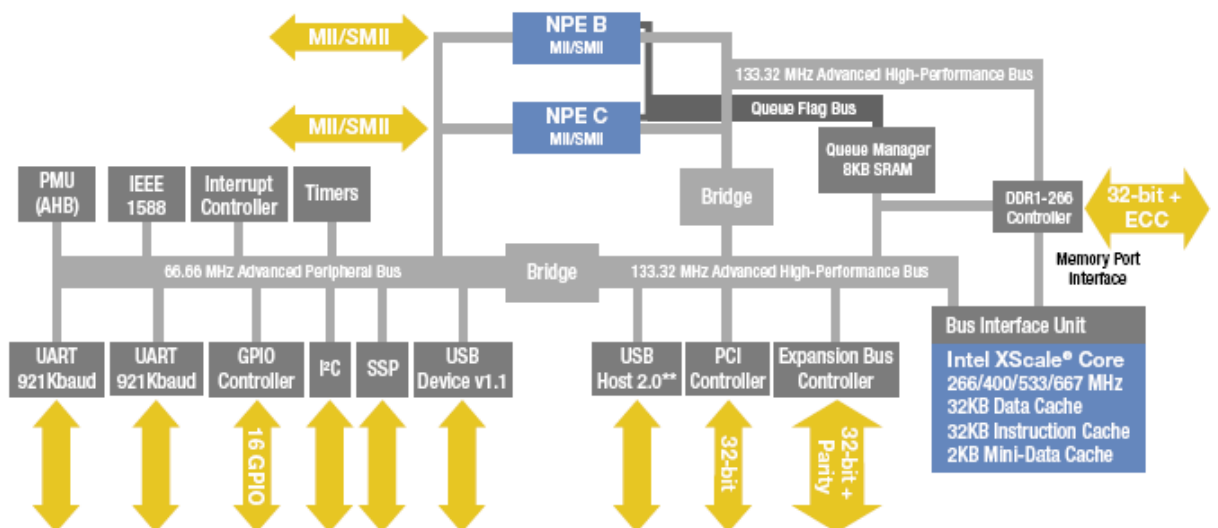
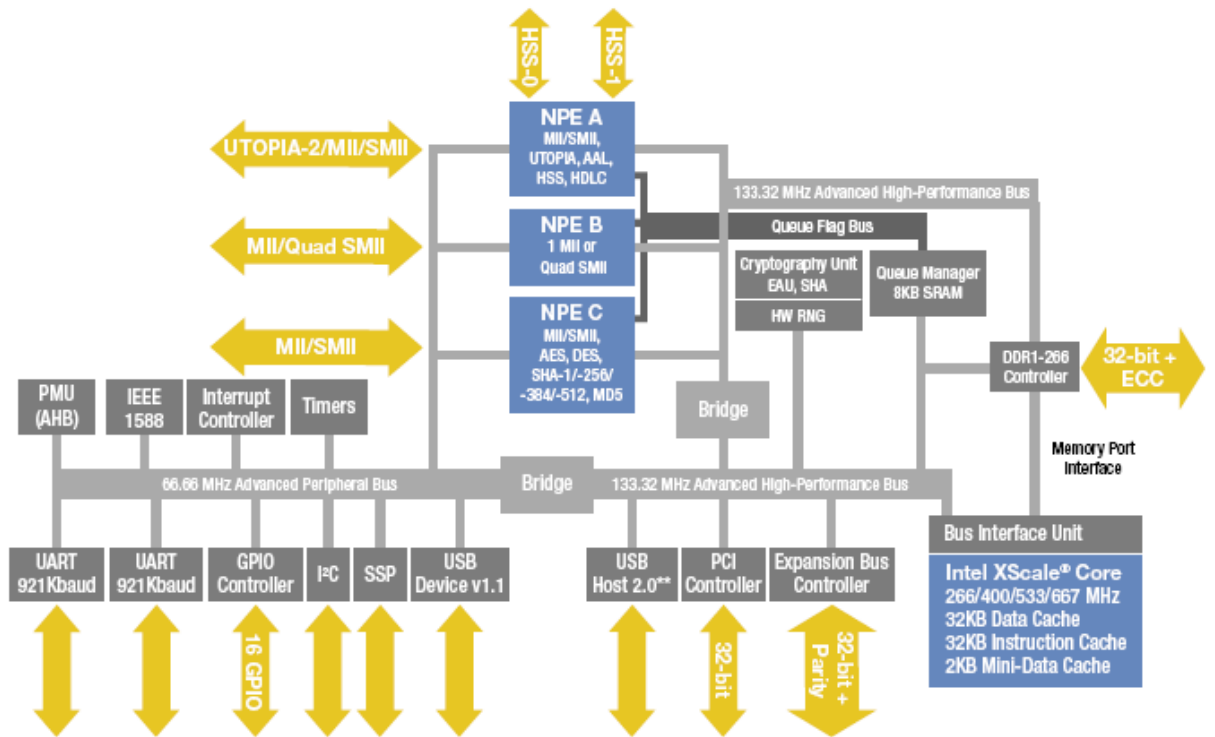


Figura 15 – Diagrama em blocos do IXP460  
Fonte: Intel Corporation

O IXP465 é voltado para equipamentos que necessitam oferecer alta performance e segurança.

Características:

- Núcleo Intel XScale rodando a 266, 400, 533 ou 667 MHz;
- Aceleração em hardware para os principais algoritmos de criptografia (SHA-1, MD5, DES, 3DES, AES);
- Até seis MACs Ethernet 10/100 Base-T integradas com interface MII, oferecendo maior flexibilidade;
- Suporta até quatro dispositivos em barramento PCI v2.2 rodando a 33/66 MHz;
- Interface UTOPIA 2 suportando múltiplos xDSL PHYs (ADSL, G.SHDSL ou VDSL)
- Duas porta serias de alta velocidade (HSS) para VoIP SLIC/CODEC ou T1/E1
- Controlador DDR-SDRAM suportando memórias de 32 MBytes até 1 GByte com opção de ECC;
- Controlador USB 1.1 e 2.0;
- Duas UARTs de alta velocidade, cada uma suportando até 921 Kbaud;
- Suporte em hardware para o protocolo IEEE1588;
- Interface I2C e SSP integradas;



**Figura 16 – Diagrama em blocos do IXP465**  
**Fonte: Intel Corporation**

## Linha IXP12XX

Esta linha oferece processadores de baixo consumo de energia com núcleo ARM. É uma linha que a Intel está abandonando, pois será substituída pela linha IXP2XXX. As informações que a Intel oferece são apenas para fins de suporte a produtos já desenvolvidos.

## IXP1200

O IXP1200 foi desenvolvido para aplicações OC-3 até OC-12.

### Características:

- Seis microengines programáveis;

- Núcleo Intel StrongARM rodando a 166, 200 ou 232 MHz;
- Interface PCI;
- Controladores de memória SRAM E SDRAM;
- CRC (Cyclic Redundancy Checking) no modelo IXP1240 e IXP1250;
- ECC (Error Correction Code) no modelo IXP1250;

### Linha IXP2XXX

Esta linha oferece processadores de alta performance desenvolvidos para operar em equipamentos de acesso à rede, de borda e de núcleo oferecendo velocidades que vão de T1/E1 a OC-192.

### IXP2325

O IXP2325 serve para aplicações de acesso e borda de até 1 Gbps.

#### Características:

- Duas microengines programáveis rodando a até 600 MHz;
- Núcleo Intel XScale rodando a até 900 MHz;
- 512 Kbytes de cache L2;
- Duas interfaces de 32 bits que podem ser programadas como SPI-3 ou UTOPIA;
- Duas MACs Gigabit Ethernet;



- Duas MACs 10/100 Ethernet;
- Controlador serial de alta velocidade (HSS)
- Aceleração em hardware para os principais algoritmos de criptografia (SHA-1, MD5, DES, 3DES, AES);
- Controlador de memória DDR300 com suporte a ECC;
- Suporte a JTAG;

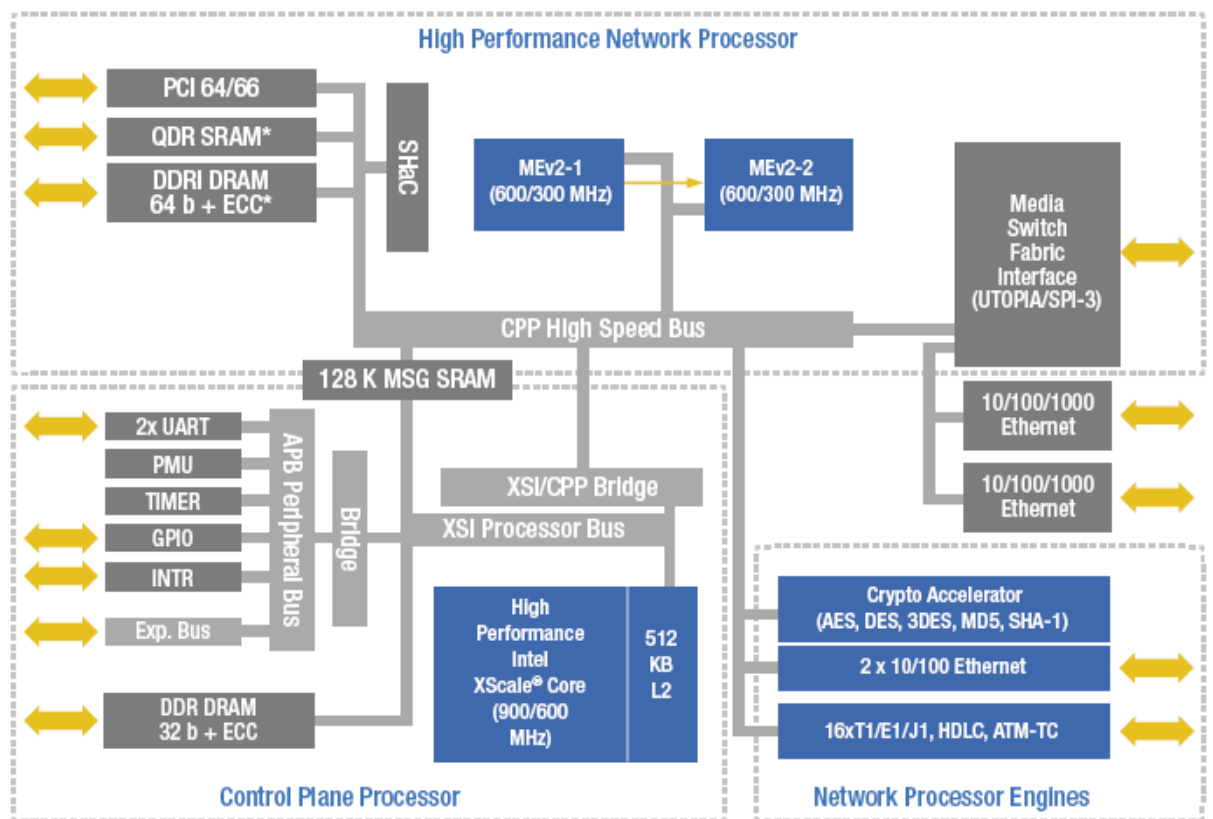


Figura 17 – Diagrama em blocos do IXP2325  
Fonte: Intel Corporation

IXP2350

O IXP2350 foi desenvolvido para aplicações de acesso e borda de até 2 Gbps.

Características:

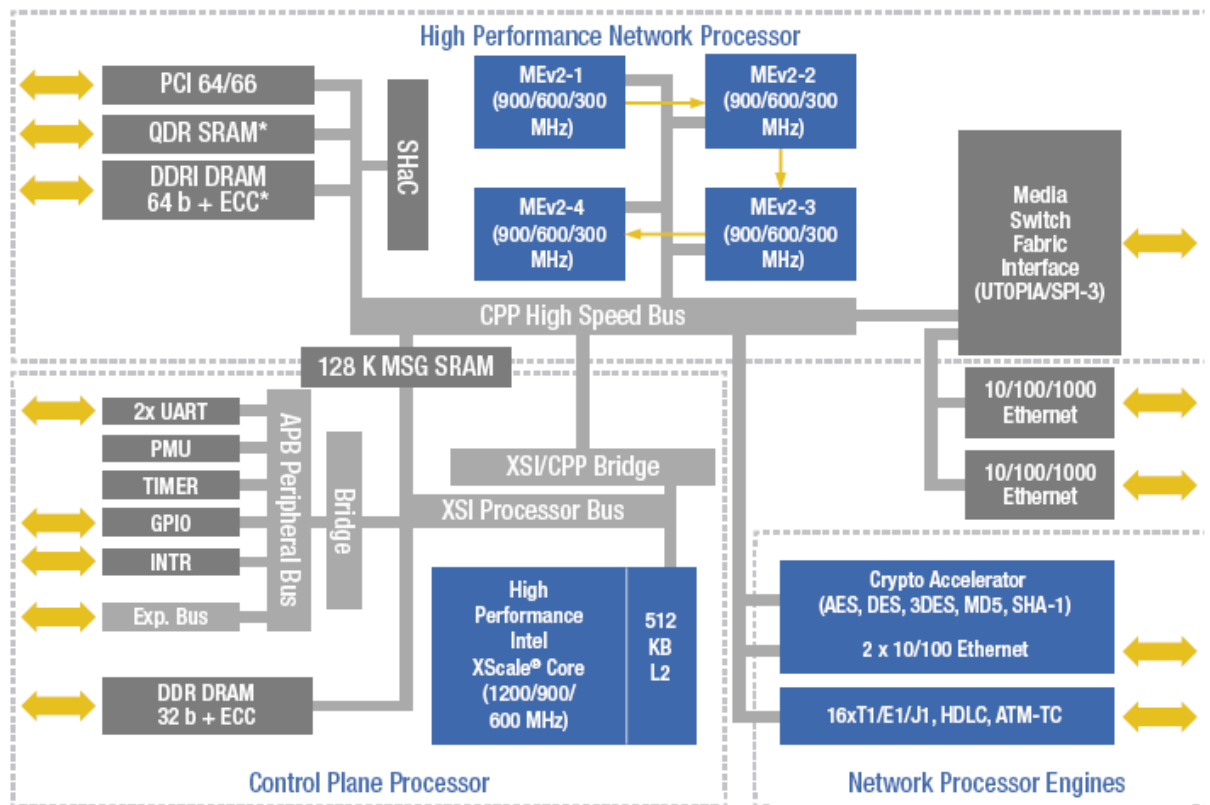
- Duas microengines programáveis rodando a até 900 MHz;
- Núcleo Intel XScale rodando a até 1200 MHz;
- 512 Kbytes de cache L2;
- Duas interfaces de 32 bits que podem ser programadas como SPI-3 ou

UTOPIA;

- Duas MACs Gigabit Ethernet;
- Duas MACs 10/100 Ethernet;
- Controlador serial de alta velocidade (HSS)
- Aceleração em hardware para os principais algoritmos de criptografia (SHA-1,

MD5, DES, 3DES, AES);

- Controlador de memória DDR300 com suporte a ECC;
- Suporte a JTAG;



**Figura 18 – Diagrama em blocos do IXP2350**  
**Fonte: Intel Corporation**

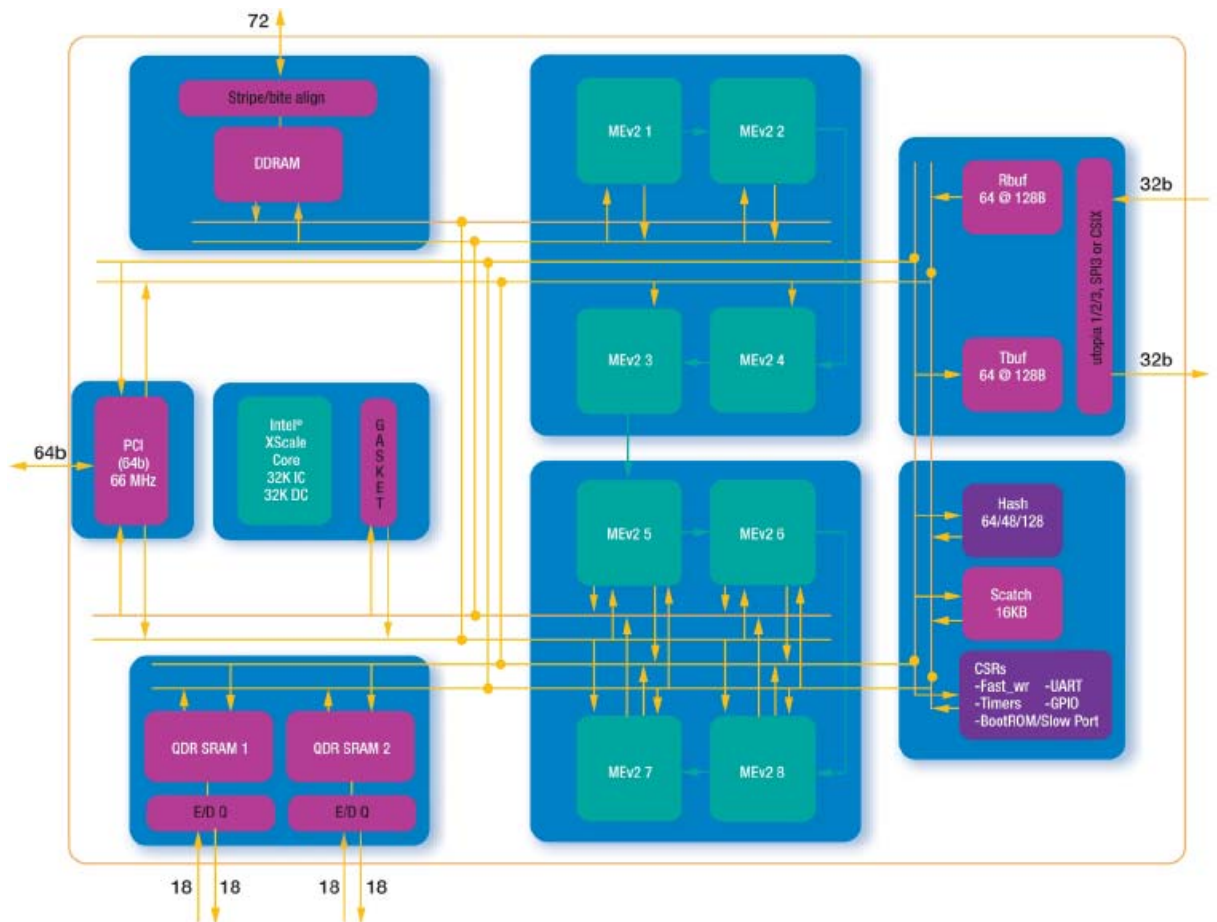
IXP2400

O IXP2400 serve para aplicações de acesso e borda para velocidades de até OC-48.

Características:

- Oito microengines programáveis rodando a até 600 MHz capazes de executar até 5,4 giga-operações por segundo;
- Núcleo Intel XScale rodando a até 600 MHz;
- Interface PCI 2.2 64 bits/66 MHz;
- Uma interface DDR DRAM;

- Duas interfaces QDR SRAM;
- Duas interfaces de meio podendo ser programadas para SPI-3, UTOPIA 1/2/3 ou CSIX-L1;
- Suporte a JTAG;



**Figura 19 – Diagrama em blocos do IXP2400**  
**Fonte: Intel Corporation**

## IXP2800

O IXP2800 é capaz de gerenciar o tráfego da rede em velocidades de até 10 Gbps. Possui 16 microengines programáveis que suportam 23.1 giga-operações por segundo.

Características:

- Dezesesseis microengines programáveis rodando a até 1,4 GHz capazes de executar até 23,1 giga-operações por segundo;
- Núcleo Intel XScale rodando a até 700 MHz;
- Interface PCI 2.2 64 bits/66 MHz;
- Três interfaces RDRAM;
- Quatro interfaces QDR SRAM;
- Suporte a JTAG;

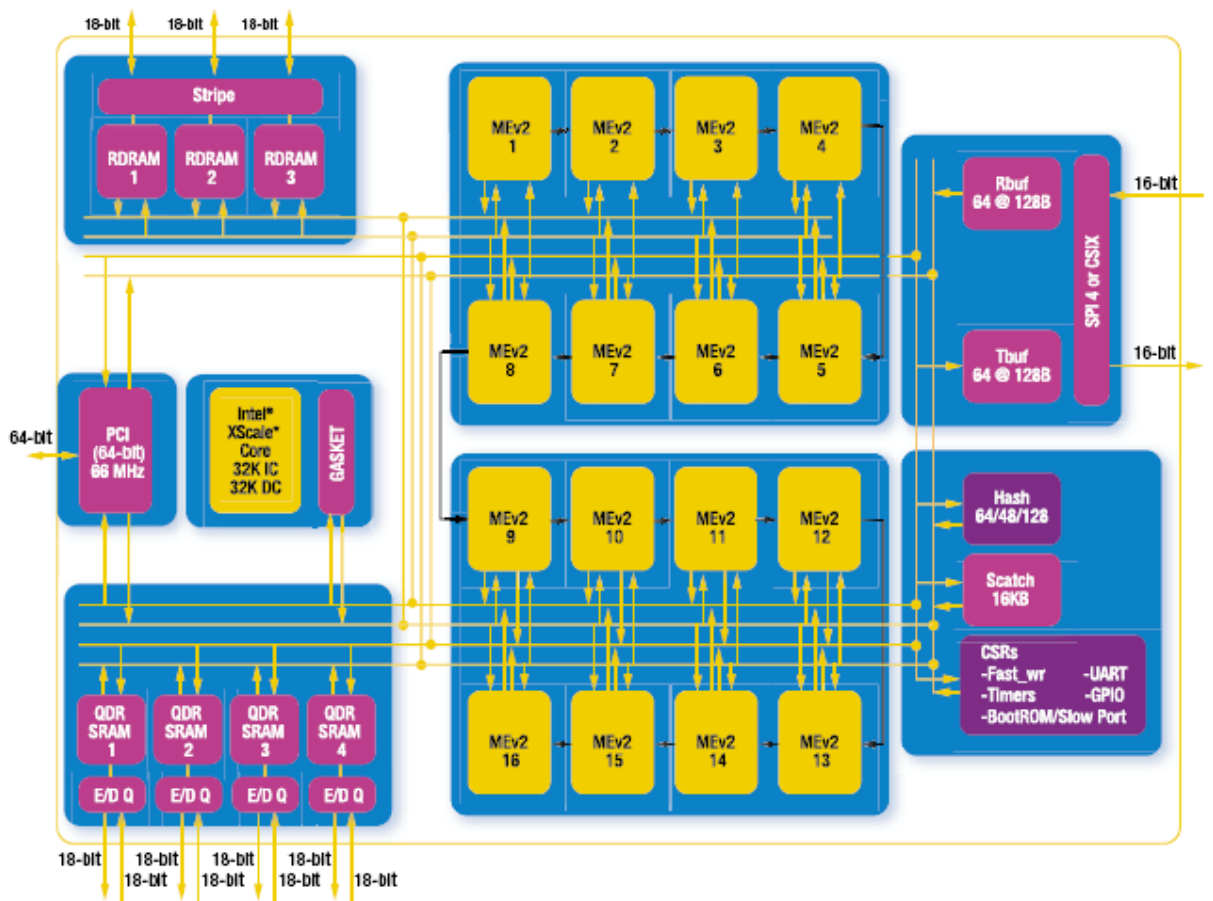
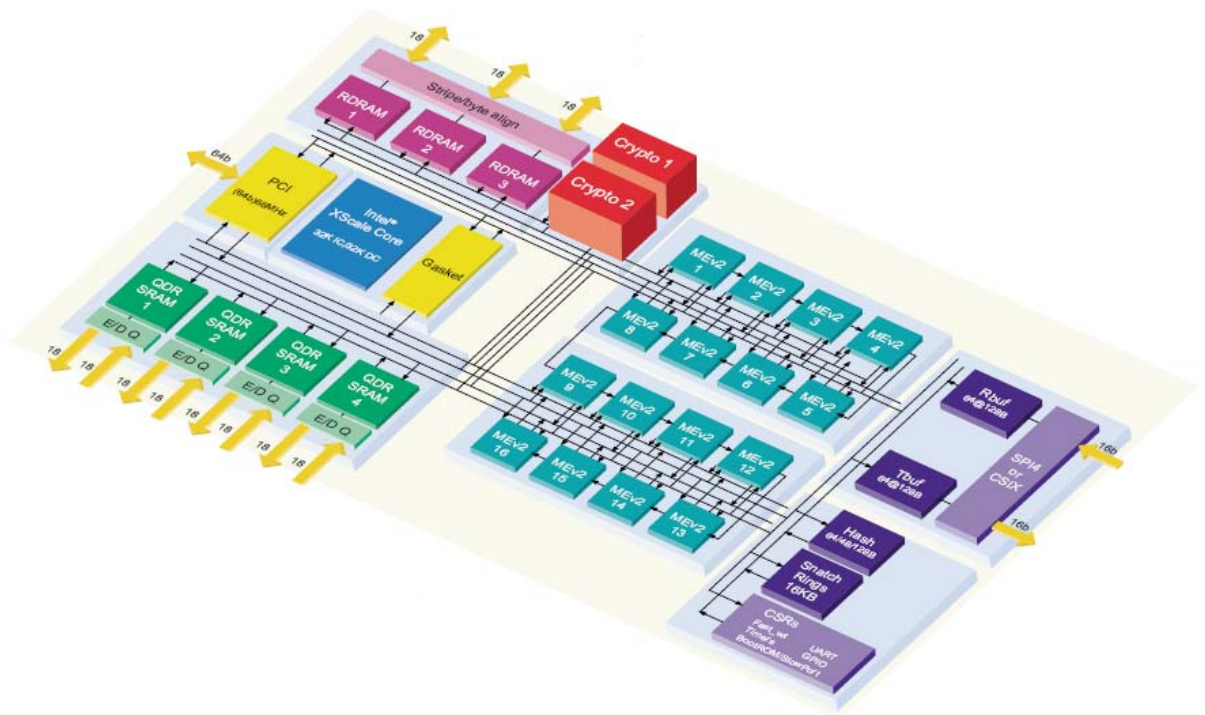


Figura 20 – Diagrama em blocos do IXP2800  
 Fonte: Intel Corporation

IXP2850

O IXP2850 faz processamento de pacotes, processamento de conteúdo, e processamento de segurança em um único chip. Inclui aceleração em hardware para algoritmos de criptografia como DES, 3DES, AES, SHA-1, podendo criptografar/descriptografar em até 10 Gbps.



**Figura 21 – Diagrama em blocos do IXP2850**  
Fonte: Intel Corporation

## Capítulo 4

### ***Conclusão e trabalhos futuros***

O crescimento constante das redes de comunicação e transmissão de dados cria a demanda por um desempenho cada vez maior por parte dos equipamentos de rede. As empresas que fabricam equipamentos de rede, perceberam que as tecnologias existentes como GPPs e ASICs, não atendiam mais de forma satisfatória todos os requisitos necessários para equipamentos de rede de vanguarda. Assim surgiram os processadores de rede, que unem o melhor das tecnologias anteriores, aliando alto-desempenho e flexibilidade num único produto.

Foi possível constatar que os processadores de rede, são um tema recente, com poucas informações disponíveis, tanto por parte das empresas, como em grupos de pesquisas. No Brasil essa informação é mais escassa ainda, tendo sido encontrada apenas uma universidade brasileira fazendo algum tipo de estudo sobre processadores de redes.

Como trabalhos futuros poderiam ser feitas medidas de desempenho entre diversos processadores de rede e avaliar qual seria a metodologia ideal de medição. Outro trabalho interessante seria a criação de um processador de rede conceitual que mais tarde poderia ser implementado. Podem ser feitos também diversos trabalhos utilizando o processador de rede como meio e não como fim, como por exemplo criar uma aplicação de rede que se utiliza das características intrínsecas do processador de rede para aumentar seu desempenho.

## Referências

- [ALL03] ALLEN, James R., et al. **IBM PowerNP Network Processor: Hardware, Software, and applications**. Disponível em: <<http://www.research.ibm.com/journal/rd/472/allenaut.html>>. Acesso em: 25 abril 2005.
- [BUI01] AGERE SYSTEMS. **Building Next Generation Network Processors**, 2001. Disponível em: <[http://www.agere.com/telecom/network\\_processors.html](http://www.agere.com/telecom/network_processors.html)>. Acesso em: 19 outubro 2004.
- [CHA01] AGERE SYSTEMS. **The Challenge for Next Generation Network Processors**, 2001. Disponível em: <[http://www.agere.com/telecom/network\\_processors.html](http://www.agere.com/telecom/network_processors.html)>. Acesso em: 19 outubro 2004.
- [DAN02] DANTAS, Mario A. R. **Tecnologias de Redes de Comunicação e Computadores**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2002.
- [FRE02] FREITAS, H. C.; MARTINS, C. A. P. S. **R2NP: Processador de Rede RISC Reconfigurável**. III Workshop de Sistemas Computacionais de Alto Desempenho, WSCAD'2002, Vitória – ES.
- [FRE03] FREITAS, H. C.; MARTINS, C. A. P. S. **Processadores de Rede: Conceitos, Arquiteturas e Aplicações**. III Escola Regional de Informática RJ/ES, Vitória, pp.127-166, 07 de outubro, 2003
- [INT05] INTEL CORPORATION. **Intel Network Processors**. Disponível em: <<http://www.intel.com/design/network/products/npfamily/index.htm>>. Acesso em: 15 abril 2005.
- [KIN03] KIND, Andreas; PLETKA, Roman; WALDVOGEL, Marcel. **The Role of Network Processors in Active Networks**. Disponível em: <[www.inf.uni-konstanz.de/disy/publications/waldvogel/](http://www.inf.uni-konstanz.de/disy/publications/waldvogel/)>. Acesso em: 25 abril 2005.
- [PAT00] PATTERSON, D. A.; HENESSY, J. L. **Organização e Projeto de Computadores: A Interface Hardware/Software**. 2. ed. LTC, 2000.
- [PUC01] PUC-MG. **Monografia referente a Processadores de Rede**. Disponível em: <<http://www.1net.com.br/networkprocessors/>>. Acesso em: 17 setembro 2004.
- [SHA01] SHAH, Niraj. **Understanding Network Processors**, 2001. Disponível em: <[http://www-cad.eecs.berkeley.edu/~niraj/web/research/network\\_processors.htm](http://www-cad.eecs.berkeley.edu/~niraj/web/research/network_processors.htm)>. Acesso em: 18 setembro 2004.



- [SHA02] SHAH, Niraj; KEUTZER, Kurt. **Network Processors: Origin of species**, 2002. Disponível em: <<http://www-cad.eecs.berkeley.edu/~niraj/web/research/publications.htm>>. Acesso em: 18 setembro 2004.
- [USI01] AGERE SYSTEMS. **Using the Network Processor to Mitigate Speed vs. Programmability Tradeoffs**, 2001. Disponível em: <[http://www.agere.com/telecom/network\\_processors.html](http://www.agere.com/telecom/network_processors.html)>. Acesso em: 19 outubro 2004.