要約版

川崎製鉄技報
KAWASAKI STEEL GIHO
Vol. 32(2000) No.3

高速かつ多様化する通信・ネットワークを支える LSI と機器

LSIs and Equipment for High Speed and Diversified Digital Communication Network

山内　由紀夫(Yukio Yamauchi)　小川　哲男(Tetsuo Ogawa)

要旨：
家庭およびオフィスでのマルチメディアとインターネットの急激な普及は，多岐にわたるアプリケーションと膨大なデータ通信量を生み出し，通信・ネットワークにパラダイムシフトをもたらした。それを支えるのは，高速動作の LSI と最適化したインターネットワーキング機器である。当社では，通信・ネットワークを担う技術を開発し，製品を提供してきた。本報告では，通信・ネットワークの技術動向，製品技術，将来動向を展望する。

Synopsis：
A rapid spread of the multimedia and internet at home and offices produced various applications, involving a huge amount of data communication, and brought the paradigm shift in the communication and network. These are supported by high-speed LSI and optimized internet working equipment. Kawasaki Steel has developed communication and network technologies and offered various products. The technological trend, the product technologies, and the future trend of the communication and network will be discussed in this report.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

川崎製鉄技報
32 (2000) 3, 277-280

高速かつ多様化する通信・ネットワークを支えるLSIと機器*

LSIs and Equipment for High Speed and Diversified Digital Communication Network

山内　由紀夫
Yukio Yamauchi
LSI 事業部　設計部長

小川　哲男
Tetsuo Ogawa
LSI 事業部　インターワーキング事業推進部
主任部員(部長)

要旨

家庭およびオフィスでのマルチメディアとインターネットの急激な普及は，多岐にわたるアプリケーションと膨大なデータ通信量を生み出し，通信・ネットワークにパラダイムシフトをもたらした。それを支えるのは，高速動作のLSIと最適化したインターネットワーキング機器である。当社では，通信・ネットワークを担う技術を開発し，製品を提供してきた。本報告では，通信・ネットワークの技術動向，製品技術，将来動向を展望する。

Synopsis:

A rapid spread of the multimedia and internet at home and offices produced various applications, involving a huge amount of data communication, and brought the paradigm shift in the communication and network. These are supported by high-speed LSI and optimized internet working equipment. Kawasaki Steel has developed communication and network technologies and offered various products. The technological trend, the product technologies, and the future trend of the communication and network will be discussed in this report.

1　緒　　言

急激に普及しているインターネット，イントラネット，エクストラネットは，アプリケーションが多岐にわたり，ネットワークにパラダイムシフトをもたらした。国内の通信総量は，**Fig. 1**（出典：メリルリンチ証券会社）に示すようにここ数年で飛躍的に増え，米国でのデータ通信量の伸びは年間10倍とも言われている。通信形態は，アプリケーションの要求に応じて，1対1の通信から，1対多，多対多といろいろな形態が求められている。扱うデータも，テキスト，音声，イメージ，映像とマルチメディア化しており，これらの膨大なデータ量を転送するために通信の高速化ばかりでなく，通信メディアの特性に応じた通信品質の保証も求められている。社会的には，電子商取引（Eコマース），バーチャルカンパニーなど，日々，動的に変化する業務形態が多く取り入れられている。

それを支えるのは，高速動作のハードウェアとしてのLSI (large scale integrated circuit)，ソフトウェアとハードウェアの役割分担を最適化したインターネットワーキング機器である。当社では，この分野を重点マーケットの一つに位置付け，通信・ネットワークを担う技術を開発し，製品を提供してきた。本報告では，通信・ネットワーク技術の動向と，この技術に関係する当社の代表的なLSI製品およびインターネットワーキング機器について紹介し，将来展望についても述べる。

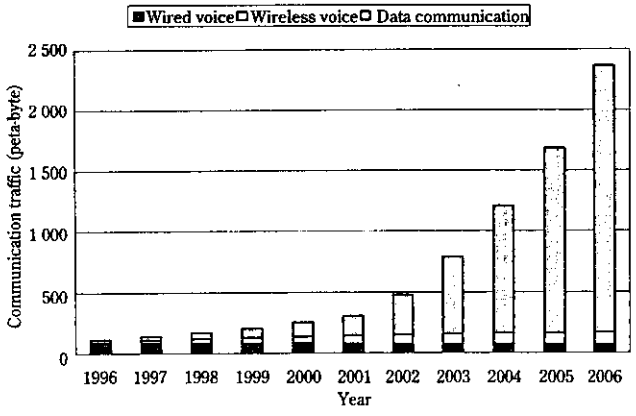

Fig. 1　Traffic of data communication in Japan (Total of exclusive line, ISDN, ATM and frame relay)

* 平成12年5月9日原稿受付

2 通信・ネットワークの技術動向

2.1 オフィス，家庭での状況

今や，電子メールやインターネットがオフィスでも家庭でも必要なツールになっており，オフィスに1人1台，家庭に1台以上というパソコンの普及をもたらしている。

家庭では，複数のパソコンをイーサネットで相互接続している他，パソコンを中心として外部記憶装置，CD (compact disk)，DVD (digital video disk)，プリンタ，スキャナ，シンセサイザ，デジタルカメラ，PCカメラ，ヘッドホンマイクなどを接続し，種々のマルチメディア・アプリケーションを実行している。その応用は，文字中心の電子メールやチャットから，音楽，アニメーション，静止画，動画などをアップしたホームページやカラオケやパソコンゲーム，および音声と動画をリアルタイムで交換するビデオ電話などまで多岐に渡り，ますます拡大している。

従来，パソコンと周辺機器とのインタフェースは，ほとんどの場合周辺機器ごとに異なり，一般ユーザーにとっては非常に煩雑なものであった。パソコンおよびディジタル・マルチメディア機器間あるいはディジタル機器間のデータ転送用バス，あるいはインタフェースの標準化がなされ，USB1.0 (universal serial bus) およびIEEE1394標準規格が実用化された。前者は，1.5 Mbps，12 Mbpsのデータ転送速度でキーボードやプリンタなどの低速インタフェースとしてパソコンに搭載され，後者は，100〜400 Mbpsのデータ転送速度でカメラ一体型VTRやDVDプレーヤなどの高速インタフェースに適用されるという棲み分けであった。しかしながら，両標準規格とも，高速化を目指し，特にUSBは，次世代規格として，480 Mbpsのデータ転送速度を実現するUSB2.0標準規格が策定され，機器の開発が進められている。

USBがパソコンに搭載されるにともない，このUSBポートを介して，パソコンとLAN (local area network)，あるいはパソコンとUSBポートを持たない従来型の周辺機器とのインタフェース機器へのニーズが高まり，USBインタフェース機器が開発されてきた。

一方，オフィスのパソコンやEWS (engineering work station) などは，イーサネットなどを用いたLANで相互接続され，顧客情報，生産管理や在庫などのデータベース，設計データ，プリントアウトデータ，業務によっては動画像など大量のデータが，交換されている。約20年続いた10 Mbpsの転送速度ではアプリケーションに制限があり，100 Mbpsへ移行しつつある。さらに，次世代の1 Gbps製品も一部で出始めており，LAN機器メーカー各社が商品開発を進めている。これにはLSIを主役とする種々の高速化への技術が要求されている。

2.2 高速ネットワーク化技術の動向

MPU (micro processing unit) の性能は格段に向上しているが，パソコンやEWSから送られる大量かつ高速なデータを中継処理するには，能力不足である。

中継処理をする代表的な機器は，ルータである。ルータは数個から十数個のイーサネットポートや公衆回線との接続ポートを持っており，パソコンやEWSおよび他のルータや公衆回線が接続されている。ネットワークには種々のプロトコルがある上に，リアルタイム性を要求されるがデータの欠落が許容される音声データや動画データ，逆にリアルタイム性は必要ないが確実性や帯域幅を要求されるCADデータやデータベースのデータなどのように，データごとに要求される品質が異なっている。ルータは，受け取ったデータからそのプロトコルや要求品質を認識し，ネットワークの状況に応じた転送処理を最適に行う必要がある。また，データの改竄や破壊など，外敵からデータを守るために，セキュリティの制御も行わなければならない。

これら多種多様の要求に応じて，ルータは，データ転送を最適制御するためのルールテーブルを持つことが一般的になってきている。しかも，このルールテーブルはユーザーの使い方に応じて柔軟に変更できるものであることが必要であり，かつ高速性の維持を要求される。このため従来のようなソフトウェアによる処理では対応できなくなってきている。

仮に，100 Mbpsのイーサネットポートが16個あって，同時にデータが転送されてきたとすると，1.6 Gbpsのデータ処理能力を持たなければならない。極めて高速に，膨大なデータを検索しなければならないので，汎用メモリを使ったMPUによるソフトウェア処理では，速度的に間に合わない。

そこで，処理方法（ルール）をテーブルに登録し，受け取ったデータがこのテーブルのどの条件にあうのかを高速に検索するルール検索エンジンとして，ネットワークCAM (content addressable memory) が注目をあびている。ルールの登録・変更が容易でかつルール数によらない高速な検索を実現するCAMが，今後のネットワーク機器には必須である。

インターネットでデータの転送を行うために，個々のパソコンやEWSには，識別用のユニークなアドレスが付けられる。ネットワークには種々のプロトコルがあり，データパケットでのアドレスの使用方法が異なっている。代表的なプロトコルはTCP/IP (transmission control protocol/internet protocol) であるが，IPX/SPX (inter packet exchange/sequenced packet exchange)，Apple Talkなどもあり，それらを高速に判断して，適切に転送しなければならない。従来，これらはコンピュータ処理で実行される場合が多いが，ネットワークの高速化，あるいはモバイル・インターネット応用に対応するためには，ハードウェアによるプロトコルエンジンが必須である。

以上，通信・ネットワークの技術動向について述べたが，この分野の発展におけるLSIの貢献は極めて大きい。当社はこれらのニーズに応えるため，ユーザーごとのカスタム品であるASIC (application specific integrated circuit)，標準LSIであるASSP (application specific standard product)，および，これらLSIを搭載するインターネットワーキング機器など，業界のトップランナーたる製品を開発してきた。その一部を紹介する。

3 製品技術

3.1 USB用LSI

Table 1に，当社のUSB対応製品の性能諸元とそれを実現する技術を示す。

USB-Ethernetコントローラは16ビットCPU，マスクROM (read only memory)，バッファRAM (random access memory)，クロック発生回路，イーサネットインタフェース，UART (universal asynchronous receiver-transmitter)，IRQ (interrupt request)，ウォッチドッグタイマ，SIE (serial interface engine)，外部メモリインタフェース，シリアルポートインタフェースなどの機能を集積化している。SIEはUSB1.0/1.1に完全準拠している。このデバイスの機能はファームウェアによって定義され，外付けのEEPROM

Table 1 LSIs for USB

	Performance	Realized technology
USB-Ethernet	・10 BASE Ethernet full support ・Full speed USB1.0/1.1	・Advanced 16 Bit processor for USB transaction processing and control data processing ・Fully IEEE 802.3 compliant 10 Mbit/s Ethernet MAC layer ・Built-in transceiver and SIE
USB2.0 transceiver	High speed USB2.0	High accuracy clock recovery and clock synchronization circuit

(electrically erasable and programmable ROM) に納められるが，内部の RAM に転送されて高速に実行される。また，Windows98 に対応したドライバも用意される。ユーザーは最新のファームウェアやドライバをウェブサイトからダウンロードするなどの方法で入手し，機能をアップグレードすることができる。

USB2.0 トランシーバは，ハイスピードトランシーバブロック，フルスピードトランシーバブロック，シェアードロジックブロックと，外部 SIE インタフェース，クロック発生回路より構成され，USB2.0 に準拠した 480 Mbps のハイスピードシリアル転送データおよび 12 Mbps のフルスピードシリアル転送データを，8 ビットまたは 16 ビットのパラレルデータに変換して，外部 SIE との間でデータ転送を行う LSI である。これは ASIC の IP (intellectual property) としても提供する予定であり，さらに，SIE 部も IP として合わせてリリースする予定である。これらを利用することにより，システム設計者は USB2.0 の仕様そのものに煩わされることなく，対応機器を構築することができる。

上記製品の他にも，当社は，USB-Serial，USB-Parallel，USB-HomePNA1.0 などの USB 製品を開発し，提供している。

3.2 ギガビットシリアルリンク

当社のギガビットシリアルリンクは，通常の CMOS デバイスを用いており，回路ブロックとしてはデータ処理を行なう serializer/deserializer，data/clock recovery 回路，comma 検出回路，またこれら各ブロックに高速なクロック信号を供給するフィルター内蔵の PLL (phase-locked loop) 回路，さらには Fibre Channel 規格に準拠した 8 B/10 B data coding 回路などで構成され，1 セルあたり 1.25～2.5 Gbps という高速なデータ転送速度を実現している。このマクロセルと当社 ASIC ライブラリの他のセルとを組み合わせることでユーザーは，簡単に Gbps 級のデータ伝送インタフェースを LSI 上に実現可能となる。

3.3 ネットワーク CAM

Table 2 に，当社のネットワーク CAM の性能諸元とそれを実現する技術を示す。

CAM デバイスは，機能メモリの 1 種類であり，以下のように使用される。

(1) ユーザーはルールデータを各メモリの各 1 ワードごとに記憶させておく。

(2) 入力されたデータと各ワードのデータ（ルール）とを同時に比較照合し，どのルールと一致したかを外部に出力する。

このようにして，データ転送制御のための条件を瞬時にして得ることが可能になっており，高速で多機能性が要求される通信機器に必要不可欠なデバイスとなっている。

Table 2 Network CAMs

	Performance	Realized technology
Gigabit CAM 256 Kbits (Binary CAM)	・Search time: 30 ns ・Table configuration: 64 bits × 4 K (Binary CAM) ・16 Global masks ・Automatic self learning of search data	・High speed data input control ・High speed command decode ・High speed search circuit ・Hierarchical priority and encode circuit ・Multi-hit detection
Classification CAM 1 Mbits (Binary/Ternary CAM)	・Search time: 15 ns ・Table configuration: 6 types ・Table divide: 8 types ・16 Global masks ・Each local data with local mask (Ternary CAM)	・High speed data input control ・High speed command decode ・Control of multi-table ・High speed and low power search circuit ・Hierarchical priority and encode circuit

Table 3 TCP/IP engine

Performance	Realized technology
・RFC1122 Host requirement standard ・Throughput: >30 Mbps ・Simultaneous sessions: >20 ・TCP/UDP/ICMP/ARP ・IP Fragment support ・Socket I/F (Logical) ・PCI Bus (Physical)	・Parallel and separate processing by weak connection type multi dedicated hardware ・System level integration with built-in CPU

当社 CAM は，常に時代の先端を担う高速，大容量を目指してきた。インターネットワーキング機器向けアドレス中継処理用 CAM 内蔵 LSI であるアドレスプロセッサに始まり，次の世代のギガビット CAM では，高速，大容量 CAM 技術に加えて，高機能化を図った 1 Mbits，4 Mbits classification CAM を製品化した。classification CAM では，ネットワークにおける上位層（第 3，第 4 レイヤ以上）での高速分類と制御を可能にし，QoS (quality of service) を実現するものである。

3.4 TCP/IP エンジン

Table 3 に，当社の TCP/IP エンジンの性能諸元とそれを実現する技術を示す。

TCP/IP エンジンチップは，TCP 層以下のプロトコルすべてをチップ内で処理する LSI チップで，正常系データパスのほとんどの処理を，ハードワイヤードロジックで実行している。処理の重い TCP についても，ハード回路にて高速に実行することから，これまでのように強力な CPU リソースを使用することなく，TCP/IP プロトコルの実装が可能となる。本チップを使用することにより，電話機，携帯端末，情報家電など，従来 TCP/IP プロトコルの実装が難しかった機器においても，ネットワーク接続のための基盤を安価で容易に実現できる。今後，機器のネットワーク化が促進されるにつれて，重要度が高まるものと考えている。また，ハードワイヤードロジックによる処理の高速化によって，従来は実現が難しかった数十Mbps クラスの速度での TCP ベースの通信が可能となり，ストレージデバイスなど，高信頼度の高速データ転送が必要なアプリケーションにも有効である。

Table 4 Router

	Performance	Realized technology
Secured A2DIS	Layer 3 switching router 〈LAN〉 10 Base-T × 4 〈WAN〉 BRI × 1	· Dedicated ASIC for relay · Security software as IPsec, SSL etc.
Access point router for carrier	Access point router 〈NIF Card〉 –BRI × 16 –PRI × 2 –OC3_ATM × 1 –10/100 Base-T × 1 〈Performance〉 –32 Gbps (Backbone) –30 Mpps (Aggregate)	· Dedicated processing ASIC for routing · Switching control ASIC · Address search engine devices · Queuing control software

3.5 ルータ

Table 4 に，当社のルータの性能諸元とそれを実現する技術を示す。

急速に変化し，多岐にわたるニーズが高まりつつある時代に求められるネットワークソリューションは，高速で，変化に対応でき，セキュリティ性が高く，高付加価値機能を搭載したシステムである。当社は，その第1世代ルータとして，secured A2DIS を開発し，販売してきた。secured A2DIS は，中・小規模オフィス向けアクセスルータ／レイヤ3スイッチで，ASIC による高速レイヤ3スイッチングと，IPsec・SSL・Socks によるセキュリティ機能を特長としている。特にセキュリティ機能については，近年脚光を浴びているインターネットを利用した商取引に欠かせないものであり，市場の拡大が期待できることから，今後広まるであろう VoIP (voice over internet protocol) 技術と並ぶ重要な技術と位置付けている。

そこで開発した技術を引き継いで，当社は，次世代のキャリア向けアクセスポイントルータを開発中である。それは，E コマースやマルチメディアサービスを行うキャリアサービス向けネットワークのための大型ルータで，主要処理部分を5種類の ASIC で実現しており，32 Gbps の中継能力と 30 Mpps のパケット交換能力を有する。また，ネットワークにおける DiffServe 実現のため，多彩な QoS 機能を備えており，IP 電話などの新しいインタネットサービスに対応している。局舎設置タイプであることから，システムカード，電源，冷却ファンについて，冗長構成が可能な設計となっている。

4 将来動向

家庭でもオフィスでも次々に新しいアプリケーションが登場し，通信・ネットワークは急激な進展を見せている。高速化はもちろんのこと，種々の新機能が加わり，新しい通信・ネットワーク形態を生み出すことになる。大きなトレンドとして現在見えているだけでも，xDSL (digital subscriber line)，IEEE1394，Home-PNA (phone-line networking alliance)，車内無線 LAN，Bluetooth など，話題は尽きない。今回は割愛したが，これからの数年間で大きく変動し，成長すると期待されているのは，IMT-2000 (international mobile telecommunications 2000) に代表される移動体通信とその応用である。

参 考 文 献

1) 「新時代迎える通信インフラ　IP 網がすべてを飲み込む」，日経エレクトロニクス，(1999)735, 45–52
2) 「通信で家庭を制す」，日経エレクトロニクス，(1998), 730, 121–145

記載されている会社名，団体名，商品名，規格名は商標などにより登録されています。