

電子・通信工学研究連絡委員会報告

—通信工学の今後の研究領域について—

平成3年6月25日

日本学術会議

電子・通信工学研究連絡委員会

この報告は、第14期日本学術会議電子・通信工学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

- 委員長 戸田 巖 (日本電信電話株式会社常務取締役、研究開発技術本部長)
- 幹事 城水元次郎 (第5部会員、富士通株式会社専務取締役)
高田久夫 (日本電信電話株式会社研究開発本部副部長)
- 委員 青木和男 (第5部会員、国立佐世保工業高等専門学校校長)
猪瀬博 (第5部会員、学術情報センター所長)
岡村総吾 (第5部会員、東京電機大学学長)
平山博 (第5部会員、早稲田大学理工学部教授)
坂井利之 (第4部会員、龍谷大学理工学部教授)
植之原道行 (日本電気株式会社特別顧問)
大越孝敬 (東京大学先端技術センター教授)
加藤康雄 (日本電気株式会社常務取締役)
熊谷信昭 (大阪大学学長)
黒川兼行 (株式会社富士通研究所常務取締役)
末松安晴 (東京工業大学工学部教授)
菅野卓雄 (東京大学工学部教授)
武田康次 (株式会社日立製作所常務取締役)
鶴島稔夫 (電子総合研究所電子デバイス部部长)
中原恒雄 (住友電気工業株式会社副社長)
永井淳 (株式会社東芝監査役)
西澤潤一 (東北大学学長)

1. はじめに

21世紀の高度情報化社会の基盤となる通信網のあるべき姿、目標を明確にすべく、多くの検討、議論がなされている。広帯域、移動、パーソナル化、知的通信等がキーワードになっているが、それらの実現には挑戦的な研究課題が多い。近年、伝達情報、伝達手段の多様化、制御の比重増加等、通信の技術領域が広がっているが、日本学会議電子・通信工学研究連絡委員会における通信工学の学問体系化を目的とした審議結果を先に報告した。相互に密接に関連のある情報工学、電子工学を含め包括的視点から技術領域構造を示した(1)。

情報通信システムの大規模化高度化は必然の方向であり、その開発の基盤となる基礎技術の開拓、新しい概念の創出がより一層求められている。今回の調査では、そのために21世紀に向けて今から何を長期的重点的に研究開発すべきかを検討審議した。対象として、21世紀初頭に実用化が始まる通信サービスと通信網の形態を想定し、それらを実現するための重要な新基盤技術、長期的に取り組むべき研究領域を明確にすることにした。

本報告では、社会の発展と通信ニーズ、21世紀初頭の通信ネットワークについて概観した後、基盤技術、重要新研究領域について示す。

2. 社会の発展と通信ニーズ

わが国の産業・経済の発展は目覚ましく、社会構造、産業構造、生活スタイル、価値観が大きく変化している。地方分散化、国際化、ソフト化、ネットワーク化、文化重視、個性化等である。

地方分散化は、産業活動規模の拡大にともなう人的、物的資源の確保が発端要因であるが、交通・運輸とともに、情報通信手段の発達

基になっている。また、地方発展を促進する施策として種々の地域開発プロジェクトが企図されており、情報通信への要求を一層強くしている。さらに、高度情報ネットワークの発展は、サテライトオフィス・在宅勤務を可能とし、都会における生活様式へも影響を及ぼしていくであろう。

国際化の進展も著しい。輸出の拡大とともに生産の現地化、ボーダレス化が進み、海外に居住する日本人の数は数十万人になっている。また、海外旅行者の数は年間1000万人(観光客が多い)を越えた。必然的に、国際通信量は急速に伸び、異文化との接触、異言語によるコミュニケーションの機会が増大する。また、衛星通信、衛星放送の発展によって、世界の情報が国境を越えて直接流通する時代となった。

21世紀は、産業経済の発展に加え、社会福祉の充実、個人の生活の豊かさがより強く求められる時代である。在宅医療支援、遠隔公共サービス、銀行、買物等の日常生活の支援、また、趣味、文化的活動を支える役割がネットワークとして重要になる。

情報ネットワークの形態も社会の発展と技術の発展が相互に作用し合い変貌していく。高度情報化社会における通信網をとりまく情報流通環境を全体として捉えると図1のように表わされる。個と個の間の情報伝達(従来の意味の通信)、産業経済活動を支える情報ネットワーク、放送、出版、データベース等の情報提供源、社会生活を支援する種々の情報サービス提供、さらに、情報の生産・流通活動等が総合化されたものとなる。通信は、このような情報流通体系として広く捉えていくことが必要となる。

通信情報は、電話音声、データから、イメージ、映像へとマルチメディア化され、さらに、臨場感、現実感を高める高精細映像、立体像へと発展する。信号処理は複雑高度になり伝達情報量は飛躍的に大きくなる。また、情報への即時アクセス、大容量ファイル(データベース、ビデオソフト等)伝送など情報のトラヒック形態が多様化する。また、個人が何処に居ても発着信を可能とし、個々の要求に応じたサービス

を提供するパーソナル通信等のネットワークの高機能化も進む。必要な情報(マルチメディア)を、必要な時間(広帯域、高速度:ビットレートフリー)で、何処から何処へでも(ポータブル、ロケーションフリー)、適度な費用で伝達できることが通信への基本的要求であり、さらに、高度化する情報通信サービスの利用を容易にする知的インターフェース、通信情報の知的処理機能(異言語翻訳、メディア変換等)の提供が求められる。

情報の発信提供は、限られたマスメディアから、ローカル化、個別化が進む。都市型CATV(Cable Television,またはCommunity Antenna Television)の急速な発展、さらに、数百チャンネルのデジタル放送衛星、光ファイバーCATV等新たな伝送メディアが企図されている。ソフトは各種のイベント(従来は放送されなかったもの)の中継、ビデオソフト個別配送、放送番組ファイル(自由時間視聴)等、与えられたマスプログラムから個人毎の個別プログラムへと発展しよう。情報メディアとして、電子出版のインパクトは大きい。メモリのコンパクト化とともに、ハイパーメディア等情報表現構造を革新するものである。出版物がCD-ROM(Compact Disk-Read Only Memory),光IC(Integrated Circuit)カード等の電子メディアに移行していくことは必然であろう。さらに、情報の電子化は、データベースの構築とその遠隔利用を容易にし、通信ネットワークを介した情報流通を促進していく。

社会サービスの中でも医療の分野は情報通信ネットワーク、B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network)の活用が期待される代表的分野である。高忠実度映像、X線画像等、大容量情報通信が不可欠である。

情報生産・流通を支える技術要素としては、情報の生成(入力)、加工、蓄積、伝達、表示(出力)、さらに、情報を利用するヒューマンインターフェース等広範なものを含むことになる。

3. 21世紀初頭の通信サービス

日本の通信網の発展の歴史を図2に示す。大きな流れとしては、1960から1970年代までは電話基本サービスの拡充期であり、1980年代は新たな技術革新によるネットワーク、端末、情報メディアそれぞれの領域の台頭期、1990年代はその一層の拡充発展期と位置付けられよう。

1970年代はアナログからデジタル通信網への転換期であり、大容量デジタル伝送、デジタル交換システムが開発された。光ファイバ通信の開発実用化はデジタル網の発展を一層促進した。

1980年代に入ると、公衆網の発展に加え、衛星・移動無線、CATV、LAN、(Local Area Network)等各種のネットワークが発展し、また、ファクシミリ、自動車電話・携帯電話、テレビ会議等の端末機器の開発、通信網利用の多様化が進んだ。一方、情報処理分野では、PCWS (Personal Computer / Work Station)が普及し、LANが広く導入され、広域分散コンピュータネットワークが構築された。高速デジタル専用線サービスの提供により広域私設網が発展し、通信事業の開放により、VAN (Value Added Network) サービスが広く提供され、PC通信のような新しい通信形態が始まった。

1990年代は、N-ISDN (Narrowband Integrated Services Digital Network : 1988年にINS 64サービス開始)の本格的な普及期であり、また、1990年代中頃よりB-ISDN のサービス開始が計画されている。光ファイバー通信は10Gb/sを越える大容量化が実現され、光加入者系、ATM (Asynchronous Transfer Mode)網の導入展開が進む。私設通信ネットワークの構成はGbpsLAN、高速広域網、ISDNと統合化された大規模網が一般的になる。

自動車電話・携帯電話は急速に普及(1000万加入を越える)する。周波数利用効率の飛躍的向上が必須となり、デジタル化、微小セル化が

進行する。PC/WSのポータブル化は急速に進み、無線系によるネットワークへのアクセスが増える。

CATVでは都市型の開局が急速に増加する。自主放送チャンネルの増加、番組供給事業の成長、通信衛星によるプログラム配送、衛星放送の開始による新たなチャンネル、さらに、HDTV (High Definition Television) の放送開始等、放送メディアの変貌が進んでいく。CATVの加入者数は、現在数百万であるが、90年代末には数千万(普及率50%以上)に達しているであろう。データ圧縮技術を導入したデジタル放送による衛星・無線チャンネルの周波数利用効率の大幅向上も実現されている。

HDTV技術は、放送、通信のみならず、情報サービス分野での利用が進む。例えば、美術館、博物館等での新しい展示手段として広く導入され、このようなデータベースが整備されるにともない、遠隔地から通信網を通して観賞することが出来るようになる。また、音楽、演劇、ショー、スポーツ等各種のイベントを中継で、あるいは、情報センターに蓄積されたファイルから任意の時間に観ることも実現されよう。

21世紀初頭の通信網は、100%デジタル化され、N-ISDNサービスは全国どこでも利用可能になっており、B-ISDNサービス、FTTH (Fiber-to-the-Home) が本格的に普及している。通信情報量が現在の1000倍程度(100kbps/ch→100Mbps/ch)に増えると想定すると、光通信幹線系には1-10Tb/s (Terabit per second) の容量が必要になる。150M-2.4Gb/s ATM網で双方向映像伝送(何処からでも随時映像の発信)が可能となる。デジタル光CATVは10Gbpsで多数のHDTVチャンネルを提供する。LANのアクセス速度も数百Mb/sになりPC/WSへのファイル転送は1-10GByte/1-10minの速さになる。

コミュニケーションのメディアはより臨場感、現実感を伝達するよう立体像、触覚、物の運動制御などを扱えるようになる。豊富な情報サービス、高度な通信網機能の利用を支援する知的インターフェース

は、音声画像理解、自然言語処理、知識処理等の技術の発展により、人間にとって快適な利用環境を提供している。

4. 基盤技術と研究領域

情報通信システムを構成する要素は図3のような階層で表現される。通信網は情報伝達層と制御機能層に分けられ、各種のネットワークは複合網となり次第に統合されていく。端末、情報メディアにおいても通信、情報処理の統合が進み、多種多様な応用が広がる。

21世紀の通信網の機能の発展方向として、広帯域化、網制御の高機能化、サービスの高度化が考えられ、技術分野として、通信網構成・制御、通信技術(交換、伝送、無線)、信号・パターン処理、知識処理、情報処理・ソフトウェア等に分けられる。機能の発展方向と技術分野を軸として、長期的重要基盤技術をマッピングしたものを図4に示す。

通信網構成：通信網の大規模化、複雑化により、設計・制御に高度な理論的基礎が求められる。例えば、移動無線のセルの微小化による大規模複雑なセル構成、多数のLANが接続された広域網等、網構成が大規模で常に変化するようなネットワークを統合して制御することは困難になる。局部的に自律的な分散制御をする技術が不可欠となる。パーソナル通信のサービスが多様化しサービス地域が拡がり、サービス制御に大規模な分散実時間データベースが必須の技術となる。また、公衆網、構内網、広域私設網等、異質の網が相互に乗り入れた複合的な網を如何に管理運営し、セキュリティを確保するかは重要課題である。

伝送交換：B-ISDNの本格化にともない大容量のATM交換機が開発され、中継伝送のデータ速度は100Gb/s、光ファイバー当たり1-10Tb/sの伝送が必要となる。100Gb/sのデジタル信号を扱うデバイス(1ps/gate)の開発は光・電子両領域の挑戦的技術課題である。放送系の光デジタルCATV化も当然進み、21世紀のFTTH時代においては、通信および放送系の複数の独立したシステムを共存させる光周波数多重

技術や、光領域(光ドメイン)のみで動作する光統合網(ローカル網)の実現が要請される。光周波数の安定精密制御技術、光交換(スイッチ)、光信号・情報処理等、光エレクトロニクスの一層の革新が必要である。

無線：微小セル(マイクロセル/ピコセル)移動無線方式、無線LANが普及し、移動体においても10Mb/s以上の高速伝送を可能とする高度な適応受信信号処理が必要となる。衛星は広域を対象とする通信・放送として重要な役割を持つ。

信号処理：映像イメージ情報の伝送は広帯域網の提供により容易となるが、臨場感、現実感をよりよく伝達する立体像、立体音の処理が課題である。立体情報の抽出、表現のための信号処理、符号化は未開拓の重要領域である。無線周波数資源や、記憶媒体の効率的利用にはデータ圧縮率の飛躍的向上を図る知的符号化が期待される。

パターン処理：音声認識・理解、画像認識・理解は情報の入力機能として必須の要素である。音声入力は通話電話に不可欠の要素であり、不特定話者・大語 認識(>10,000語)が必須の目標である。自由手書き漢字認識、マルチメディア文書理解、情景認識等が課題である。

自然言語処理：機械翻訳は異言語間のコミュニケーションに、また、通話電話の実現に向けて世界的に取り組まれている長期課題である。自然言語は知的ヒューマンマシンインターフェース、ユーザインターフェースにおいて、質問応答、あいまい検索等の実現の鍵となるものである。自然言語処理の高度化には、大規模辞書、大規模知識ベースが必要である。

知識処理：大規模な知識体系の表現、知識獲得、高度な推論機構、学習の理論・メカニズム等の基礎技術についてなお一層の長期的研究が必要である。

超並列マシン：コンピュータの処理性能の飛躍的向上を狙いとするもので1TFLOPS(Tera Floating Operations per Second)マシンの実現が種々の科学技術計算の分野の挑戦目標となっている。AI(Artificial Intelligence)分野でも超並列は重要課題である。並列処理の開発にはマ

シンアーキテクチャとともに並列処理ソフトウェアが重要な課題である。ニューロネットは超並列処理の一つの形態であり、パターン認識、自然言語処理、人工知能等における有力な手段として期待されている。性能機能の飛躍のために、ネットワークの大規模化、構造高度化に対して理論体系の発展確立が求められる。

ソフトウェア：コンピュータプログラムの自動生成は長年の研究課題であるが、未だ有力な解はない。通信サービスの高度化、多様化、網構成の高度化複雑化にともない、ソフトウェアの生産性や、ソフトウェア信頼性の向上にプログラム自動生成は必要不可欠の技術である。プログラミングは人間の高度な知的活動を含んでおり、知識処理の適用領域としても重要である。

5. むすび

21世紀の通信網は、機能の高度化、サービスの多様化、インテリジェント化など質的な変革が進む。その発展を支える基盤技術は通信技術に加え、情報工学との関連が一層強くなる。特に、パターン処理、自然言語処理、知識処理等広義のAI技術が重要である。また、情報通信システムの発展はデバイスの進歩が鍵を握っている。21世紀はULSI(UltraLSI),SLSI(SuperLSI)*の時代に入り、1Gbitのメモリ、1000万ゲート論理回路チップが実現されよう。100GHz、100Gb/s領域の動作、スイッチ速度1ps、消費電力1 μ W/gate、集積化光機能デバイス等、機能性能の飛躍的向上が必要である。超格子、量子波動デバイス等新しいメカニズムに基づく新デバイスの創出が期待される。

本文では、長期的な研究領域を明らかにすることに重点を置いたので、短・中期的に重要な技術には触れていないものが多い。引用文献などを参照し補っていただきたい。

(*周波数領域の表示VHF,UHF,SHF,…と同様にVLSI,UISI,SLSI…と仮に呼称する)

引用文献

- 1、通信工学の体系化に向けて、 電子情報通信学会誌、
vol.71 ,No.10,1988.10
- 2、電子工学の体系化に向けて、 電子情報通信学会誌、
vol.73,No.6,1990.6
- 3、情報工学の体系化に向けて、 (to be published)
- 4、90年代の電子技術予測、通産省電子産業中期展望懇談会
- 5、ネットワーク型産業構造と経営革新、 郵政省通信製作容論,1990.2
- 6、21世紀の電気通信像、21世紀の電気通信像に関する調査研究会
- 7、90年代の産業科学技術政策のあり方について
(通産省の90年代ビジョン:90年代の通商産業政策のあり方)
- 8、NTT長期ビジョン:21世紀サービスビジョン
「高度情報通信サービスVI&Pの実現」、NTT技術ジャーナル
1990.5
- 9、移動通信に関する長期ビジョン 懇談会報告書,1990.
- 10、情報通信21世紀への課題、日経コミュニケーション、1990.1.8
- 11、2005年の情報通信技術,NTT技術動向研究会論,NTT出版(株) 1990.11
- 12、21世紀の通信網と光エレクトロニクス技術への期待、
日本学術会議シンポジウム、1990.8.29
- 13、情報科学の基礎研究、坂井利之編、オーム社、1990.3

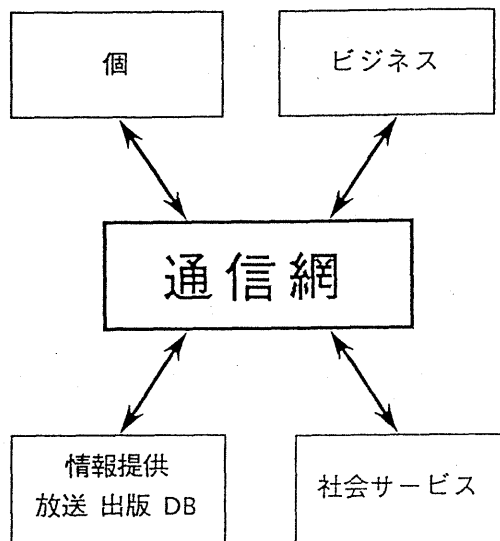
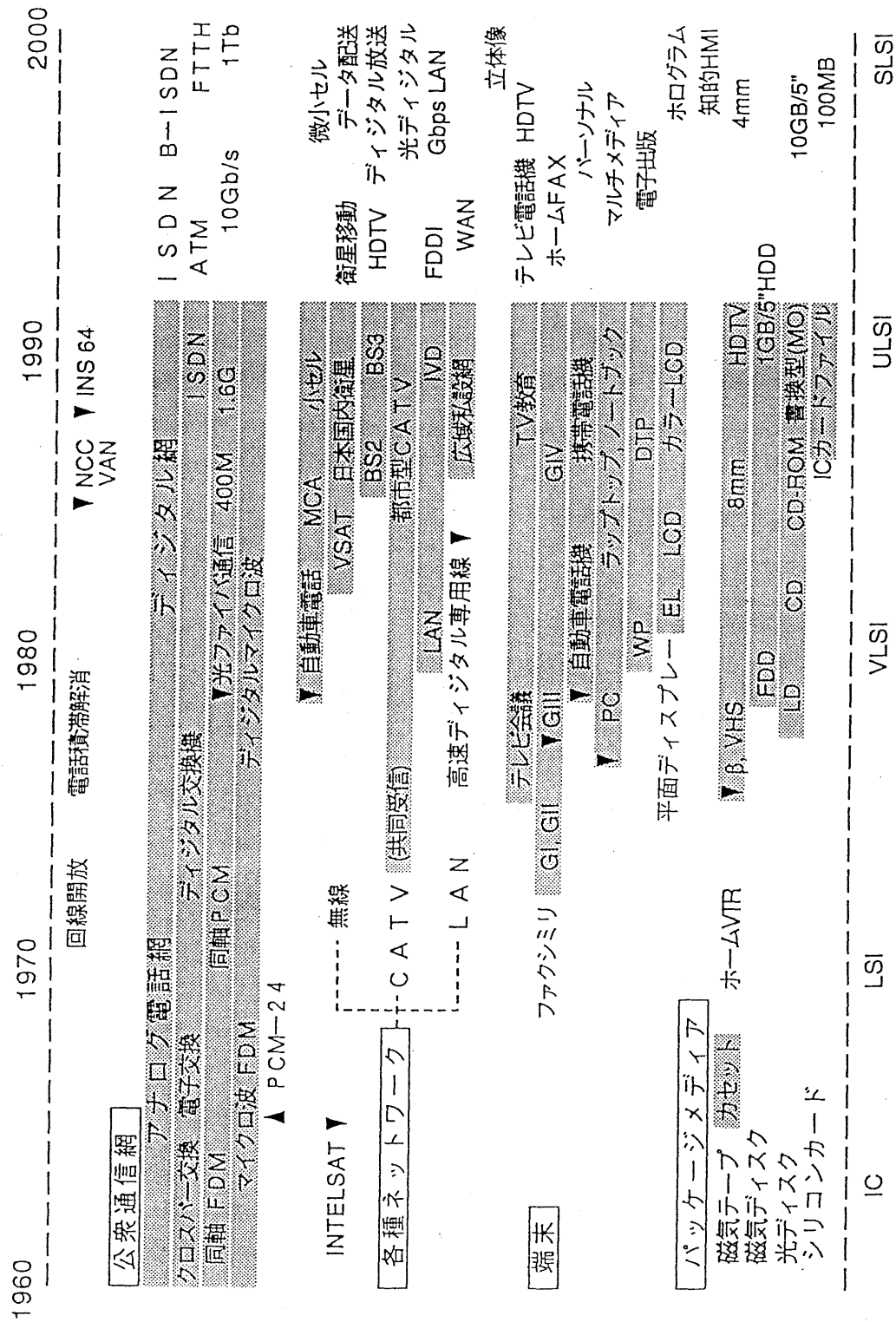


図1. 情報流通系としての通信網環境

図2. 通信システム(日本)の発展



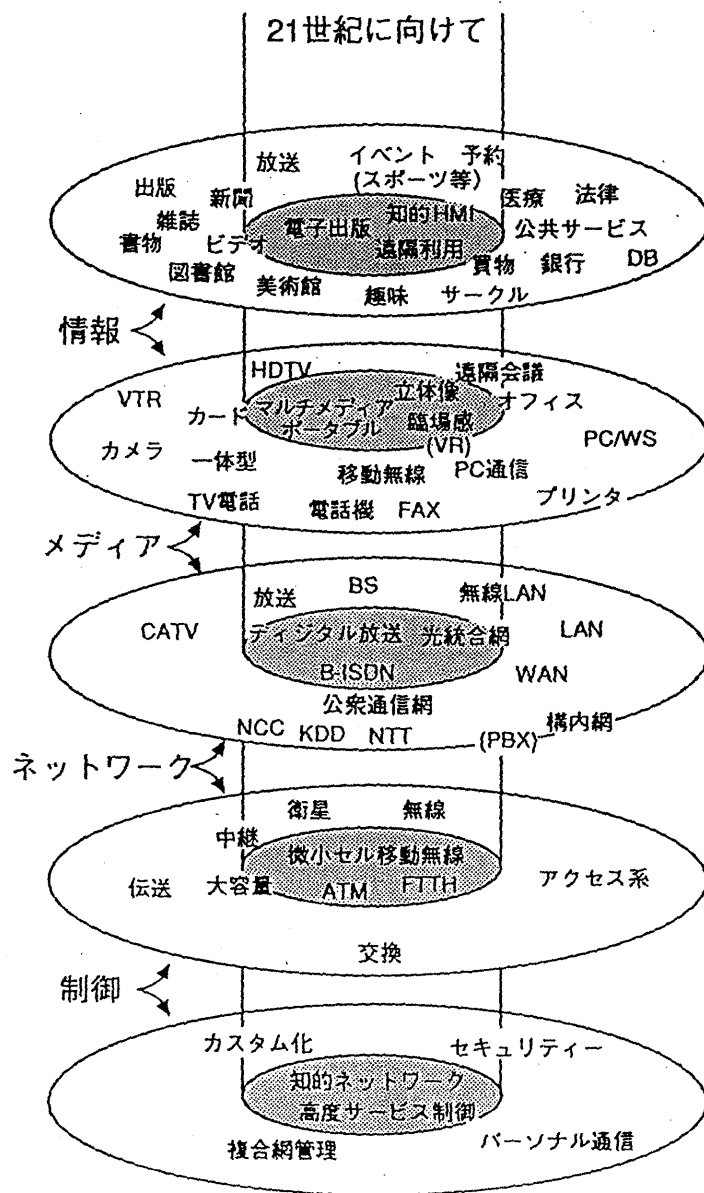


図3. 情報通信システム

図4. 21世紀の通信網を支える新基盤技術 長期重点課題

