

情報ネットワーク進展の半世紀

38年間のネットワーク研究と社会展開

齊藤忠夫

1. 38年間の研究
2. 情報通信サービス
3. 情報化社会に向けての大学

情報ネットワーク技術



19世紀 エレクトロニクス以前の通信

20世紀 エレクトロニクスによる通信

前半 通信がエレクトロニクスを先導

後半 コンピュータがエレクトロニクスを先導

コンピュータ技術を利用した通信技術の進展



20世紀のエレクトロニクスの歴史

1904	2極真空管	フレミング(英)
1906	3極真空管	ドフォレ(米)
1914	大陸横断電話	
1920	ラジオ放送	
1946	ENIAC	
1948	トランジスタ	
1959	IC	
1965	電子交換	
1969	ARPAnet	
1972	マイクロプロセッサ	
1975	デジタル交換機	
1989	32ビットマイクロプロセッサ	



1. 38年間の研究

2. 情報通信サービス

3. 情報化社会に向けての大学



38年間の研究

デジタル交換方式

T-S-Tスイッチファブリック

制御処理量の評価

可変速TDM交換

通信同期方式

相互同期

マルチメディア同期

大容量パケット交換

並列プロセッサ

フレームリレー

多段パケット交換

回線割当制御方式

衛星回線制御

リング回線制御

無線回線制御



プロトコル工学

プロトコル検証

プロトコル性能評価

プロトコルシミュレータ

ハブ型ローカルエリアネットワーク

ヘッダ駆動ストレージレス

マルチスターLAN

分散処理・コンピュータネットワーク

大学間ネットワーク(N1)

オンラインライブラリ

データフローマシン

ネットワークOS

分散共有メモリ

デジタル交換方式の世界の進展

1959 ESSEX(Bell Lab) S-onlyスイッチ

1963 CAMPUS(東大) T-onlyスイッチ

1965 No. 1ESS(Bell Lab)空間分割方式

1975 No. 4ESS(Bell Lab) T-S-T essentially

non blocking switch

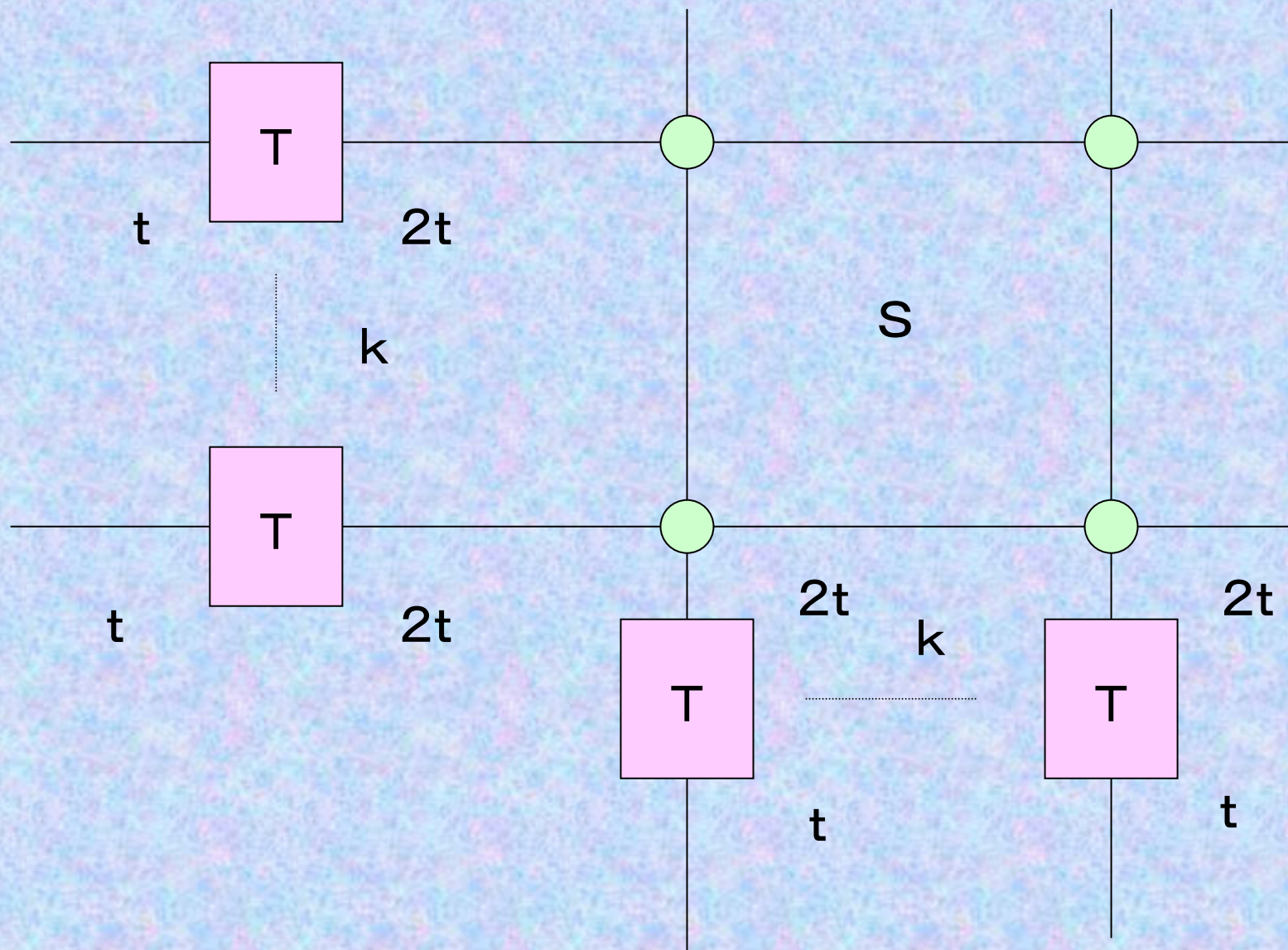
TDM交換要素

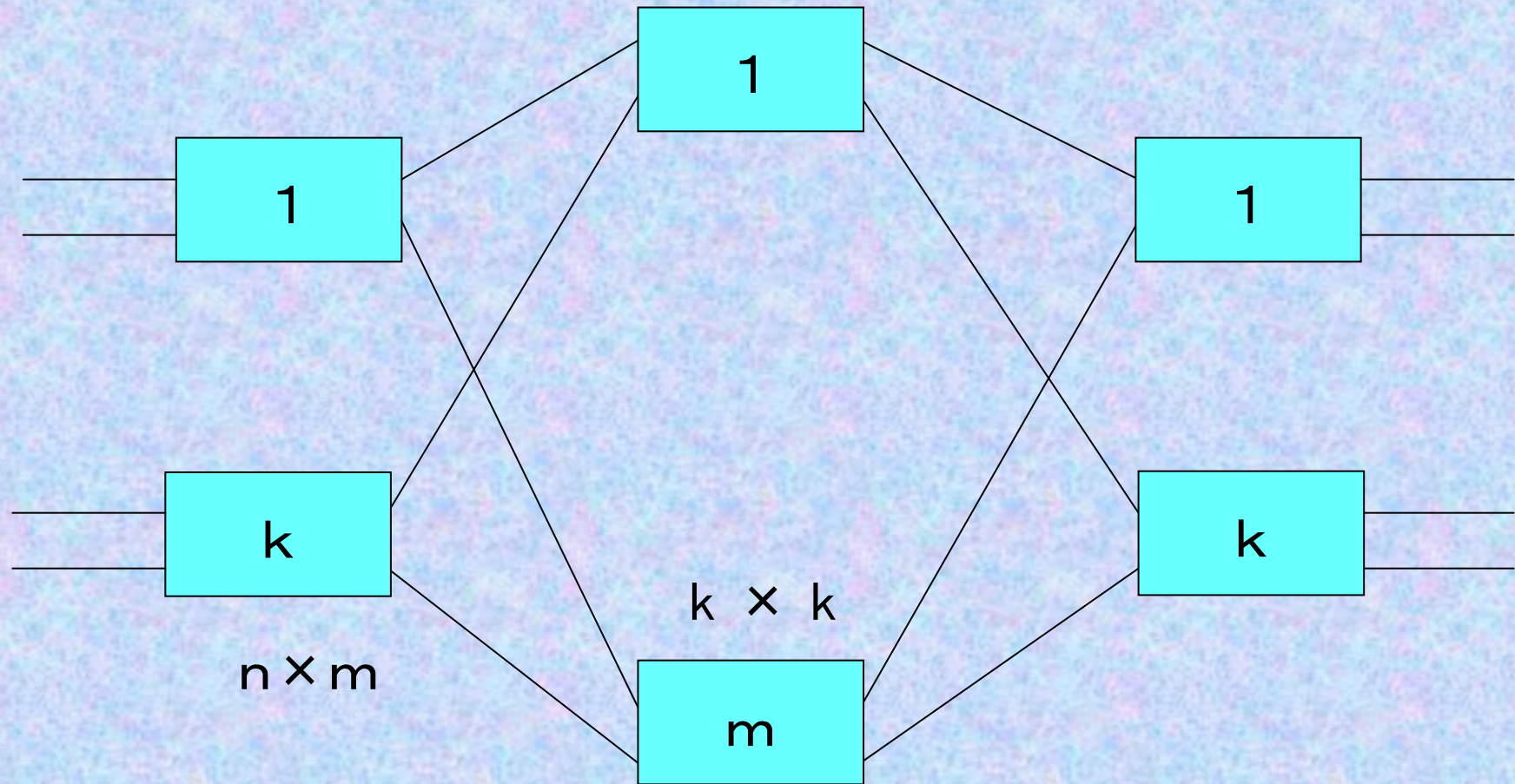
時分割空間スイッチ(Sスイッチ)

時分割時間スイッチ(Tスイッチ)パルスシフタ



T-S-T時分割スイッチファブリック





Closスイッチ $m > 2n - 1$

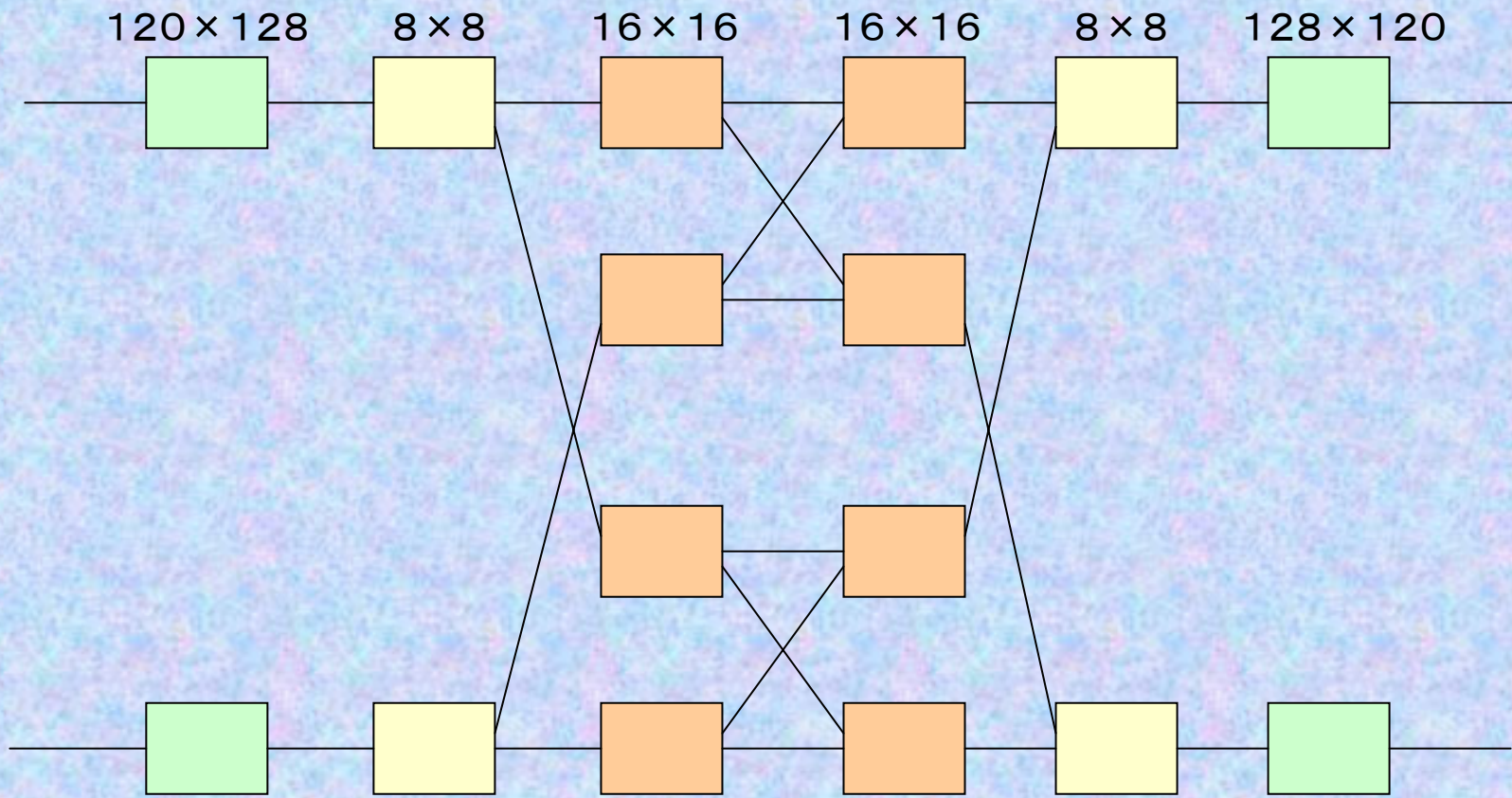
T-S-T Saito スイッチ $n = t, m = 2t$

No. 4 ESSスイッチ

Tスイッチ

Sスイッチ

Tスイッチ

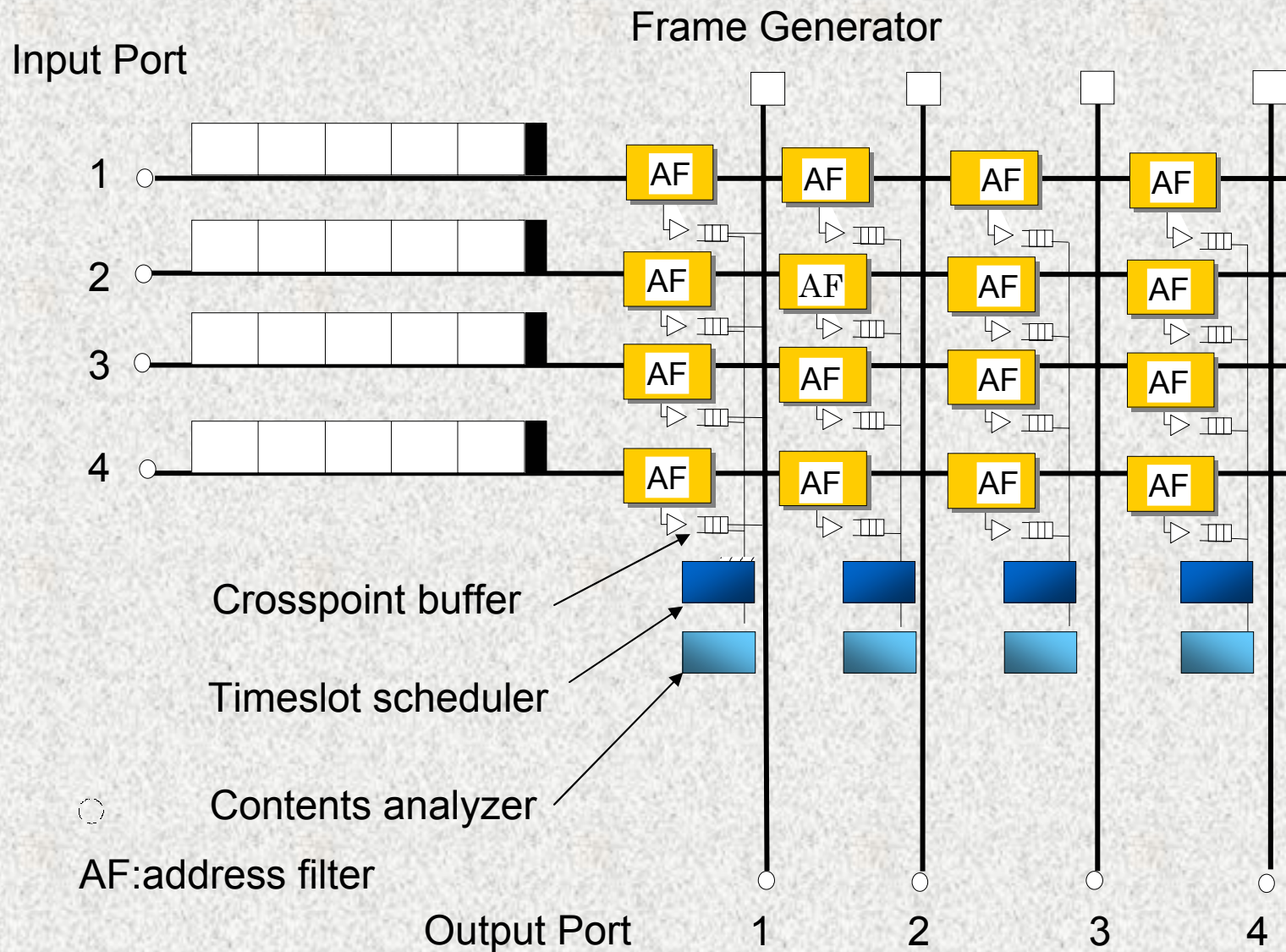


120多重

1024本

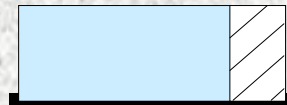


VTDM (可變速度時分割) switch

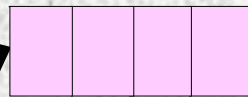


VTDM交換のクロスポイント

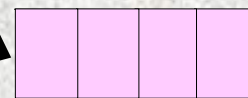
Input TDM frame



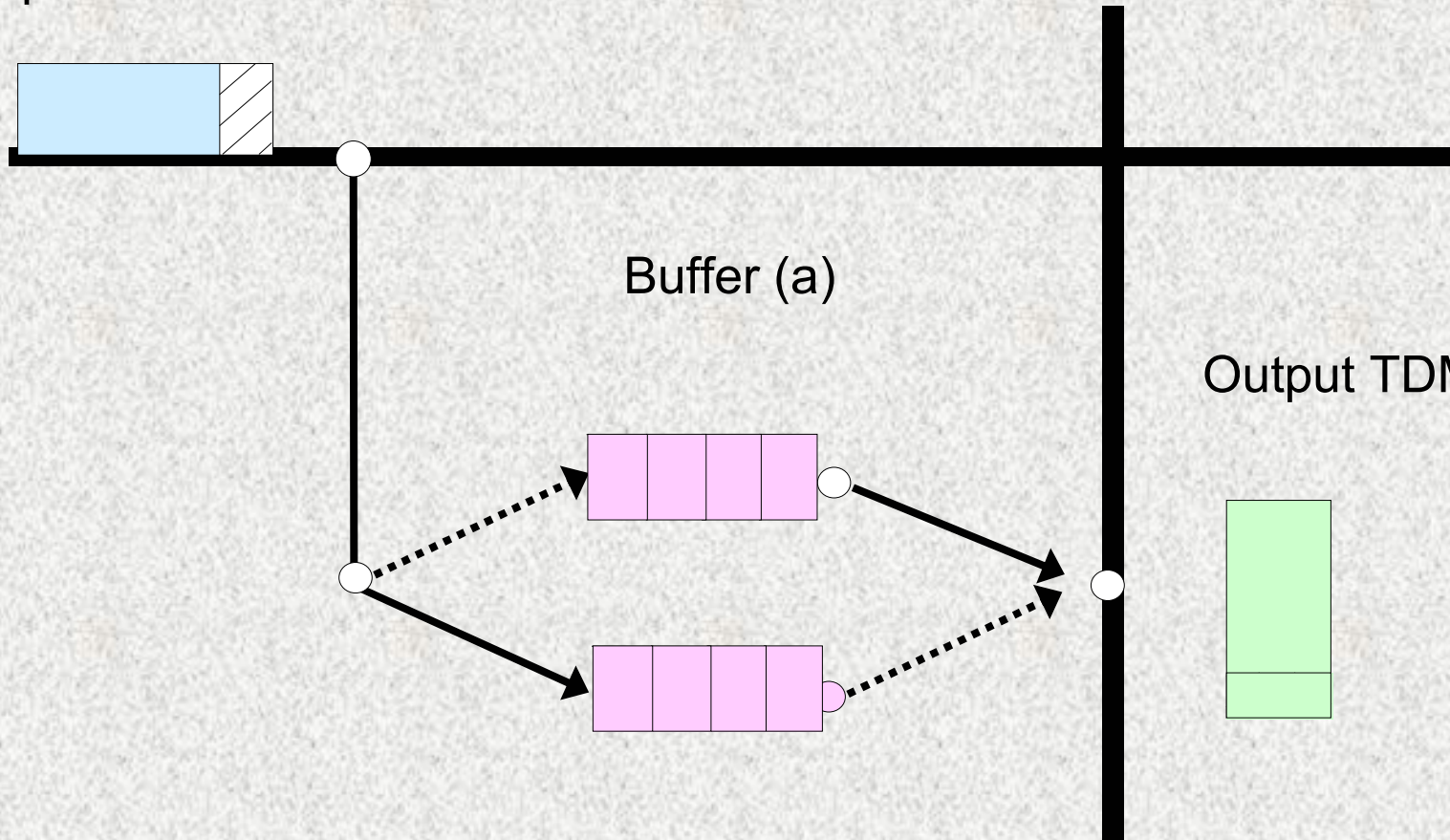
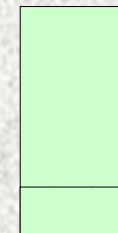
Buffer (a)



Buffer (b)



Output TDM frame



ネットワーク同期

8kf/sの同期

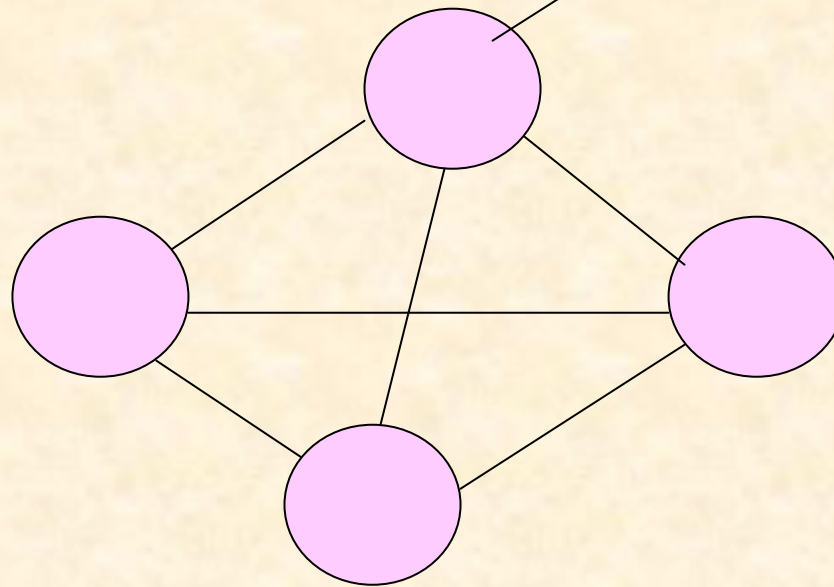
1.544Mb/sの同期

強制同期

相互同期

独立同期

多入力位相制御発振器



ネットワーク同期方式



現在は

国内:強制同期方式

国際:独立同期方式

安定度 10^{-12}

1. 5Mb/sだと8日で1ビットのずれ

192ビットのバッファ 5年で1フレームが失われる

光ファイバの誤り率に対応するシステムエラー

パケット交換の大容量化

- 1975年頃 500kb/s
- 1980年 DDXパケット交換サービス
- 1980年頃 10Mb/sのスループットを目指す
 マルチマイクロプロセッサ
- 1982年頃
 レベル2 アドレス、エンドーエンド誤り回復
 → フレームリレー
- 1996年頃
 多段可変長フレーム大容量パケットスイッチ

大容量パケット交換

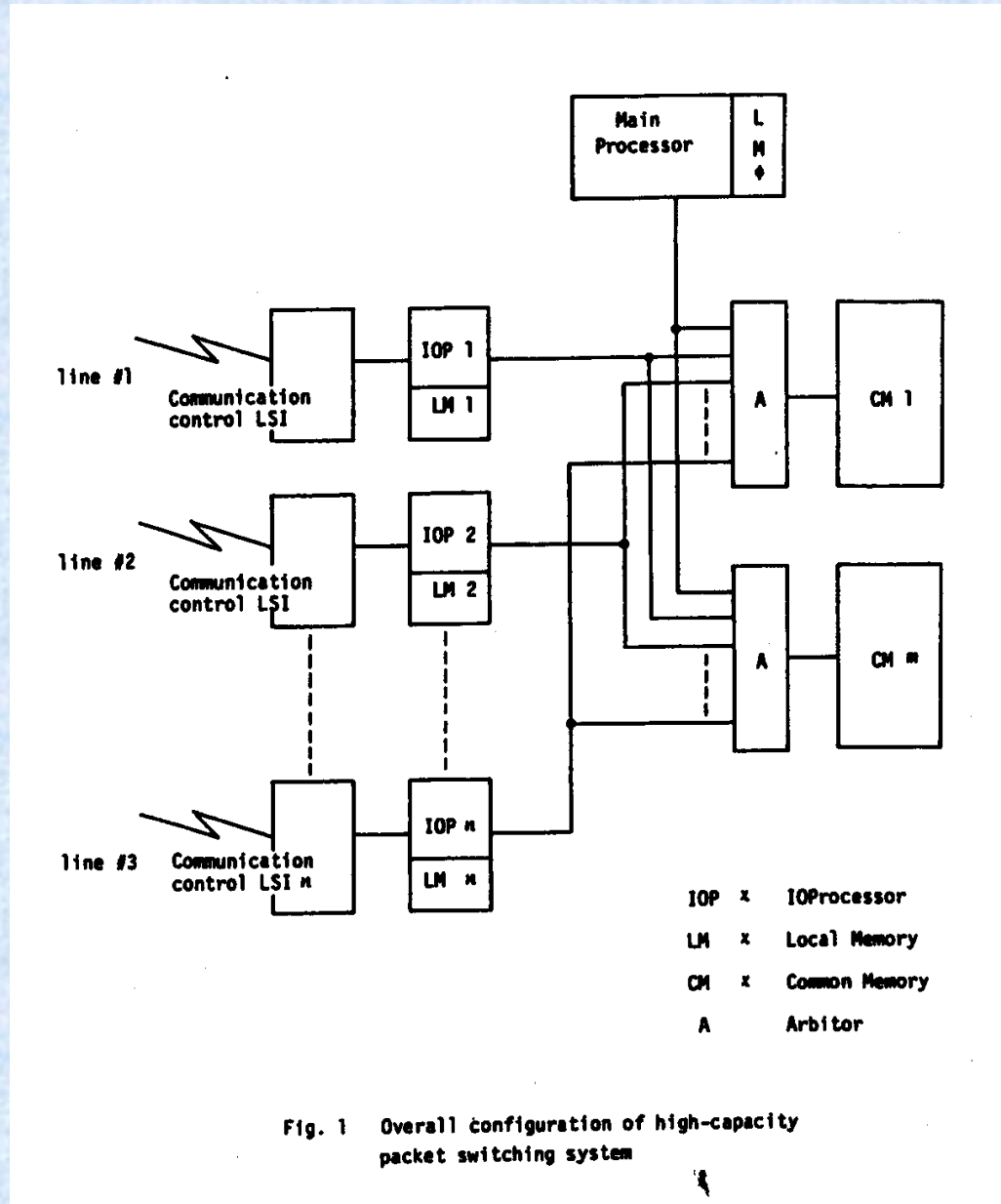


Fig. 1 Overall configuration of high-capacity packet switching system

大容量パケットスイッチの現状

並列型：固定長パケットによるモジュール間接続

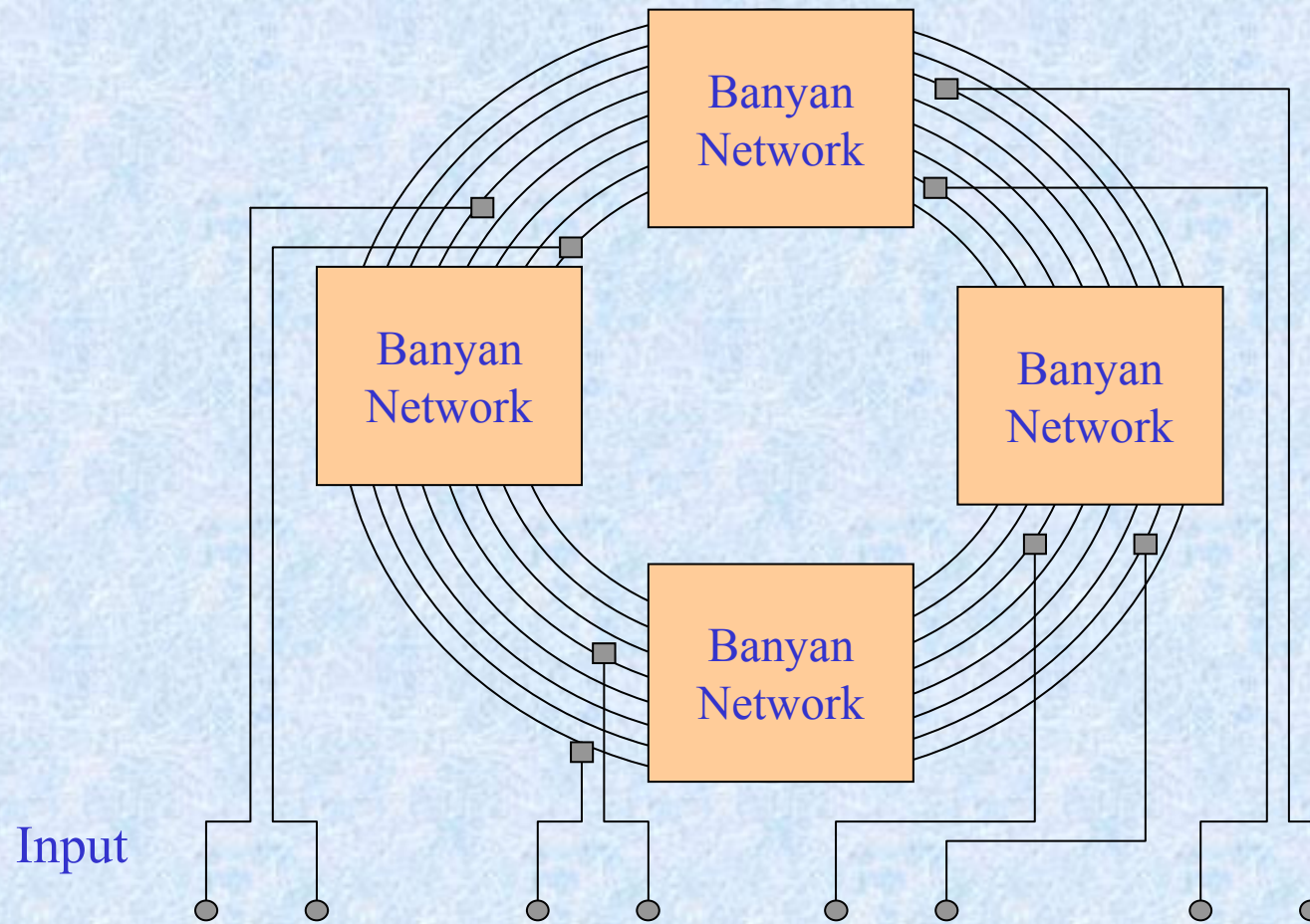
数十Gb/s程度が最大容量

超大容量化

10Tb/sのクラスは多段化

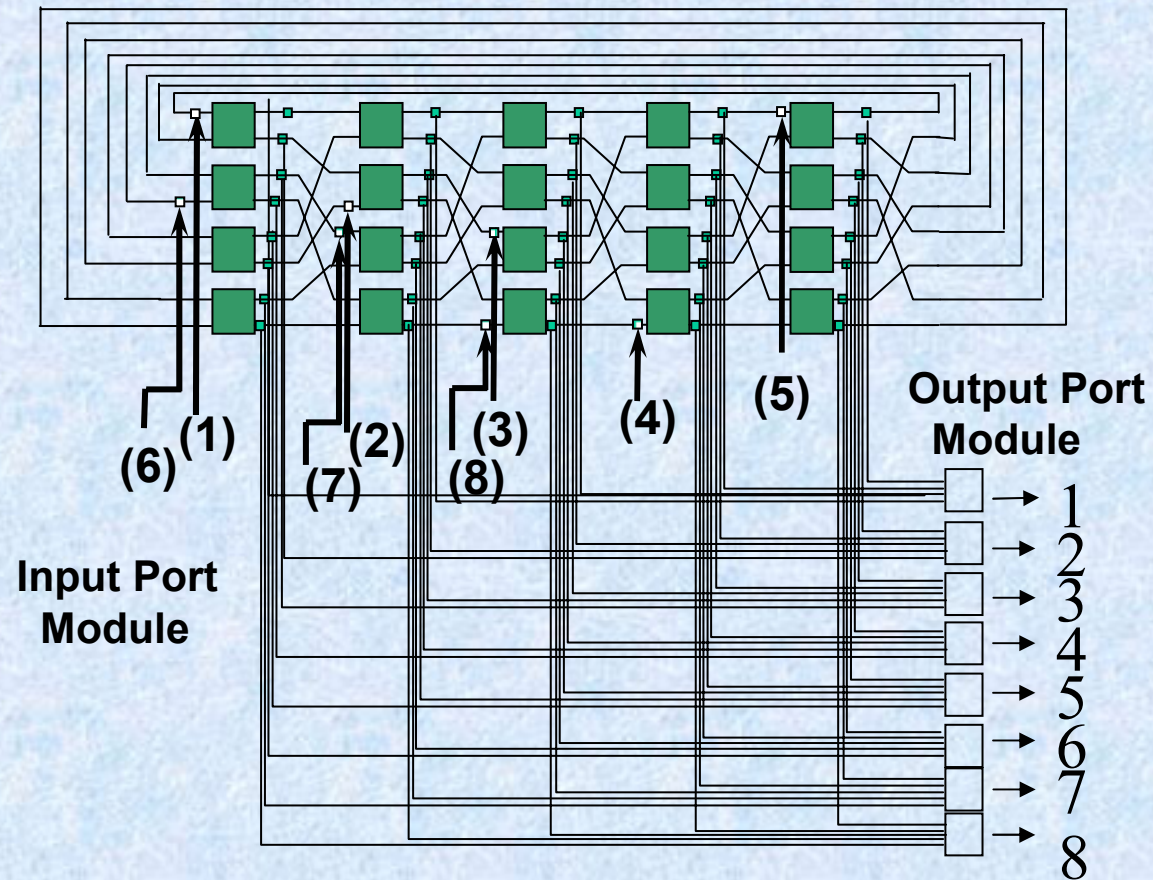


Ring Banyan網

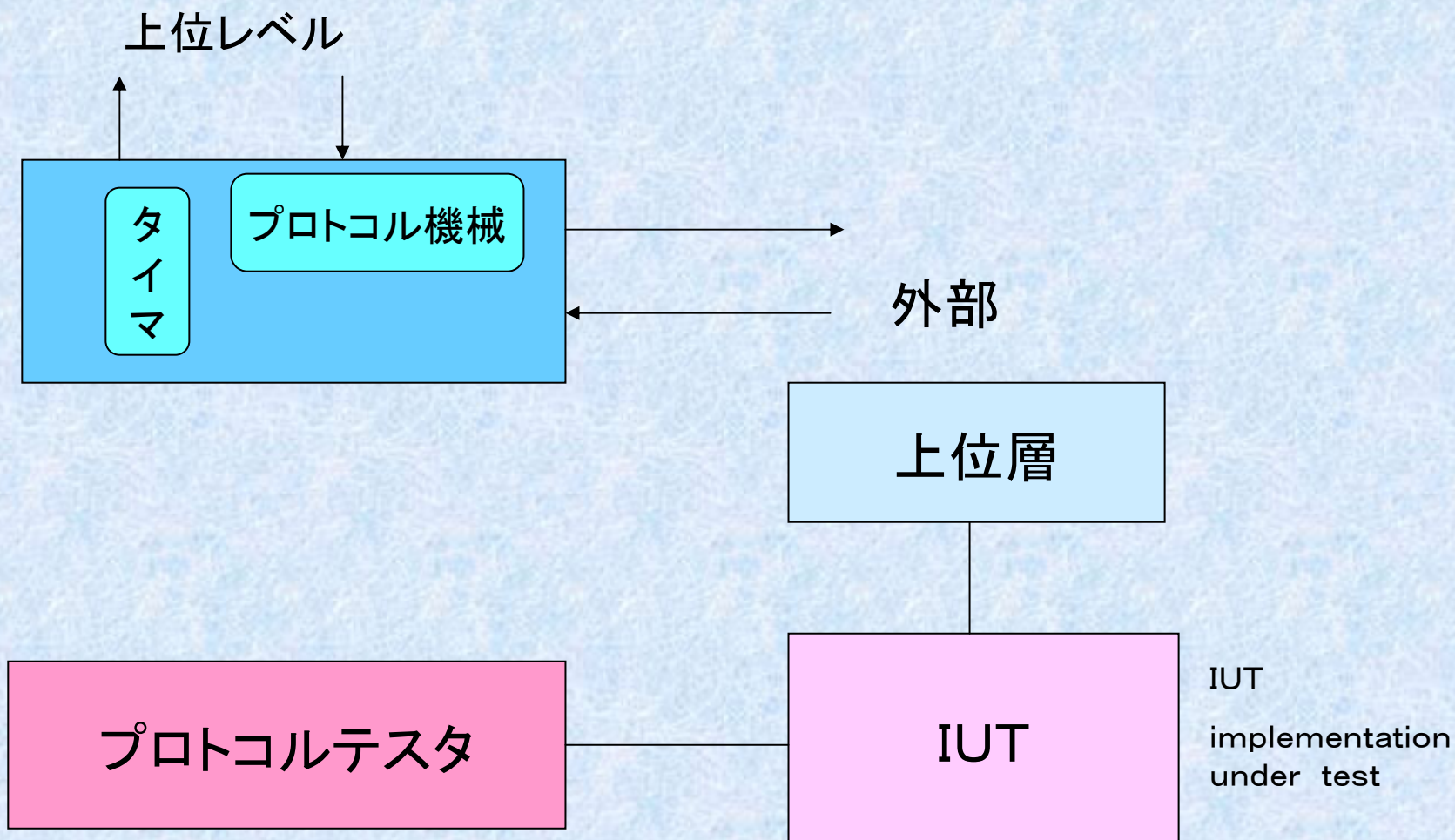


入力ポート分散接続 Ring shuffle パターンスイッチ

• 8x8 スイッチの例



プロトコル検証



状態遷移図から1万フレーム程度のテストシーケンス

プロトコル記述法

状態遷移図

時相論理

Formal Description Technique

現在 1985～1995

手作業によるテスト系列の生成

コンフォーマンステスト

JTC1

SGFS (Special Group Functional Standard)

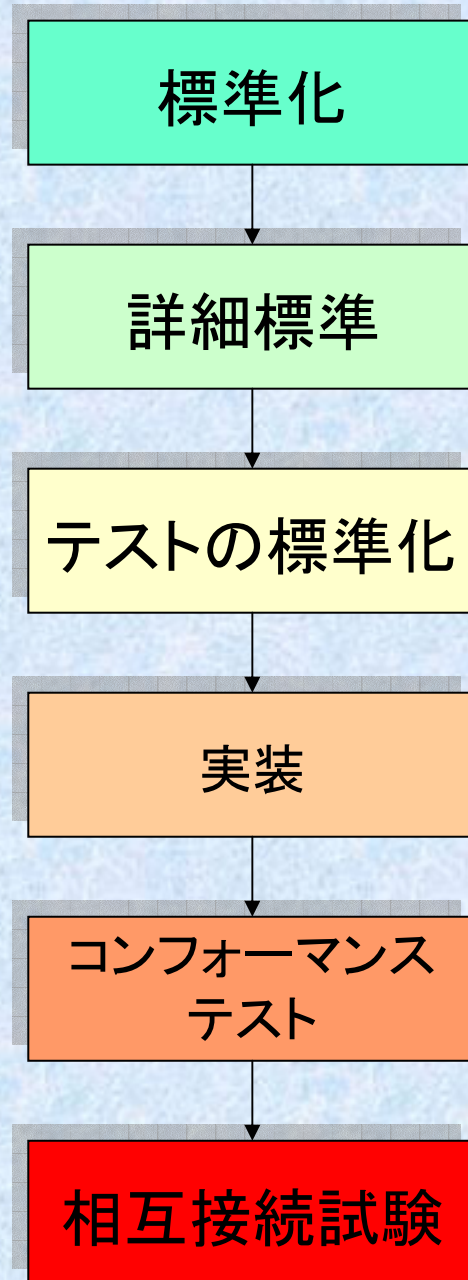
RWSCC/AOW

郵政省 TTC 1987～

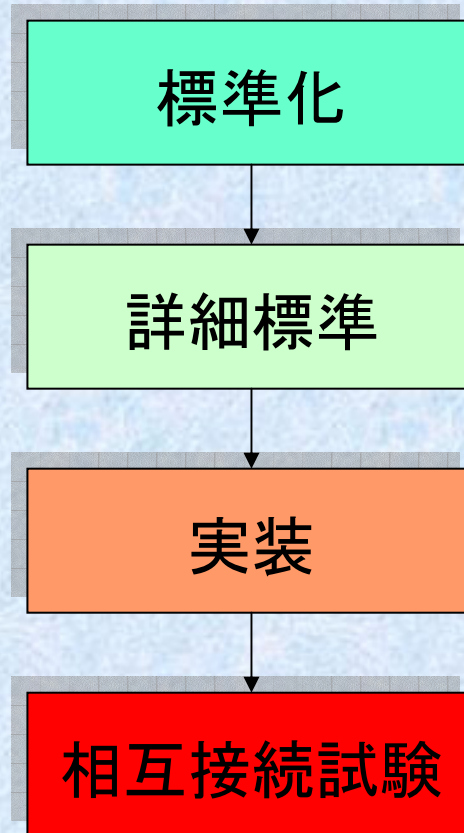
HATS推進会議



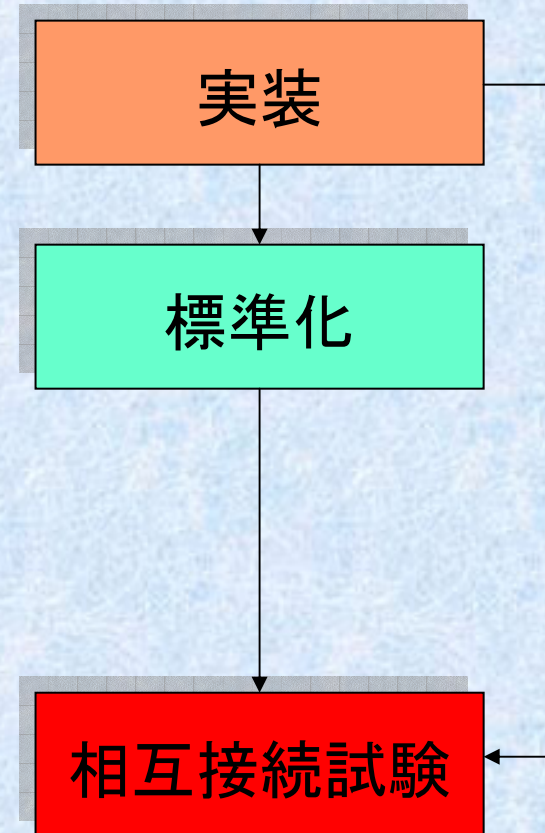
ISO型



HATS型

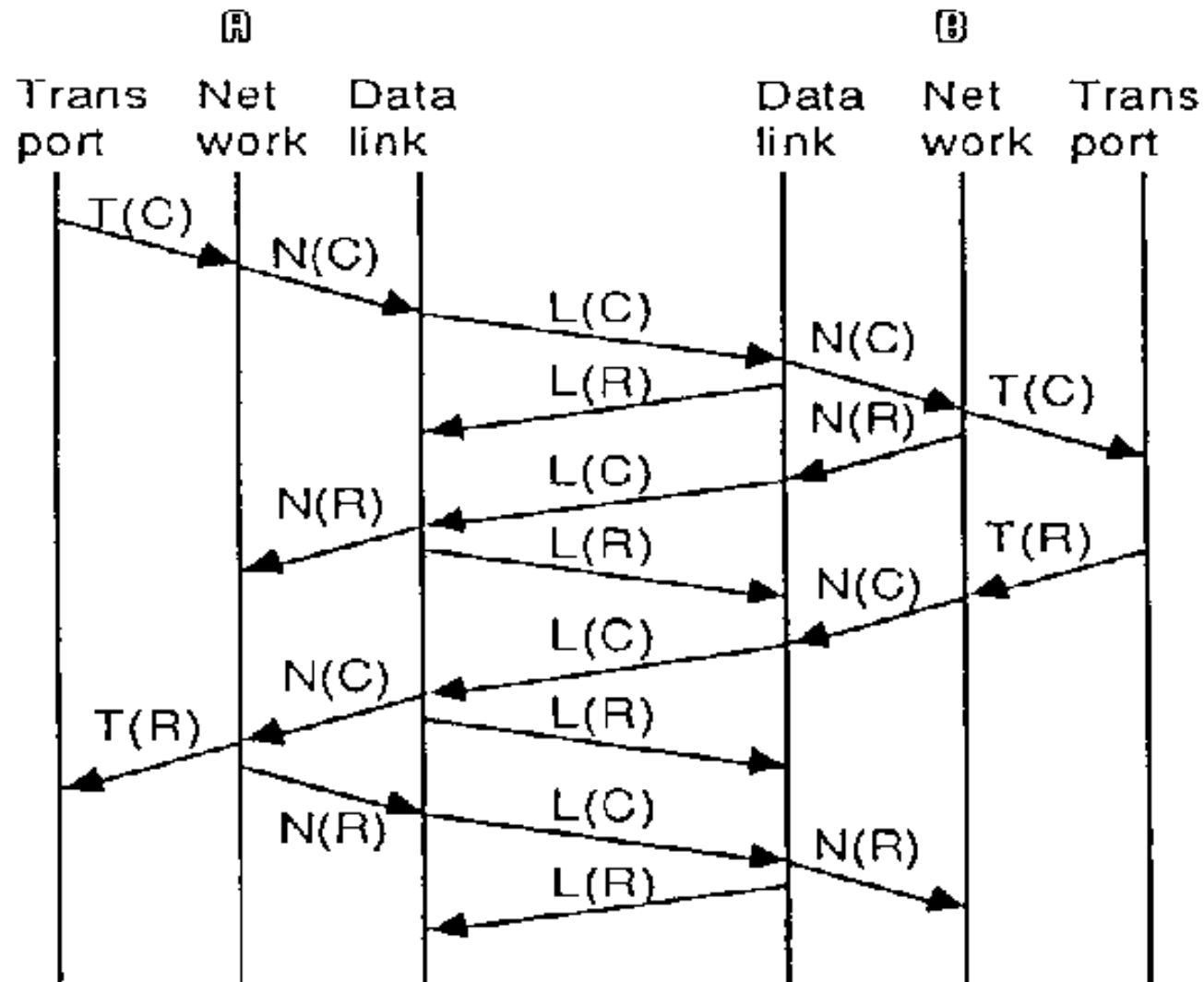


インターネット型



プロトコル検証方式のバリエーション

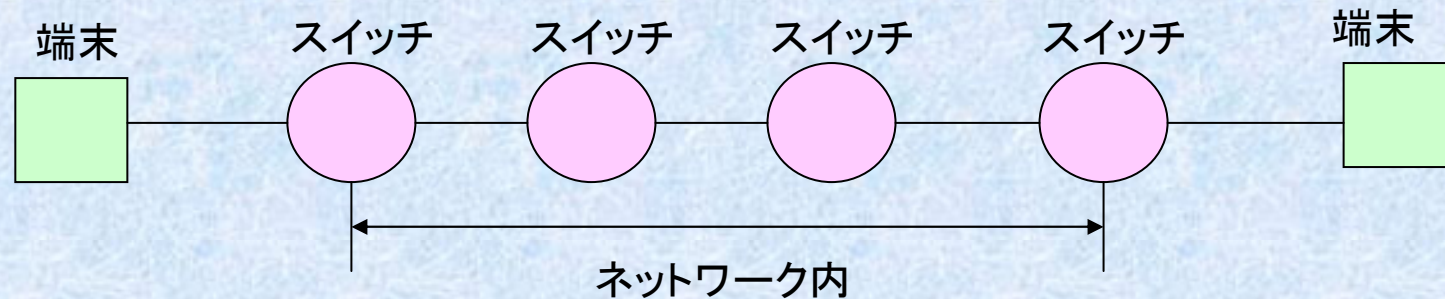
プロトコル性能評価



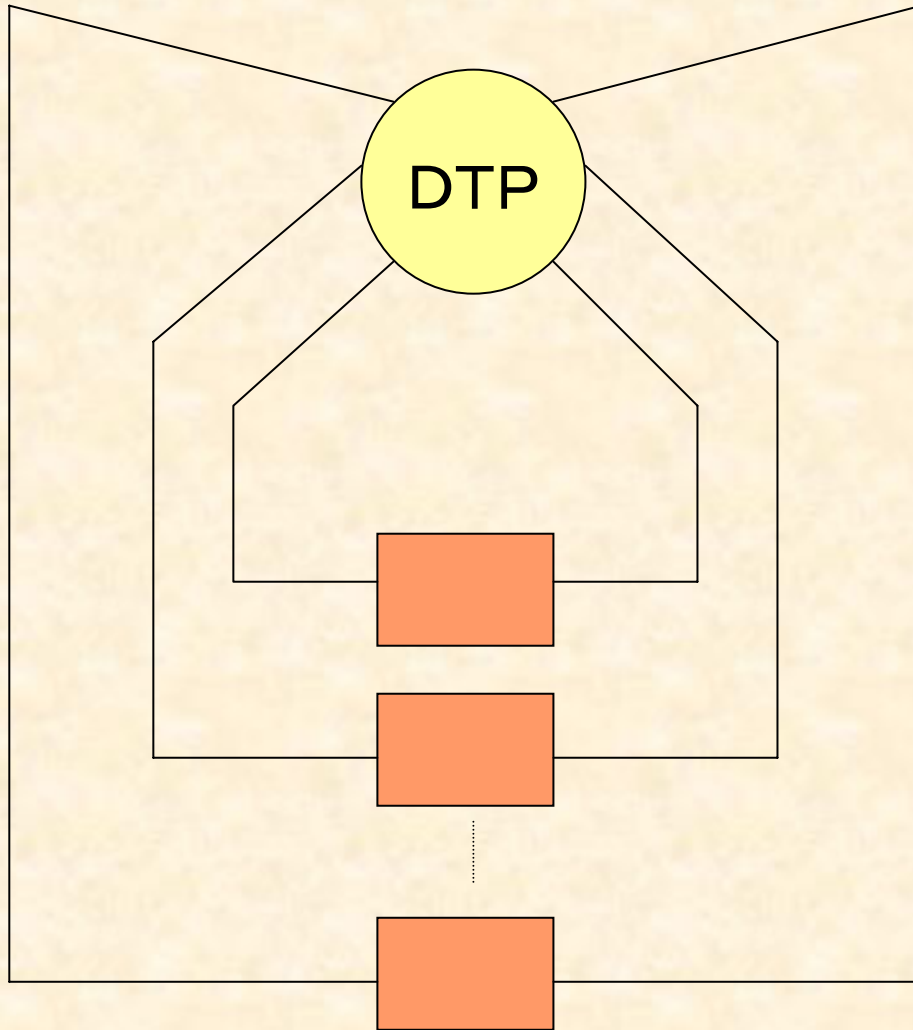
多層構造プロトコルを用いたときの各層のコマンドレスポンスの一例

パケット交換制御方式のバリエーション

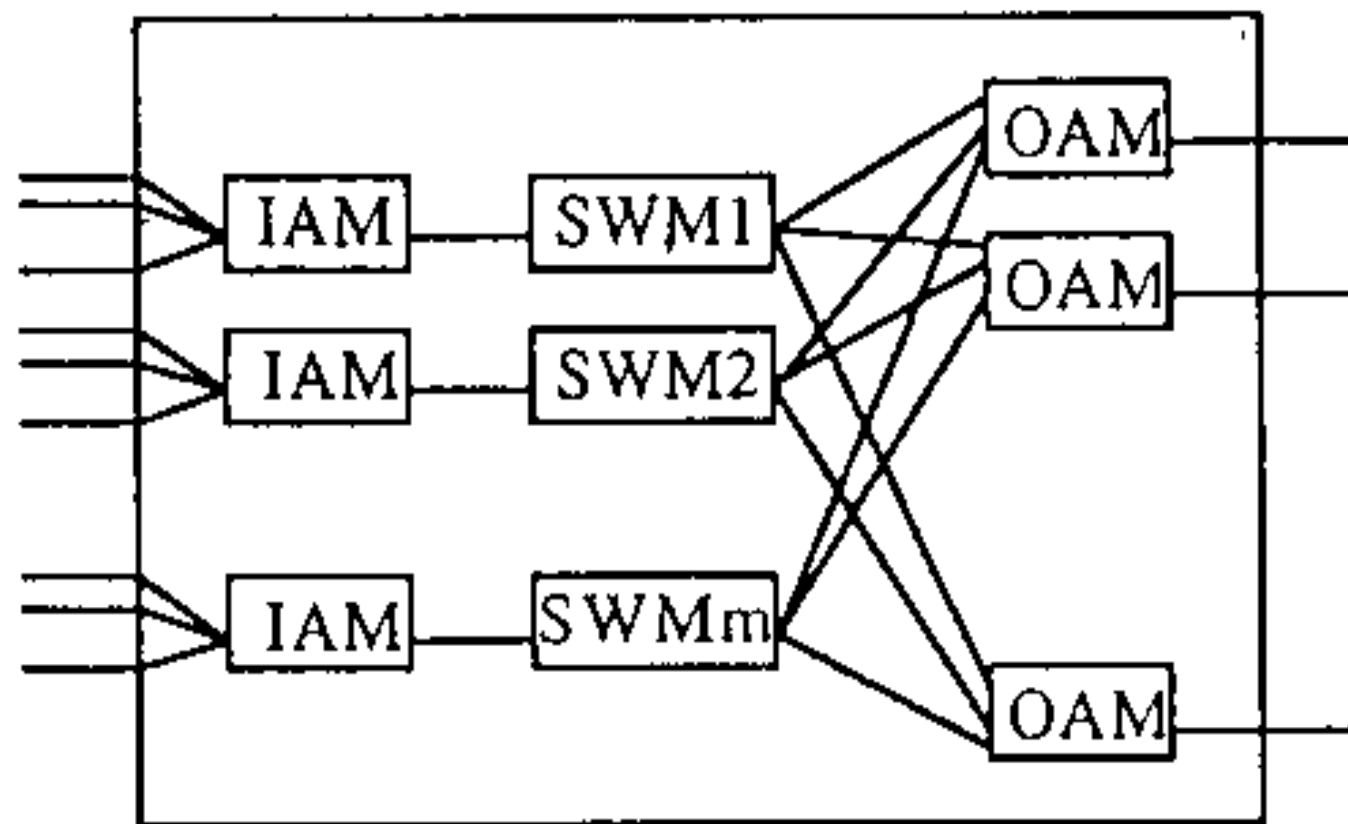
誤り制御 蓄積方式	物理リンクごと	ネットワーク内 リンク 加入者リンク	エンド・エンド
FSF 全ノード	X25	_____	
SSF ネットワーク 内	NA	X25 コンパチブル	_____
SSF 全ノード	NA		フレームリレー



Star LAN

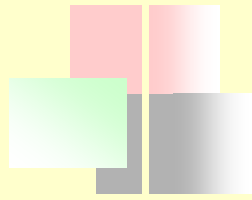


	蓄積	非蓄積
header 駆動	○	HDSL
プリセット	○	○



データパス (DTP) の構成
Structure of Data Path (DTP).

コンピュータネットワークからインターネットへ



- 1969 ARPA network
- 1972 リモートターミナルの開発
- 1973 リモートターミナルサービス
- 1974 N1ネットワークの研究開始
- 1976 N1ネットワーク試験
- 1980 DDXパケット交換サービス開始
- 1981 N1ネットワークサービス
- 1981 TCP/IP
- 1985 公衆電気通信法廃止
- 1986 NSFバックボーン
- 1988 WIDEの研究
- 1992 SINET運用開始
- 1992～1998 TRAINの運用
- 1999 ギガビットネットワークの研究

社会とのインタフェースの強い研究分野

道路交通管制

平面街路 1960年代

首都高速道路 1970年代

ITS/AHS 1990年代

EDI (Electronic Data Interchange)

標準化への寄与

産業界の情報化へのアドバイス

MISの時代

SISの時代

オープンシステムの時代

1. 38年間の研究

2. 情報通信サービス

3. 情報化社会に向けての大学

国の通信法制の変化

- 1972年まで : すべての端末(コンピュータを含む)の
電電公社による独占
- 1978 : 電話積滞解消
- 1972~1983: 企業内に閉じたシステムの専用線接続
特定組合せの企業間接続
メッセージ交換の禁止(行って帰る)
- 1983~1985: 中小企業VANの許可
- 1985 : 公衆電気通信事業法の廃止
通信における競争導入
- 1997 : NTT再編
非対称規制



ネットワーク技術の変化



1876～1900	初期の技術
1900～1925	長距離伝送の実現
1925～1975	低コスト化と普及
1975～2000	競争とサービス多様化

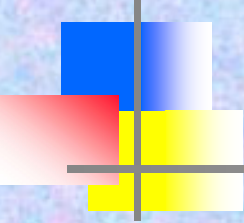
エレクトロニクスのコストパフォーマンスの改善

		(30年)		(15年)
コンピュータ	10^4	(静止画)	10^7	(動画)
放送	10^3	(TV)	10^5	(HDTV)
パッケージ	10^3	(TV)	10^5	(HDTV)
通信	10	(デジタル化)	10^3	(スーパーハイウェイ)
(現在)		(将来)		



有線システムの発展

	end	switch	Logical link	physical link
2000	1X 100kb/s	1Gb/s	10Mb/s	1Gb/s
2005	10X 1Mb/s	10Gb/s	100Mb/s	10Gb/s
2010	100X 10Mb/s	100Gb/s	1Gb/s	100Gb/s
2015	1000X 100Mb/s	1Tb/s	10Gb/s	1Tb/s
	10000X 1Gb/s	10Tb/s	100Gb/s	10Tb/s



データ通信会議(1978. 9)

回線利用制度の見直し
コスト主義による回線料金
情報通信業成立の基盤整備

1985年 電気通信事業法

第1種業、第2種業の区別

第1種業に対する参入許可、需給調整

規制の対称性


相互接続は個別の交渉による



情報ネットワーク政策の目標

- * 情報通信技術の進展を以下に早く利用者が早くつかえるようにするか
- * サービスの高度化、多様化、低廉化
- * 技術の成功は市場による
- * 先が予測できない技術の進展
- * 競争政策の重要性
- * 公正競争条件の整備

- * ネットワークの安定性
- * サービスの公平性
- * ユニバーサルサービス性



推進に当たった主たる事項

地域情報化 1982～1987

光ファイバ化計画 1994～2001

PHSサービスの実用化 1993～1995

携帯電話番号の10桁化 1994～1999

相互接続のルール化 1996～2001

ADSLの環境整備 1996～2000

フラットレート料金 1999

優先接続 1987～2001

1997年 電気通信事業法 NTT法

特殊会社と普通会社への分離

特殊会社に対する保護と非対称規制

特殊会社の経営効率評価のベンチマーキング

ユニバーサルサービス責務

研究開発責務

指定通信事業者としての規制



最近のネットワーク法制と事業の変化

1996. 12

携帯電話料金の自由化

1997

電気通信事業法

NTT国際進出、KDD国内進出

外資規制撤廃、需給調整規制撤廃

1998

接続ルール

指定通信事業者、アンバンドリング

基本機能、相互接続会計

KDD法廃止

長距離・国際料金自由化

1999

携帯番号 10桁化
iモード
2種業の子会社としての1種業
ISDN
常時接続（8000円→4500円）
iプラン（60%引き）
DSL試行サービス

2000

相互接続料金のLRIC(2000. 4)
市内料金上限価格規制(2000. 10)
2種業による1種業兼営(2000. 9)
無線LAN技術によるアクセス(静鉄、NTTME)
家庭用光ファイバアクセス(ユーズコミュニケーションズ)
コロケーションにおける自営工事
DSLの本格サービス
光ファイバアンバンドル(2000. 12)

2001

番号ポータビリティ
IMT2000サービス
事前登録制（優先接続）

電話番号秩序

番号研究会（1987～

事業者指定	プレフィックス	国番号	市外局番	市内局番	加入者番号
-------	---------	-----	------	------	-------

事業者指定番号の整備 00XY(1988)

番号ポータビリティ (1993～1998)

携帯番号030／040の一体化 (1993)

携帯番号の10桁化 (1995)

優先接続と新国際プレフィックス(010)(1998)

1. 38年間の研究

2. 情報通信サービス

3. 情報化社会に向けての大学

農業社会

工業社会

1800~1970

情報社会

2000~2100

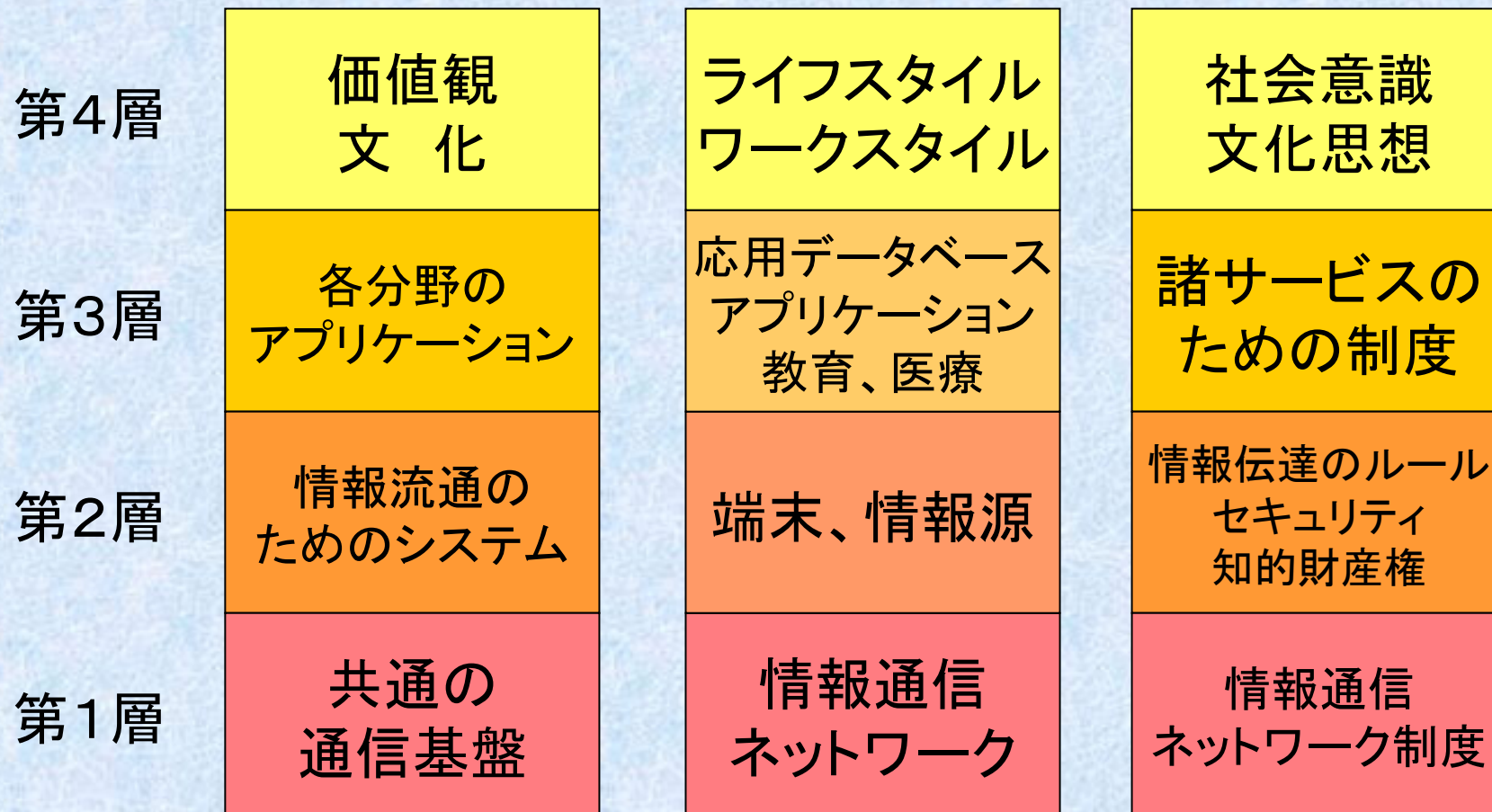
富の源泉

生産手段

生産、流通、金融、行政

生活

教育



(a) 4層構造

(b) インプリメーション

(c) 制度的側面

情報通信基盤の4層構造

情報の時代

IT技術によってひとりひとりの生活が変化する

利用される技術、コンテンツ、サービスは時代と共に変化化する

長期的には社会と生活が改善される

これからの社会の発展はIT技術の活用以外にはない

情報社会の進展に向けての協力

官庁情報ネットワーク(1994~2000)

霞ヶ関WAN

行政機関LAN

公共建築におけるネットワーク

情報サービス／ネットワークの安全性

安全性規準(1982~1983)

安全性認定(1988~1999)

東京大学の情報システム

1977. 9～1981. 11 教育用計算機センター主任

バッチ処理→TSS→PC分散

教育用計算機センターの新営

1990. 4～1994. 3 教育用計算機センター長

UTnetの立上げ

一般情報処理教育の設備

1995. 4～1999. 3 大型計算機センター長

スーパーコンピュータの充実 0.3TFLOPS、1TFLOPS

UTnet2

1999. 4～2001. 3 情報基盤センター長

情報サービスの一般化、スーパーコンピュータ 2TFLOPS

UTnet3

大学におけるIT技術

あらゆる分野の教育に対するITの活用

リテラシー教育 → 専門教育

教育の情報化

教材、教育方法

大学における情報の収集と発信

図書館サービスのあり方

巨大計算科学の高度化

IT技術そのものの基礎の充実