

さまざまなデータリンク

1. HDLC (古典的だけど基本)

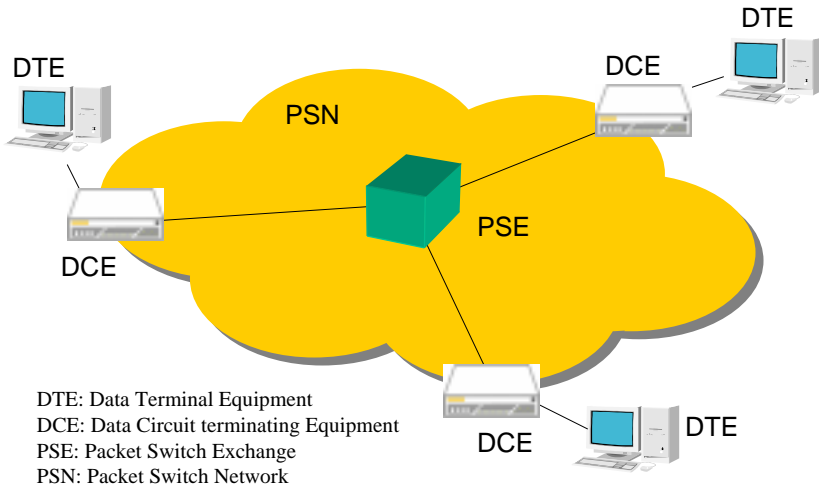
概要 (1)

- CCITT X.25 (HDLC/LAPB)
 - IBM社のSNAにおけるSDLC (Synchronous Data Link Control protocol) を基本に開発
 - HDLC
 - High-speed Data Link Control protocol
 - ITU-T/ISOによるSDLCの国際標準化
 - ADCCP
 - Advanced Data Communication Control Protocol
 - ANSI (米国)によるSDLCの標準化
 - LAPB
 - Link Access Procedure B
 - CCITT X.25 におけるデータリンク層, HDLC と同じ

概要 (2)

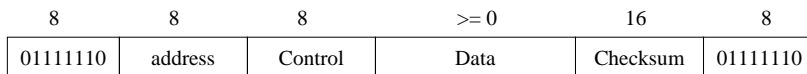
- 古いプロトコルだが、現在も広く使われている
 - ISDNなどの公衆データ通信網で利用
 - 既存のオンライン網
 - 銀行のオンラインシステムなど
- 物理層プロトコルは X.21 を一般的に使用
- 特徴
 - bit-oriented
 - bit-stuffing を利用してデータ転送の透過性を確保
 - connection-oriented
 - データリンクの設定・切断処理が必要
 - 電話型

X.25 Network Model



HDLC frame (1)

- Address: 通信局の判別
- Control: 通信制御のための情報
- Data: データ伝送される情報
- Checksum: CRC-CCITT



HDLC frame (2)

- フレームの種類
 - 情報フレーム
 - 監視フレーム
 - 非番号制フレーム

フレームの種類	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
情報フレーム	0	N(S)			P/F	N(R)		
監視フレーム	1	0	S		P/F	N(R)		
非番号制フレーム	1	1	M		P/F	N(R)		

N(S): 送信フレーム番号
N(R): 受信フレーム番号
P/F: ポール/ファイナルビット
S: 監視機能ビット
M: 修飾機能ビット

HDLC frame (3)

- ポール/ファイナルビット
 - コマンドの場合は、応答を要求するかどうかを表すポールビット (poll bit) として利用
 - 応答の場合は、最後のフレームかどうかを表すファイナルビット (final bit) として利用
- 情報フレーム
 - 実際のデータ転送に利用されるフレーム
 - N(S)にはフレーム番号
 - if $N(R) = k$: (k-1)フレームまで正しく受信されたことを意味する

HDLC frame (4)

● 監視フレーム

- データリンク通信中の制御

- Sによって種類を表す

● RR

- N(R)より小さな番号のフレームを正しく受信
- 次のフレーム送信を促す

● RNR

- N(R)より小さな番号のフレームを正しく受信
- 一時的に受信不能(バッファ溢れなど)
- RRを送ることで送信再開

● REJ

- N(R)より大きな番号のフレームを正しく受信していない
- Go-back-NでN(R)以降から再送する

● SREJ

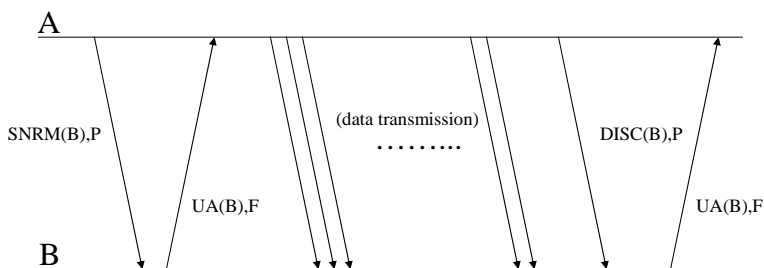
- N(R)より小さな番号のフレームを正しく受信
- Selective-RepeatによりN(R)だけを再送

HDLC frame (4)

● 非番号制フレーム

- データリンクの設定・切断に利用

- モードがいくつかある



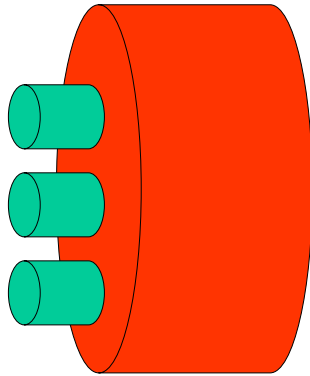
2. ATM

ATM

- ATM: Asynchronous Transfer Mode
- 53octetの固定長セル (cell) を交換する高速伝送
 - ハードウェア実装に基づく cut-through 交換
 - 低遅延伝送
- パケット交換と回線交換の両方の特徴を併せ持つことが可能
 - VP (Virtual Path) と VC (Virtual Circuit)
 - ATM Adaptation Layer (AAL) によるサービス定義

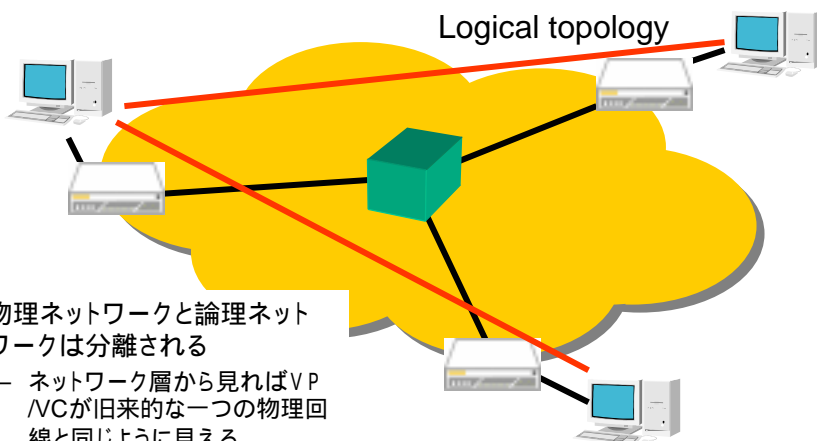
VP & VC

VP: node/nodeで設定されVPIで識別



VC: 一つのVPに属しnode/nodeで設定。VCIで識別

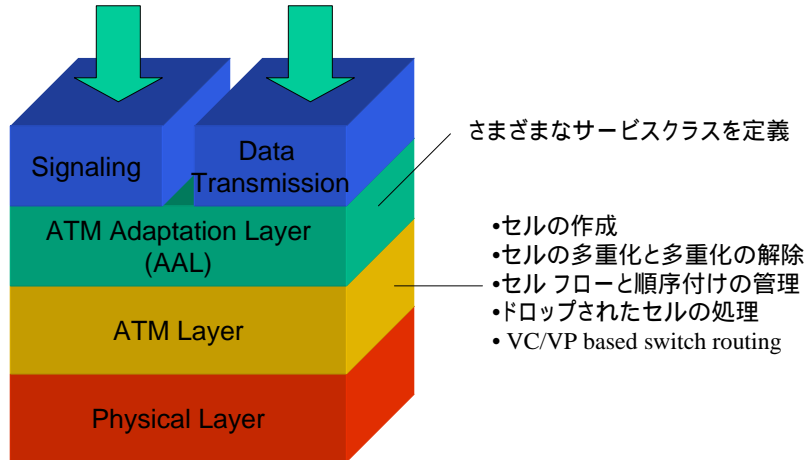
ATM Network Model



- 物理ネットワークと論理ネットワークは分離される
 - ネットワーク層から見ればVP / VCが旧来的な一つの物理回線と同じように見える
 - IEEE802.1q Tag VLANと同じ

ATM sub-layers

VC等の設定制御 データ伝送I/F



ATMの基盤伝送路

- 光ファイバ網を基盤とする高速同期伝送路
 - SONET (Synchronous Optical Network)
 - 電話会社が用いるデジタル光伝送網での基盤技術
 - OC (Optical Carrier level)
 - OC-3 155.52Mbps
 - OC-12 622.08Mbps
 - OC-24 1244.16Mbps
 - OC-48 2488.32Mbps
 - OC-192 10Gbps
- 近年の高速化が著しい
 - OC-3から OC-12, OC-48 へ,さらにOC-192へ

ATM Adaptation Layer (AAL)

- ATM網の利用目的に対して定義されるインタフェース層
 - AAL1
 - 固定ビットレート伝送 (例えば画像伝送)
 - AAL2
 - 可変ビットレート伝送 (例えばMPEG2などの動画伝送)
 - AAL3/4
 - パケット伝送をモデル化
 - 現在では殆ど使われない
 - AAL5
 - ATM Forum によるパケット伝送モデル
 - 現在のATMコンピュータネットワークではAAL5を利用

ATMの回線サービスモデル

- PVC (Permanent Virtual Circuit)
 - 固定的なVC設定
 - 単純な運用での利用
- SVC (Switched Virtual Circuit)
 - 動的なVC設定
 - LAN Emulation などで利用

ATMの単純な利用形態

- PVCによる「針金」として利用
 - 物理的なネットワーク構成と独立した論理的な網設定
 - 光ファイバの敷設が制限されているときに、管理目的でVCを効果的に設定することが可能
- PVPの一般化
 - パスを固定的に設定
 - VCはユーザ側に解放して、利用目的に応じたVC設定を実施

ATM広域サービス

- NTT MegaLink サービスに代表される広域接続サービス
 - ATM専用線サービス
 - ATMの特性をかなり生かせる
 - 従来の専用回線費用よりビット単価が割安
 - VCの利用によって、接続機器数を抑えることが可能
 - 1インタフェースで複数対地設定が可能
 - ただし、使用機材はちょっと割高
 - Single Mode Fiber インタフェースが必要
 - トラヒックシェーパ (traffic shaper) が必要

3. LAN技術とメディアアクセス方式

現在の技術

- Ethernet (10, 100, G)
 - CSMA/CD
- FDDI
 - Token Ringを改良発展
- ATM
 - 固定長セルの多重化
 - VC (Virtual Circuit) とVP (Virtual Path)
- POS
 - 広帯域・長距離の2点間接続
 - PPP Over SONET

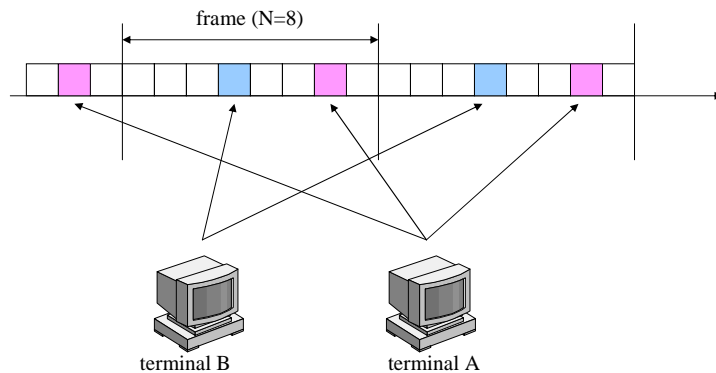
メディアアクセス方式の概要

- LAN
 - 複数のホストで単一の物理的伝送媒体を共有
 - どのように伝送媒体を利用するか
 - アクセス制御 (Media Access Control)
- 種類
 - 制御型 (controlled)
 - 固定割当方式
 - TDMA (Time Division Multiple Access)
 - 要求適応割当方式
 - Token Passing
 - 競合型 (contention)
 - ALOHA, CSMA, CSMA/CD...

TDMA (1)

- Time Division Multiple Access
 - 通信路を伝送時間Tで分割 (スロット)
 - N個のスロットで一つのフレームを構成
 - 端末は特定のスロットを利用
- 例
 - デジタル専用回線多重化装置
 - 1.5Mbps の回線を複数の機器に利用させる
 - 時分割で分割
 - 64Kbpsを単位として分割できる商品多数

TDMA (2)



TDMA (3)

- スロットの予約と解放
 - 事前に管理者が割り当てる方法は簡単
 - 動的に割り当てる機構は端末側にも特別な機能が必要となる
- 時刻同期
 - フレームの切り出しは時刻を基準に実施
 - 端末および交換ノードは同期が必要

TDMAからATMへ

- TDMAは広く使われるメディアアクセス方式
 - 多重化方法としては単純
 - 性能保証が可能
 - 現在でもTDMAによる製品は多い
- TDMAではLANトラヒックの収容が難しい
 - 端末の時刻同期は保証されない
 - 端末が利用する帯域は事前に予測できない
- ATMの登場
 - LANトラヒックの収容
 - TDMA的な多重化効果を狙ったデータリンク

Pure ALOHA (1)

- 競合型
- 歴史
 - ハワイ大学の ALOHA System で開発
 - 二つの無線回線
 - 端末からホストへ
 - uplink
 - ホストから端末へ
 - downlink
 - 二つの無線回線の共有方式を開発
- 方式
 - 各端末は独立に動作
 - 端末からは送るべきデータが有れば直ちに送出
 - パケット送信後 RTT (Round Trip Time) まってもACKが返ってこない場合衝突発生と判断
 - バックオフ処理
 - $[0, K]$ で乱数発生: r
 - r 秒後に再送を実施

Pure ALOHA (2)

- 各端末が自律的にメディアにアクセス
 - 無秩序であるので効率「当然」悪い
 - 秩序はシステムの複雑化を引き起こす
- 衝突の多発は性能劣化を引き起こす
 - 端末数が増える
 - 通信量が増える
- バックオフ時間
 - K
 - 性能に影響を与えるパラメータ

slotted ALOHA

- pure ALOHA を改良
 - 伝送時間をスロット化
 - 端末からの送信をスロットに従わせる
 - 「秩序」の導入
 - 回線の無秩序な競合を、スロットの競合に
 - 競合の発生を少なくする
 - 性能の改善
- 問題点
 - スロットの実現が難しい(時刻同期)
 - 理論的なモデルにとどまる

CSMA

- Carrier Sense Multiple Access
- 送信前にメディアが使われていないかを調べる
 - 使われていなければ直ちに送信
 - 伝送遅延が有るため、衝突は発生せざるをえない
 - RTT/2 の間に他局が送信すると衝突
 - 伝送媒体全体に送信状態が伝播する時間

CSMA

- 搬送波を検出した場合
 - 1-persistent CSMA
 - 必ず送信
 - p-persistent CSMA
 - 確率 p で送信
 - nonpersistent CSMA
 - 衝突発生時の再送アルゴリズムの適用

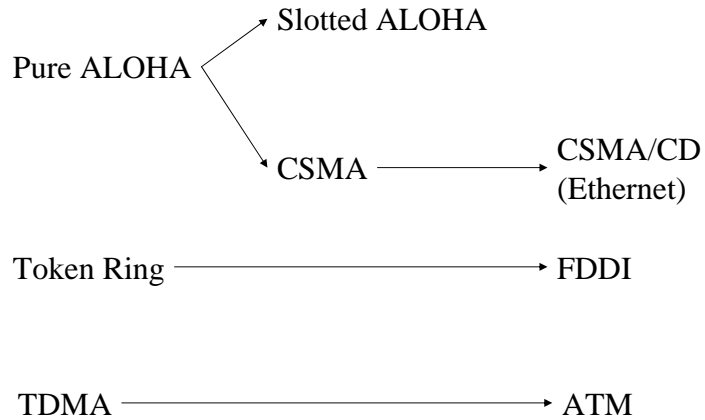
CSMA/CD

- CSMA with Collision Detection
- 通信中もフレームを監視し、衝突を発見する
 - 衝突が発生した場合には直ちに送信を中止
 - 衝突後の不要な回線占有を回避
- 再送アルゴリズム
 - Ethernet ではbinary backoff 方式を採用
 - 一度衝突すると backoff timer を2倍にしてい

Token Passing

- 802.4 (Token Bus), 802.5 (Token Ring) で採用
- FDDIも Token Passing 方式の一つ(ちょっと複雑)
- 方式
 - ネットワークに接続されたホスト間でトークン (token) を「順番」に交換
 - フリートークンを持っているホストが送信できる
 - token holding timer

歴史的変遷



まとめ

- これまで多数の方式が提案されてきた
- 結局生き残ったのは
 - 1-persistent CSMA/CD (Ethernet)
 - Token Ring
- 性能を考えると
 - CSMA/CD は破綻する
 - Token Ringは破綻しない

4. Ethernet (IEEE802.3 family)

Ethernet

- CSMA/CDに基づくLAN技術
- IEEE802.3として標準化
 - 10Mbps, ベースバンド転送
 - 1500octet MTU
 - 最初はバス型LANとして設計・開発
 - 同軸ケーブルとトランシーバの利用
 - 10Base5, 10Base2
- UTPケーブルを利用した10BaseT技術の登場
 - スター型配線の始まり
 - ハブ、スイッチなどの技術の登場

Fast Ethernet

- 100MbpsのEthernet
 - 伝送媒体は UTP/CAT5 および光ファイバ
 - 10Mbps Ethernet環境から直接移行可能
 - Bidirectional 100BaseT
 - 双方向データ伝送による広帯域化
 - Auto-sense / Auto-negotiation
 - 接続端末との接続形態の自動設定
 - 10BaseT/100BaseT, Unidirectional / Bidirectional
 - 相互操作性の問題はほぼ解決

Gigabit Ethernet (IEEE802.3z)

- 1Gbps
- 双方向データチャネル技術を利用
 - 片チャンネル 1Gbps
 - 全二重
- 伝送媒体は光ファイバ
 - 1000Base-SX (短波長), 1000Base-LX (長波長)
- 現時点での製品は IEEE802.3zに準拠するものが大多数
 - 相互操作性の確保が着実に進む
 - NIC、スイッチ共に幅広く提供される

Gigabit Ethernet (IEEE802.3ab)

- 新たな Gigabit Ethernet の標準化規格
 - 1000Base-Tの追加

Ethernet 技術比較

	Ethernet	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet
Data Rate	10Mbps	100Mbps	1Gbps
CAT 5 UTP	100m	100m	100m (CAT5+/6)
STP/Coax	500m	100m	N/A
Multi-mode Fiber	2Km	412m (hd*) 2Km (fd*)	550m
Single-mode Fiber	25Km	20Km	> 5Km

*IEEE half duplex/full duplex

注) IEEE 802.3z

Ethernet Familyの強さ

- Fast Ethernet が急速に広がる
 - 10BaseTからの以降が簡単
 - 数多くのプロダクトが安価に提供
 - 10BaseTのためのケーブル基盤を大体利用可能
 - システムにも標準で搭載されはじめている
- 特別な網管理が必要無い
 - 「させば動く」技術は強い
 - ATMとの最大の違い

10Gbps Ethernet

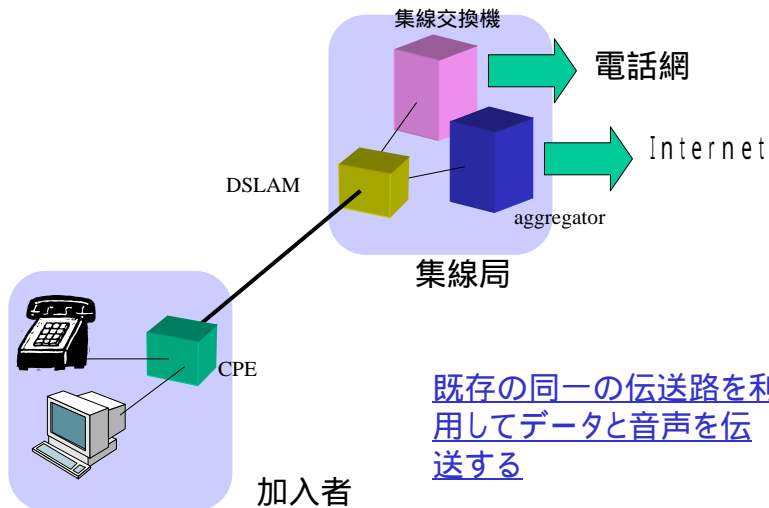
- IEEE802.3ae
 - 次世代の Ethernet として10Gbps Ethernetの開発を目指している企業が登場
 - 2002年にやっと市場に投入
 - 10GBASE-LRシリアル (1310nm)
 - 10GBASE-EX4(1550nm WWDM)
 - 10Km – 50Km 程度の伝送が可能

5. その他のデータリンク技術

xDSL

- 電気通信事業者の持つ通信線を利用した広帯域サービス
 - 集線局と加入者の間の回線を利用
 - 通常の音声通信のために使われている伝送周波数帯域とは異なる帯域でデータ伝送を行う
 - 比較的広帯域なサービスを実現
- さまざまなバリエーション
 - ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line
 - 現在広く使われているブロードバンドアクセス技術
 - 3Mbps, 8Mbps, 12Mbps
 - VDSL: Very high bit rate Digital Subscriber Line
 - 第2世代ブロードバンドアクセス技術として登場
 - 25Mbps から 50Mbps 程度まで
 - 技術もあったが余りはやらなかったのが...
 - SDSL: Symmetric Digital Subscriber Line
 - HDSL: High bit rate Digital Subscriber Line

xDSL



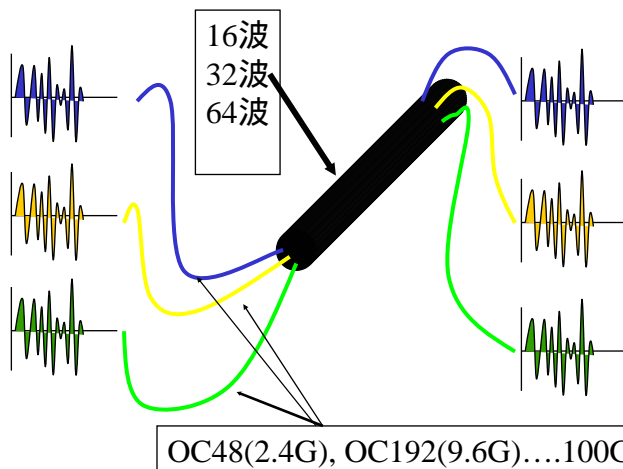
チャンネル系技術

- Peripheral Bus として進化
 - HIPPI (800Mbps/32bit, 1.6Gbps/64bit)
 - FibreChannel (FC) (266Mbps, ...)
 - Myrinet (max 4Gbps)
 - SCI (6.4Gbps and higher)
 - IEEE1394 (100Mbps ~ 400Mbps)
- 特徴
 - 同期転送、エラーフリー、良好な遅延特性(ゆれが少ない)
 - パラレル転送からシリアル転送へ
 - E I/F から Opt I/Fへ
 - ネットワークとして使われることがどんどん減っている
 - Ethernet family の帯域がどんどん広がってきている

WDM

- Wave-Division Multiplex (波長多重)
 - 一本の光ファイバで波長の異なる複数の光信号を用いることで、物理媒体の変更無しに利用可能帯域を増加させる技術
 - (例) SONET OC-48の8波多重装置
 - 大規模ネットワークの広帯域化技術として注目
 - 特に通信会社における基幹網技術として
 - ビットインフレーション
 - LANや構内ネットワーク利用をターゲットとした小型のWDM装置も登場
 - Nbase
 - CIENA

D-WDM: Dense Wavelength Division Multiplexing



IEEE802.11

- いわゆる Wireless Ethernet
 - 802.11a: 54Mbps / 5.7GHz
 - 802.11b: 11Mbps / 2.4GHz
 - 802.11g: 50Mbps / 2.4GHz
- SS技術を用いた効率的な帯域利用
- 業界団体としての WiFi による機器認定
- ネットワーク利用の簡単さと設計の難しさが表裏一体
 - 無線は見えない