データリンクの技術 (2)

Suguru Yamaguchi
Nara Institute of Science and Technology
Department of Information Science

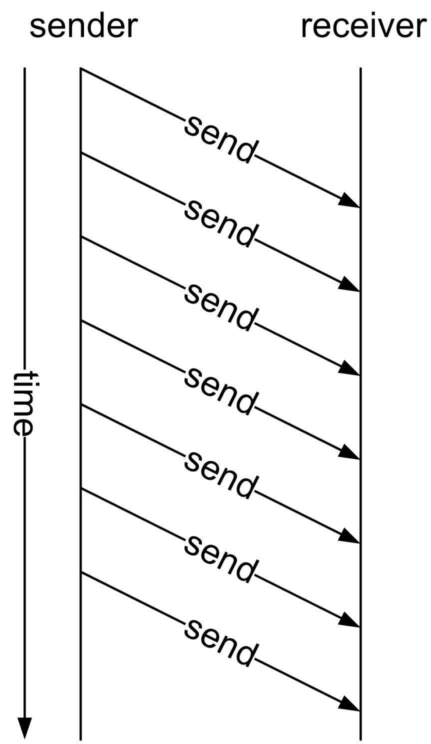
Flow Control

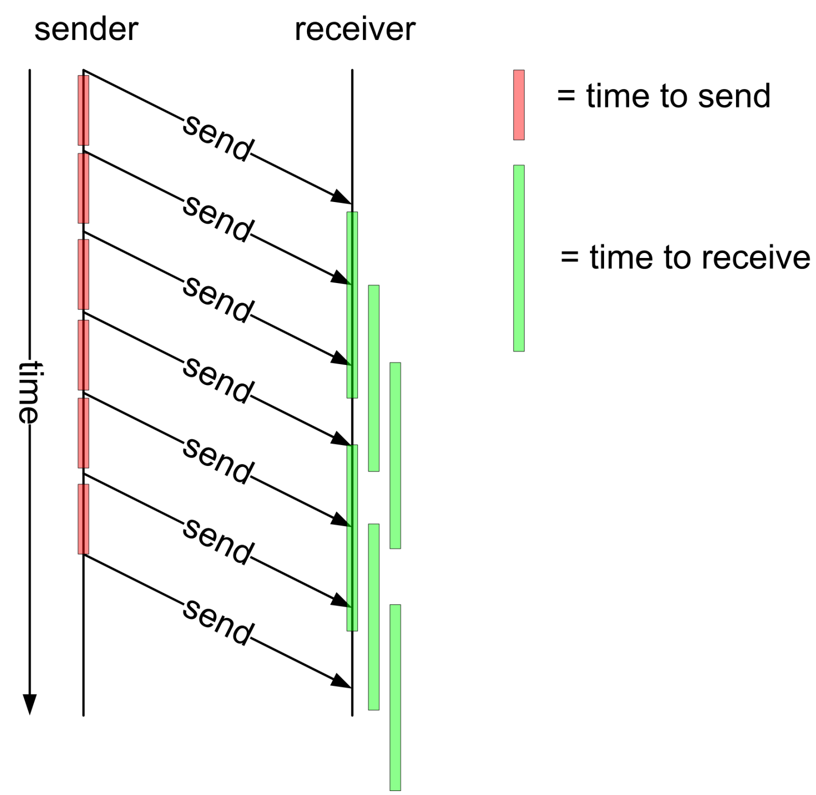
Flow Control

- 連続するDLLフレームをどのように送信するかを扱う
- 2つの役割:
  - 消失フレームの回復
  - バッファオーバフローを回避
- ネットワーク層は送信したフレーム量と同じ量を受信しなければならない
- Automatic Repeat Request (ARQ)
  - Stop-and-wait
  - Go-back-N
  - Selective-repeat

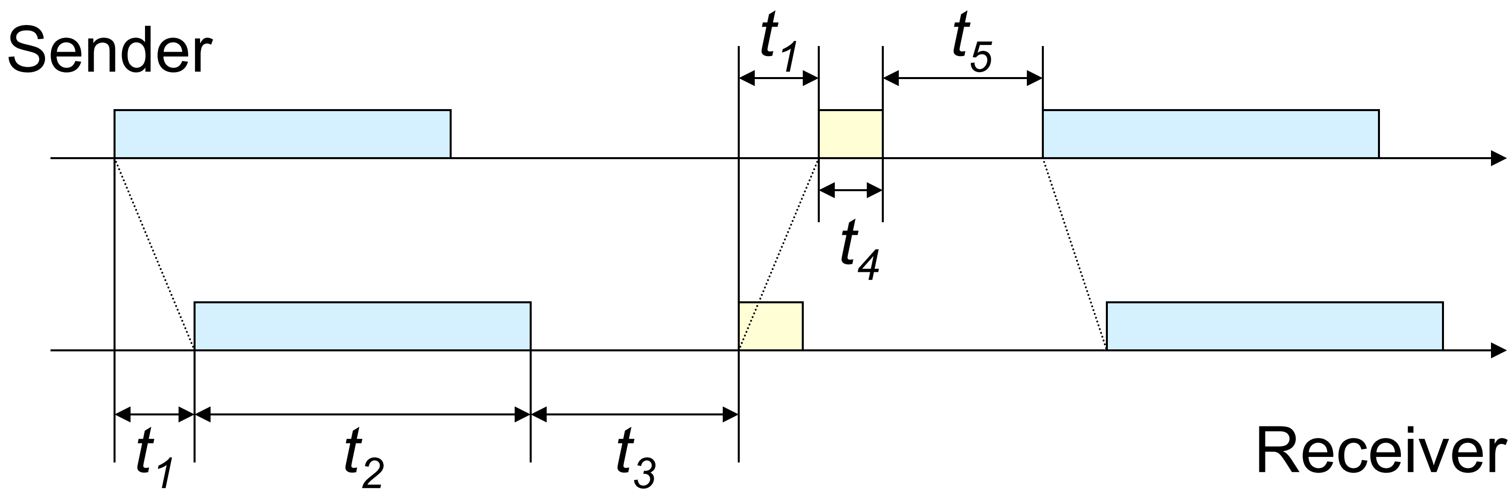
制限しない(Unrestricted)場合

- 送信側は送信する
- 受信側は受信するのを待つ
- 問題:受信側のバッファが溢れる可能性





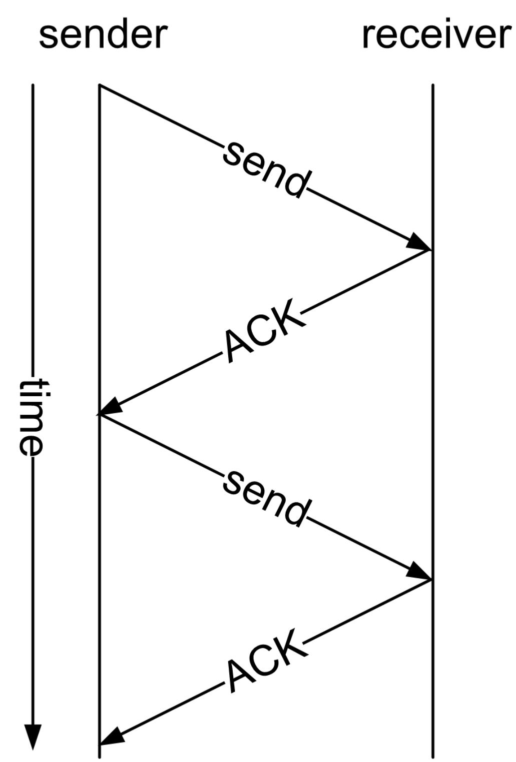
Stop-and-wait ARQ (1)



t_1: Round Trip Time
t_2: Frame Transmission Time
t_3: Frame Processing Time
t_4: ACK Transmission Time
t_5: ACK Processing Time

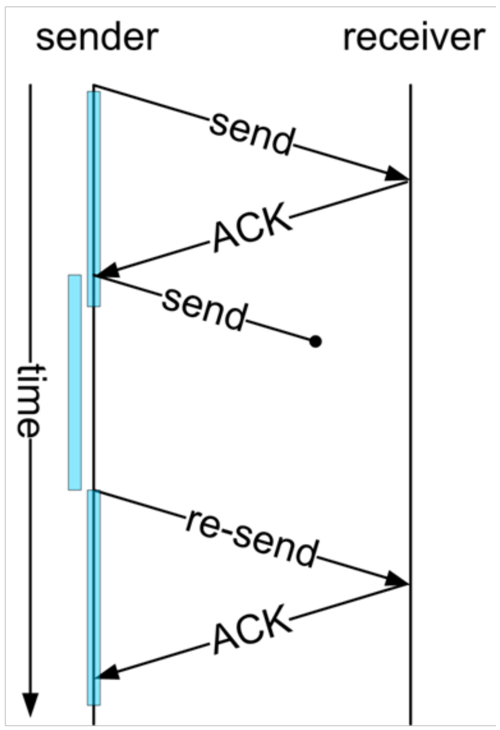
Stop-and-wait ARQ (2)

- 手法
  - 1フレーム送信毎にACKフレームを待つ
  - 送信側タイマは$2t_1+t_2+t_3+t_4$以上に設定
  - 送信側タイマがタイムアウトするとフレームを再送
- 特徴
  - 単純
  - バッファは送信/受信側それぞれで1フレーム分でよい
  - 回線使用効率は非常に悪い

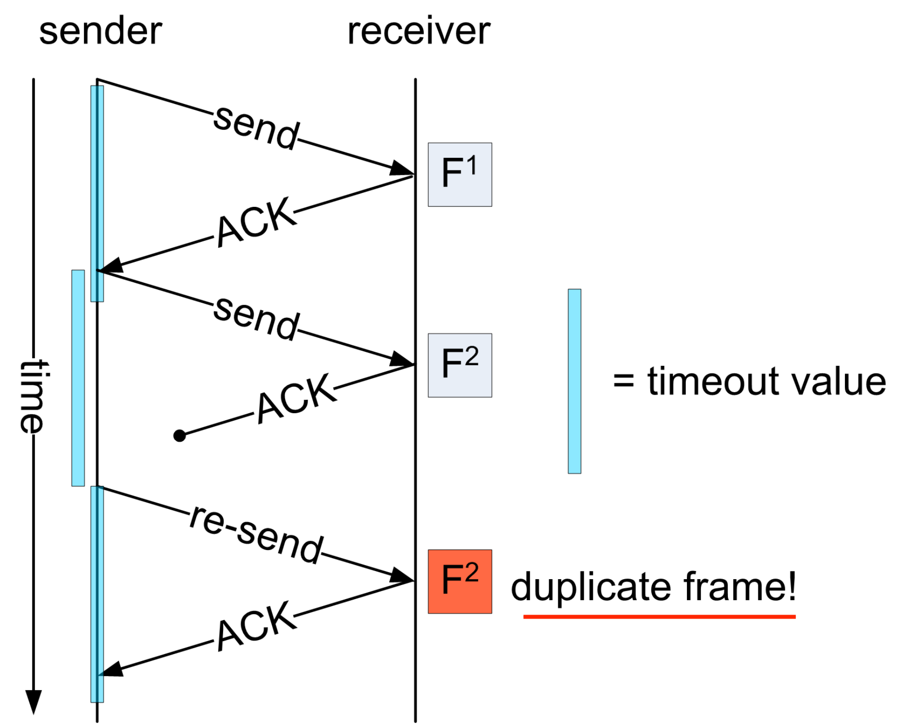


Stop-and-wait ARQ (3)

- Timeout

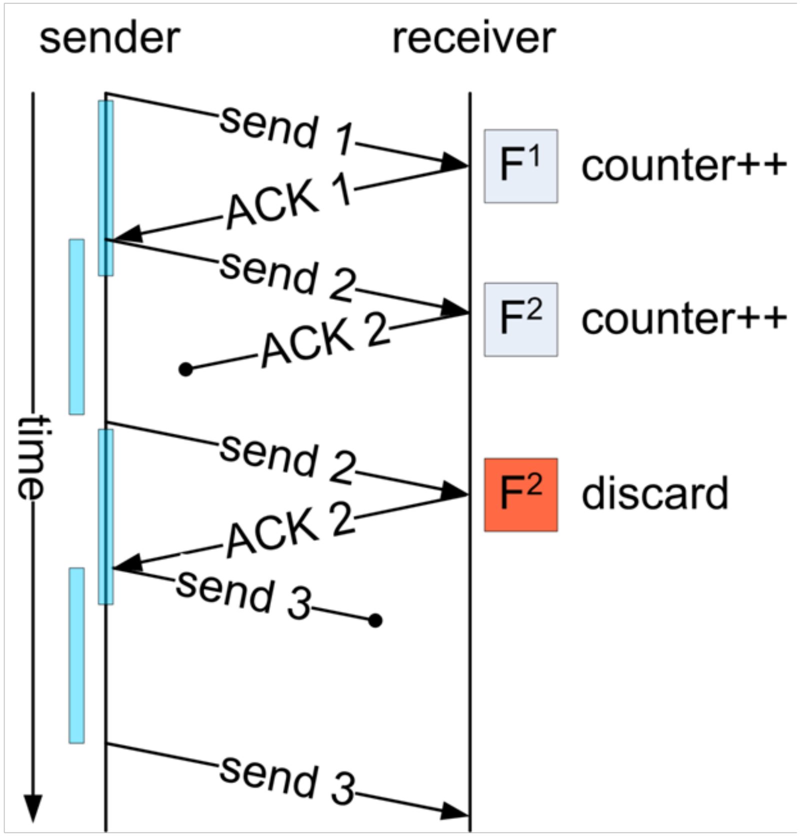


- Lost ACK



Automatic Repeat Request (ARQ)

- フレーム識別のためのシーケンス番号を使用
- 送信者がSEQ *n* を送信
  - タイマを始動
  - ACK を受信した時は*n* = *n+1*, タイムアウト時は, *n*を再送信
- 受信者は *n* を受信
  - 受信したものが *n*なら, ACK for *n* を送信
  - 受信したものが *n+1*ならば ACK for *n* が消失している
    - ACK for *n*を再送
    - *n+1*を待つ

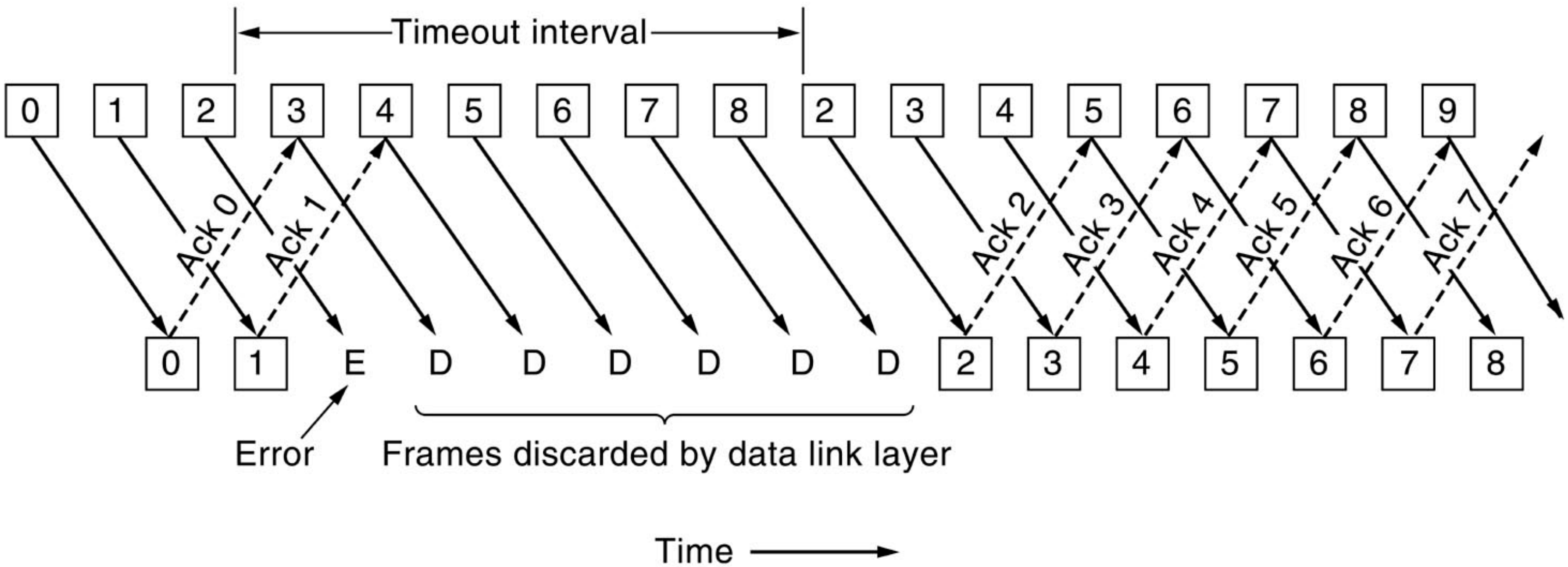


Go-back-N ARQ (1)

- Stop-and-Wait Protocolを改良
  - 送信者はタイムアウトかACKを受け取るまで待機するため、ARQの性能が悪い
- ARQ プロトコルのチャネル占有率を向上するにはどうしたら良いか
- フレームを連続して送信
  - 送信 *i* が成功すると仮定
  - 最大*n*個までの送信 *i*+1,2,3… を実行
  - 一個以上の誤りがあった場合に*n*個前までの送信まで戻る準備
  - フレーム受信に成功するまではACKを返さない

Go-back-N ARQ (2)

- フレーム誤りとACK誤りはタイムアウトによって検知
- e.g. ウィンドウサイズ 7



Go-back-N ARQ (3)

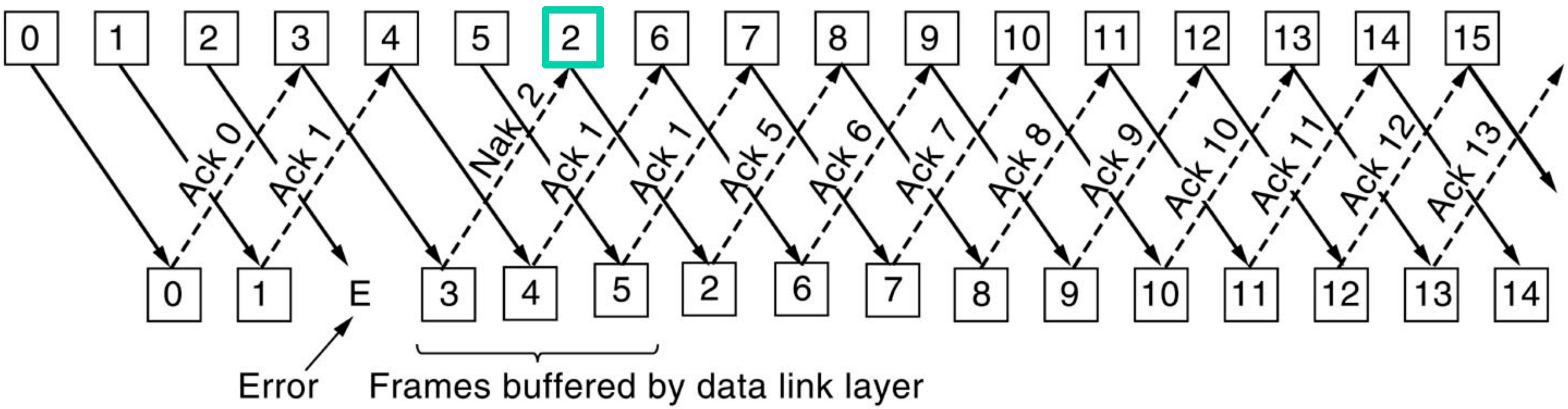
- 特徴
  - 誤りが発生すると正しく送られたフレームまでもが破棄され、無駄が大きい
    - 特に再送タイマを大きく設定する場合に不利
  - 送信側で再送のためのバッファが必要
    - ACKを受け取ってないフレームについては再送のためにバッファリングしておく必要あり
    - Go-back-Nの”N”はACKを待たずに送ることができるフレーム数(on-the-fly frame数)
    - バッファは再送タイマの値に依存

Selective-Repeat ARQ (1)

- Go-back-Nプロトコルを改良
  - Go-back-N は再送時のオーバヘッドが非常に大きい
- 特徴
  - 伝送効率がGo-back-Nより良い
    - 正しく受信されているフレームを無駄に破棄しない
  - 処理が複雑
    - 受信側でバッファが必要
    - 順番制御(フレームシーケンス制御)が必要

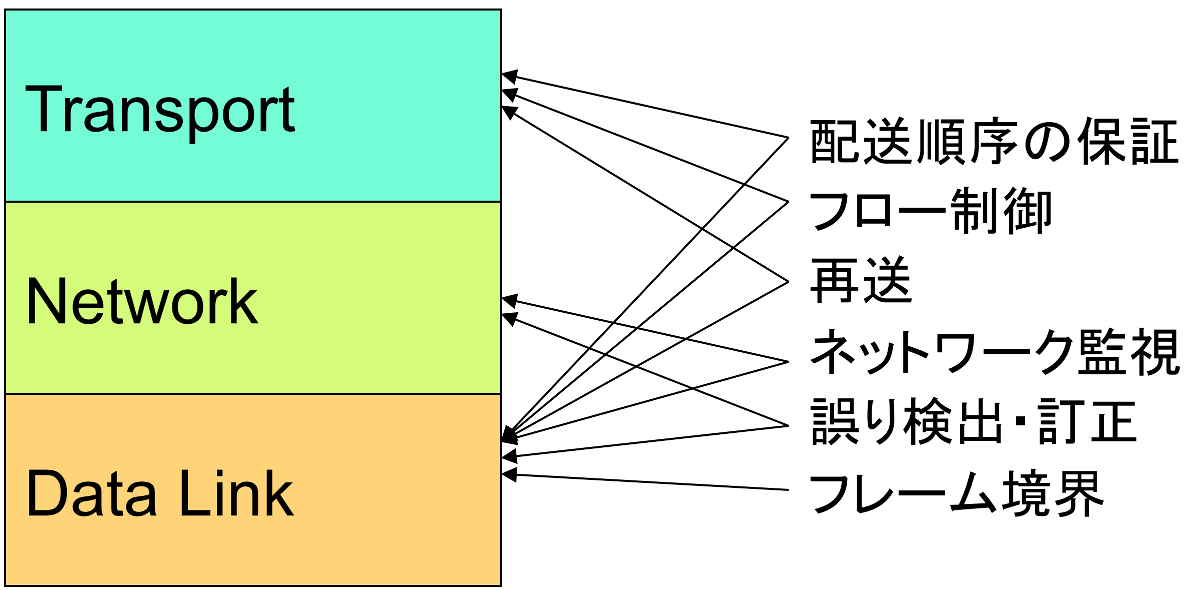
Selective-Repeat ARQ (2)

- フレームのスキップを検知した場合、Negative ACK (NAK)を送信
- フレーム*n*のACKはそれ以前のフレームを受信成功していることを知らせる



機能分担

- 機能分担(Role allocation) :システムデザインに依存
- 方法は複数存在する



HDLC & PPP

High-Level Data Link Control (HDLC)

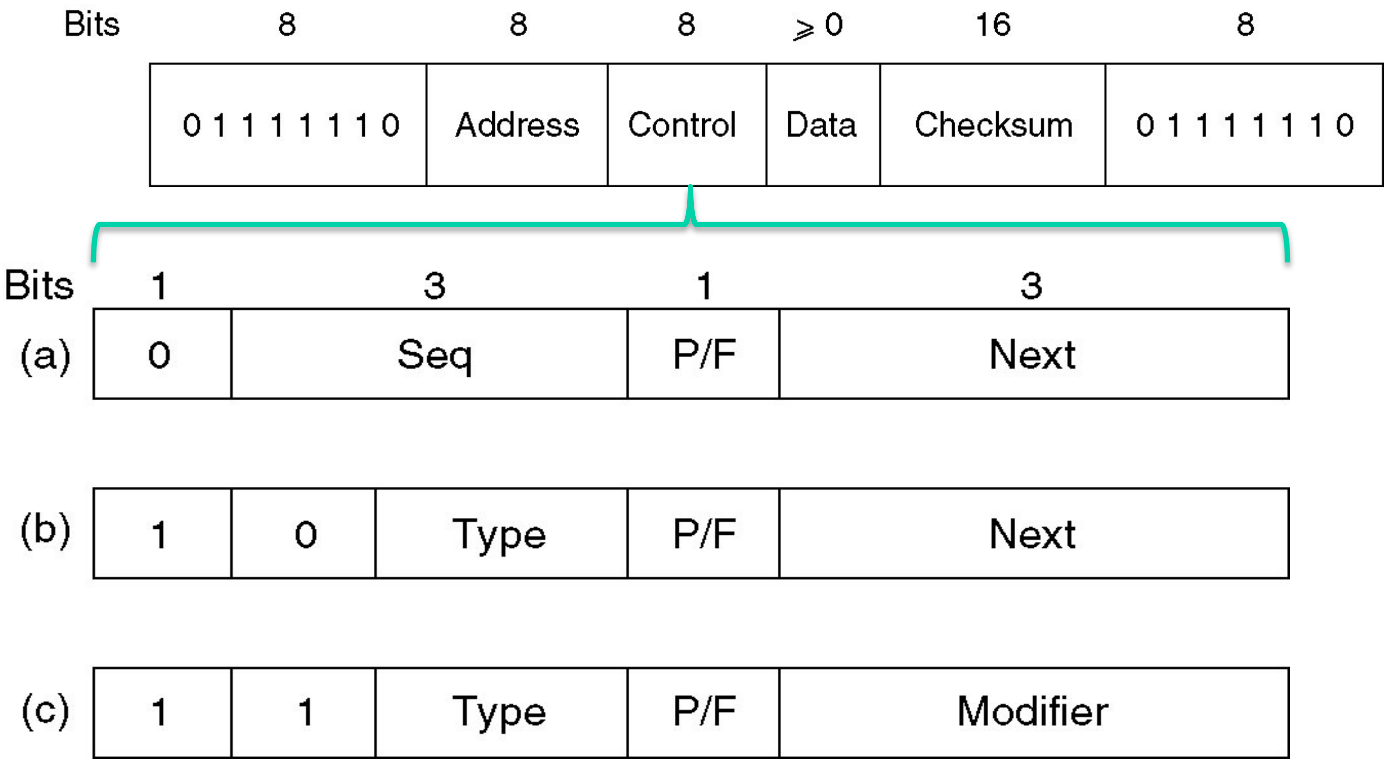
- ISOが設計した、1ビット単位での同期を行うデータリンク層プロトコル
- コネクションオリエンテッド、コネクションレス双方を提供
- 古いプロトコルではあるが、現在も広く利用されている
  – ISDNのような公共データ通信ネットワークで利用されている
  – オンライン銀行決済システムなども使用

HDLC Frame (1)

Bits	8	8	8	≥ 0	16	8
	0 1 1 1 1 1 1 0	Address	Control	Data	Checksum	0 1 1 1 1 1 1 0

- Address: 通信の中継先（端末）を識別する領域
- Control: 通信制御に関する情報
- Data: データ領域
- Checksum: CRC-CCITT

HDLC Frame (2) – Control Field



Control field of:
(a) an information frame
(b) a supervisory frame
(c) an unnumbered frame

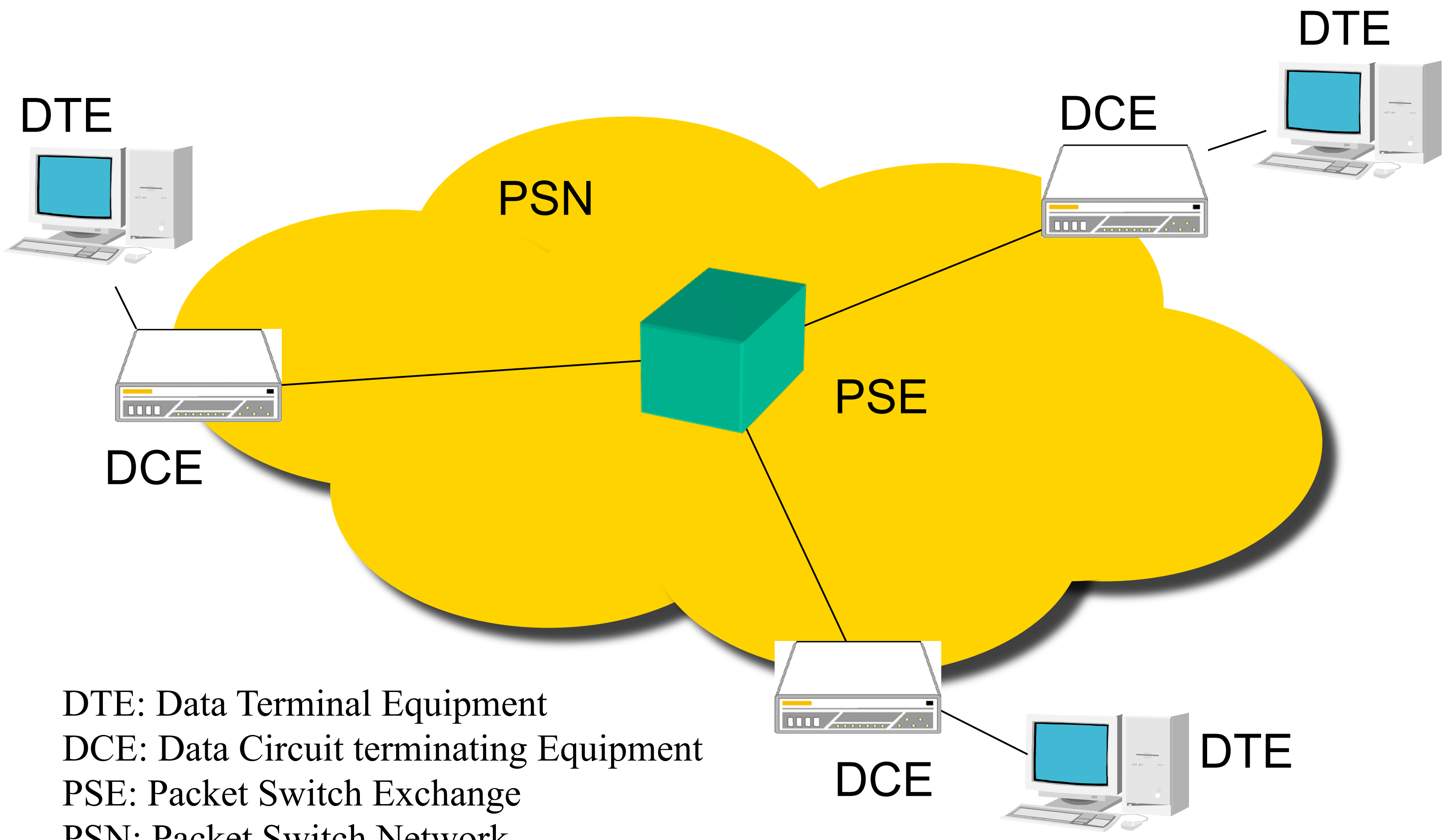
HDLC Frame (3) – Control Field

- 3種類の主なフレームを定義:
  - Information frame (*I-frame)*
    - ユーザが転送したデータを運ぶ
    - フロー制御、エラー制御情報も含まれている
  - Supervisory frame (*S-frame*)
    - ARQ機能を提供
  - Unnumbered frame (*U-frame*)
    - 補助リンク制御機能の提供　e.g. リンク消失

X.25

- WAN: Wide Area Network
  - LAN (Local Area Network)とWANを接続する際に使用する技術
  - 電話技師による通信ネットワーク
    - 現在は殆ど使われていない
    - e.g., ISDN
- 国際標準として推奨されていた
  - CCITT standard → ITU-T standard
- Layer 1 – Layer 3 of the OSI reference model
  - Network layer：PLP
  - Data link layer：HDLC (ITU-T), LAPB (CCITT)
  - Physical layer：X.21 bis

X.25 Network Model



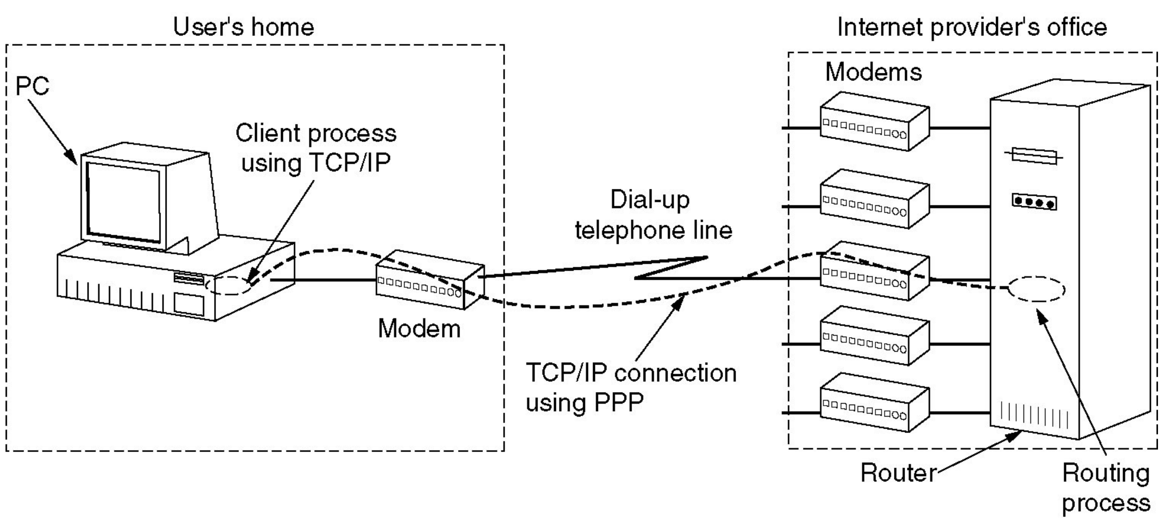
DTE: Data Terminal Equipment
DCE: Data Circuit terminating Equipment
PSE: Packet Switch Exchange
PSN: Packet Switch Network

Point-to-Point Protocol (PPP)

- PPP 設計 (RFC 1557)
  - パケットのフレーム化: ネットワーク層のデータグラムをデータリンクフレームへとカプセル化する
    - 同時にネットワーク層のデータも運ぶ
    - 上位レイヤへのdemultiplexing機能
  - Bit transparency: データ領域内に複数のビットパターンを配置
  - エラー検出 (訂正は行わない)
  - 通信の生存確認: ネットワーク層でリンクエラーを発見する
  - ネットワーク層アドレス交渉: 各エンドポイントは他のネットワークアドレスを確認/設定できる
- エラー回復、フロー制御、データ再要求は上位レイヤに任せている
- PPP over SONET/SDH
  - 大規模/長距離2点間接続

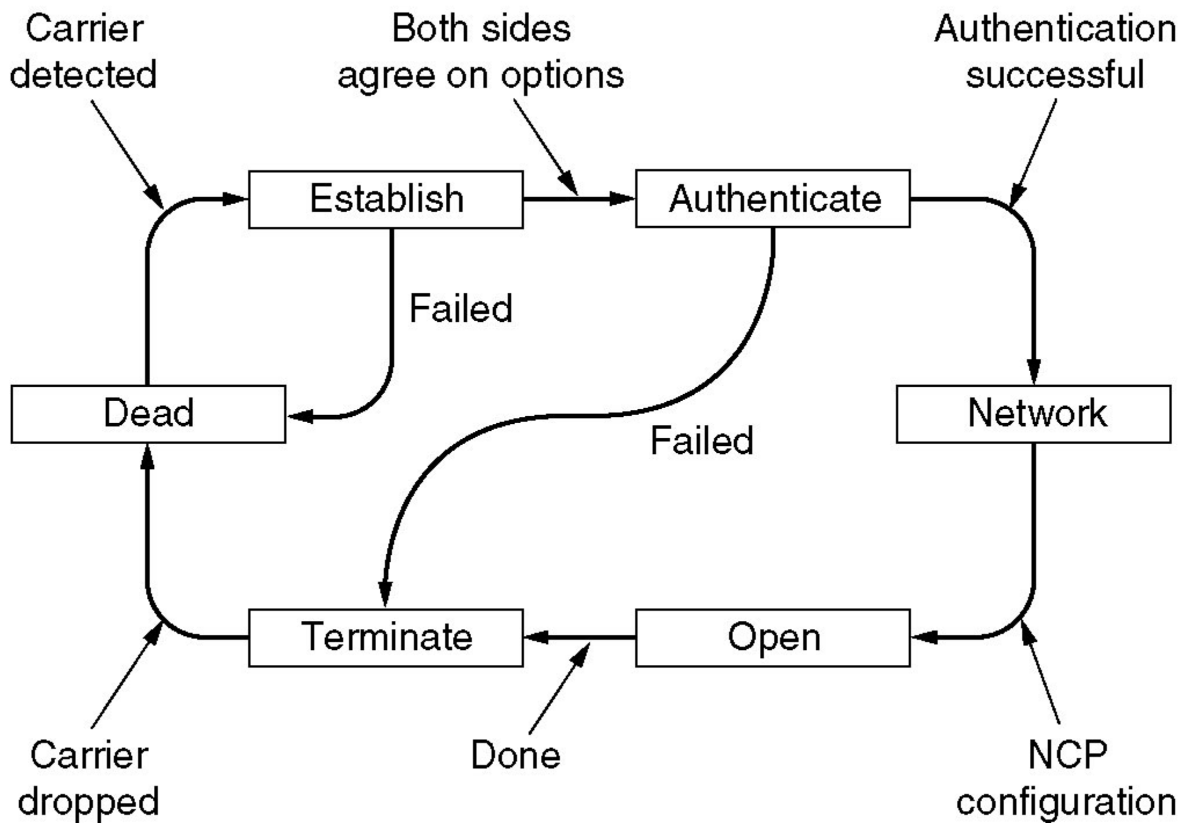
PPP Data Control Protocol

- ネットワーク層のデータを交換する前に、データリンク層が行う
  - PPP リンクの設定 (max. frame length, authentication)
  - ネットワーク層の情報を確認、設定
  - For IP: IPアドレスを設定するための IP Control Protocol (IPCP) メッセージ を送信



PPP Phase Diagram

- A 回線接続/切断のための単純なフェーズダイヤグラム

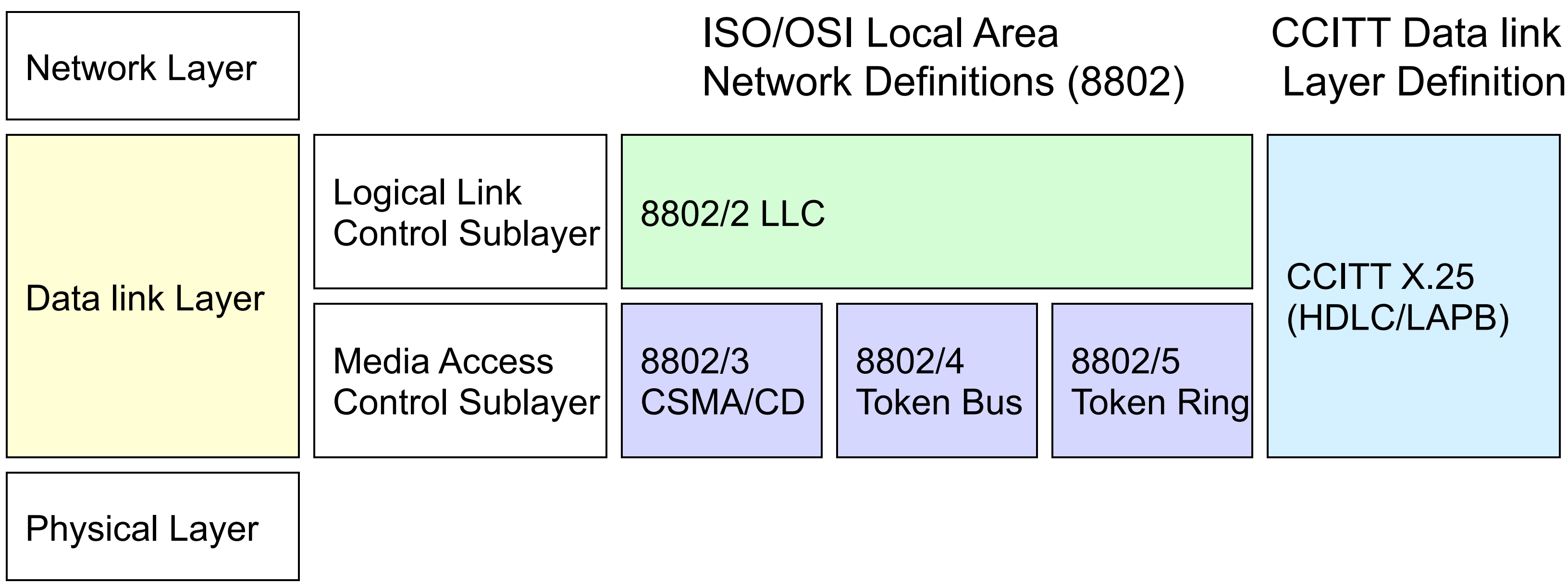


Sublayers of the Data Link

単一構造からサブレイヤ構造へ

- 1960年代の一対一接続(point-to-point connection)型のデータリンクの利用技術から、データリンクの基礎的な概念が形成された
- 1970年代後半からのLAN(Local Area Network)の標準化がサブレイヤ構造へ移行した
  - ISO/OSI 8802、IEEE802グループのアーキテクチャ
  - 共通のIEEE802.2 (ISO8802/2) として構成された Logical Link Control (LLC)
  - 各伝送メディアに特化されたIEEE802.x

Sublayers of the Data Link Layer



Logical Link Control (LLC) (1)

- Unacknowledged Connectionless Service (LLC type1)
  - 送信者が受信者と同期することなくフレームを送信
  - 誤りが発生しても特別な処理をしない
    - 上位層が誤り制御を実施
  - 高速、エラーの少ないリンク向けの制御方式
  - LAN, real-time traffic (voice/speech)

- Acknowledged Connection-oriented Service (LLC type2)
  - データ送信前にコネクションを設定
    - 送信側と受信側が同期した処理が可能
  - 信頼性 (誤り、順番)を保証
  - 処理は一般に複雑
  - 低速、エラーの多いリンクに有効

Logical Link Control (LLC) (2)

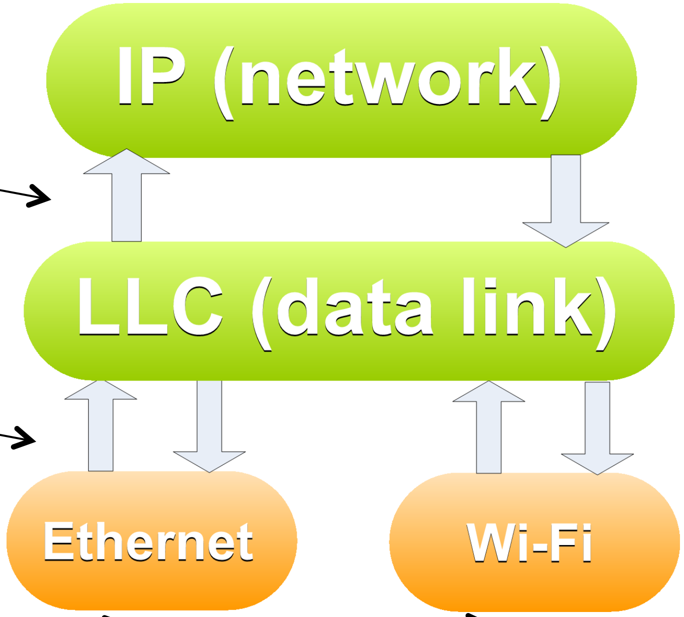
- Acknowledged connectionless Service (LLC type3)
  - 受信者は各フレーム毎に受信確認(acknowledge)
  - 誤り制御をデータリンク層で実施
  - 信頼性を向上
- Unacknowledged Connection-oriented Service
  - 信頼性(誤り、順番)を保証しない
  - 高速でエラーの少ないリンク向けの制御方式

Media Access Control (MAC) (1)

データリンク層はネットワーク層に向けて
パケット送受信機能を提供

物理層はデータリンク層へ向けた
バイナリ送受信機能を提供

複数のノードがメディア媒体へアクセス
する際、メディア媒体はそれぞれ異な
る制約を持つ

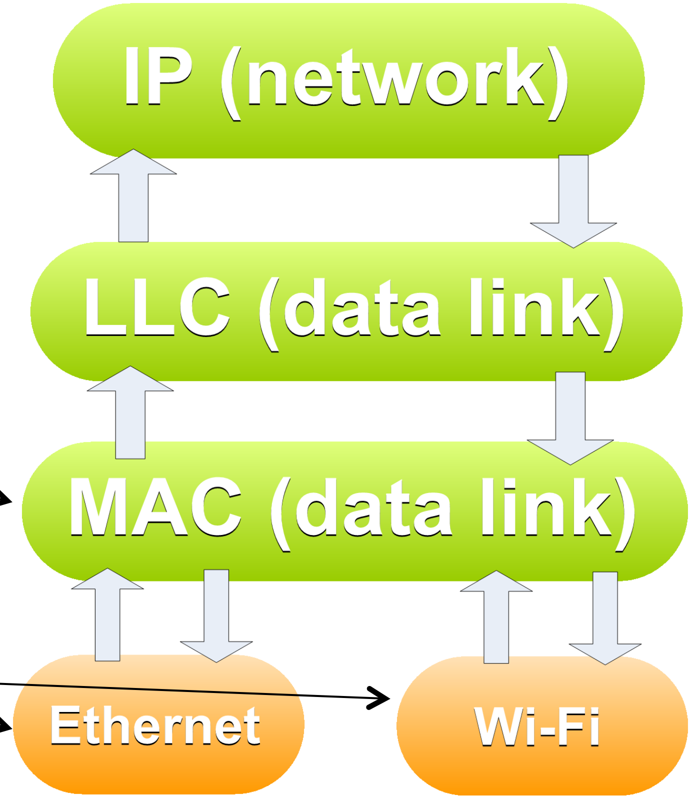


メディア媒体は長時間確保しておきたい

Media Access Control (MAC) (2)

MAC層はデータリンク層に向けて
媒体へのアクセス機能を提供

異なる伝送媒体にはそれぞれ
別々のプロトコルが必要



次回：チャネル割り当て(multiplexing)