

第5回 データリンク層

通信シーケンスとプロトコル規定

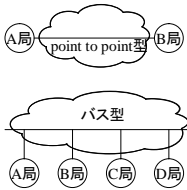
重要:プロトコルの階層と機能・特徴

階層名	機能(項目/特徴)	標準化対象	プロトコル名(注)
7 アプリケーション層	アプリケーションプロセスに通信機能を提供	メール、ファイル転送などアプリケーション毎の規則・手順	HTTP、FTP、SMTP、POP
6 プレゼンテーション層	情報表現形式を統一(コードフォーマット変換、圧縮、暗号化)	抽象構文記法、符号化規則、データ圧縮手順	JPEG、MPEG、MIME、ASCII、Unicode
5 セッション層	プロセス間の会話制御(セッションの開始～終了を管理)	セッションの設定・解放、会話手順、処理の同期	RPC、SIP
4 トランスポート層	エンドプロセス間のデータ交換(多重化、コネクション、フロー制御)	プロセスの識別、送達確認、再送手順	TCP、UDP
3 ネットワーク層	エンドノード間のパケット転送(ルーティング、中継)	論理アドレス、パケットの分割・結合、転送手順	X.25、IP
2 データリンク層	隣接ノード間フレーム伝送(ブロック同期、誤り検出、フロー制御)	物理アドレス、アクセス手順、伝送制御手順	ペーシック手順、HDLC手順、イーサネット
1 物理層	ビットの伝送(システム間を接続、情報と信号の変換)	電気・物理条件・電圧・コネクタ形状・ビット同期等	RS232C

注:セッション層～アプリケーション層は、関連するTCP/IPのアプリケーションプロトコルおよび符号化規則を記している。
イーサネットは、物理層とデータリンク層の両方の機能を持つ。
PDUの名称:データリンク層:フレーム、ネットワーク層:パケット、トランスポート層(TCP):セグメント

第2層(レイヤ2) データリンク層

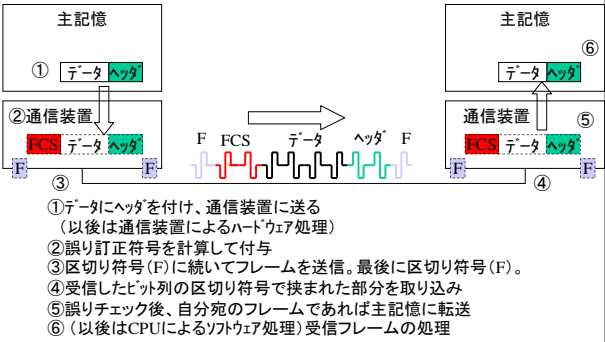
ネットワークの例



- 同じネットワーク(注1)内(隣接ノード間)でフレームを伝送
- ・ブロック同期:フレーム(データブロック)の境界を認識
 - ・誤りの検出:パリティ、CRC(注2)を使用し、ビット誤りを検出
 - ・フロー制御(注3):フレーム転送数の制御、送達確認
 - ・アクセス手順:データリンクの確立・解放、信号の衝突検出等
 - ・物理アドレス:各装置固有のアドレス(MACアドレス)
- 注1:一つのリンク(ネットワーク媒体)と、それに接続されたノード
インターネットでは、このリンクとノードにより構成される論理的なグループをネットワークという(サブネットという場合もある)。
注2: Cyclic Redundancy Code
注3:性能が違うコンピュータ同士が安定して通信する機構
イーサネット以降、新しいプロトコルでは、データリンク層のフロー制御は行わない(トランスポート層やアプリケーションで実施)

重要プロトコル
ペーシック手順、HDLC手順
イーサネット(CSMA/CD)

フレームの送信と受信



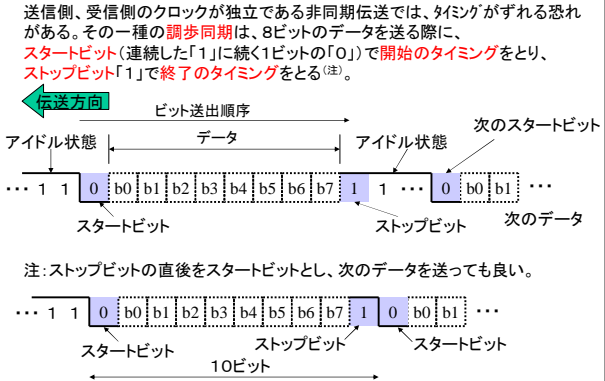
伝送制御手順

- データリンク上(隣接ノード間)でデータをやり取りするためのルール
 - 同期方式:送信元と受信先との間で、情報の区切りを合わせる
 - 誤り制御:受信データの誤り検出、再送などによる誤り訂正
 - 送達確認:データが届いたことを送信ノードに伝える

伝送制御手順	同期方式(注)	誤り制御	送達確認
無手順	調歩同期 スタート・ストップビット	パリティ・検出のみ	なし
ペーシック手順	キャラクタ同期 SYN、ETB、ETX	パリティ (水平・垂直)・再送	あり
HDLC手順	フラグ同期 01111110	CRC・再送	あり(一括応答)

注:無手順、ペーシック手順は、文字データのみを扱うため、**バイト(8ビット)単位**の伝送しかできない。また、任意のビットパターンの伝送もできない(パリティビットの制約)。HDLC手順は、**任意のビット数・ビットパターン**が伝送できる。このため、フレームの同期は、**Fハトン**と呼ばれるビット列(01111110)で行う、

非同期伝送(調歩同期)



前回のスライド

調歩同期におけるパリティ

伝送方向

ビット送出順序

アイドル状態

データ

アイドル状態

次のスタートビット

スタートビット

パリティビット

ストップビット

… 1 1 0 b0 b1 b2 b3 b4 b5 b6 b7 1 … 0 b0 b1 …

調歩同期は、文字データ(7ビットからなる文字コード)の伝送に用いる。
伝送誤りの検出のために、文字データの後に、1ビットの**パリティビット**を追加する。
奇数パリティ: b0~b6と**b7**で「1」の数が奇数となるように、**b7**の「0」、「1」を設定
偶数パリティ: b0~b6と**b7**で「1」の数が偶数となるように、**b7**の「0」、「1」を設定
送信側と受信側で、奇数パリティ/偶数パリティのどちらを使うかを決める。
(受信した「1」の偶数/奇数が合わなければ伝送誤りである)
以上により、**7ビットの文字を送るために、10ビットが必要**となる。

データ(ビット列)の例
「K」=4B=1001011を低位ビットから高位ビットの順に偶数パリティで送出する場合

0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 b0 b1

前回のスライド

ASCII文字コード

下位4ビットの値

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	SP	!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

上位3ビットの値

MSB

LSB

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0

パリティビット

上位

下位

MSB: Most Significant Bit (最上位ビット)
LSB: Least Significant Bit (最下位ビット)

無手順

調歩同期は、伝送制御手順としては無手順と呼ばれる
1文字(7ビット)の情報を10ビットでブロック化して伝送する伝送制御手順

- スタートビット: データの開始
- ストップビット: データの終了
- パリティビット: 偶数パリティと奇数パリティの2種類があり予め取り決めておく

受信した「1」が奇数/偶数の場合、伝送誤り: **1ビット誤りは検出可、2ビットは不可**

伝送方向

ビット送出順序

アイドル状態

文字データ

アイドル状態

次のスタートビット

スタートビット

パリティビット

ストップビット

例

「K」(文字コード 4B(1001011))を低位ビット(b0)から偶数パリティで送信する場合

0 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 b1 b2

高位

低位

パリティビット(b0~b6間の1が4個なので「0」)

ベーシック手順

キャラクタ同期: 2個の「SYN」という文字でブロックの開始を識別
制御用文字: ヘディング(ヘッダ文字列)・データの識別、肯定応答、否定応答など
BCC(Block Check Character): 誤り検出用の水平方向のパリティビット列

データ無し

ヘディング

データ(テキスト)

データ無し

長いデータを分割して伝送する場合

ブロック①

ブロック②

ブロック③

ヘディング

データ1

データ2

データ3

テキストデータは伝送できない
制御用文字(文字コードは前スライドを参照)
SYN: Synchronous SOH: Start of Heading STX: Start of Text
ETB: End of Text Block ETX: End of text ENQ: Enquiry
DLE: Data link escape EOT: End of transmission
ACK: Acknowledge (肯定応答) NAK: Negative acknowledge (否定応答)

垂直パリティ・水平パリティ(ベーシック手順)

パリティビット

偶数パリティの例

垂直パリティ

文字1

文字2

文字3

文字4

BCC

b7

b6

b5

b4

b3

b2

b1

b0

水平パリティ

垂直パリティ

1文字分のデータ(b0~b6: 7ビット)に対し、1ビットのパリティビット(p)を付加する。
水平パリティ
複数ビット(注)の誤りも検出できるように、水平パリティを付ける。
ルール横通しで、同じビット番号の各ビットを見てパリティを付加する。

注: 垂直パリティだけだと、1ビット誤りは検出できるが、2ビット誤りは検出できない

参考: ベーシック手順の通信例

IBMが開発したBSC手順がベース
日本では1975年にJIS C-6362として規定
ブロック同期方式(キャラクタ同期)

ENQ

データフレーム ①

SOH, STX, ETX

データフレーム ③

EOT

データフレーム ⑤

データフレーム ②

ACK

データフレーム ④

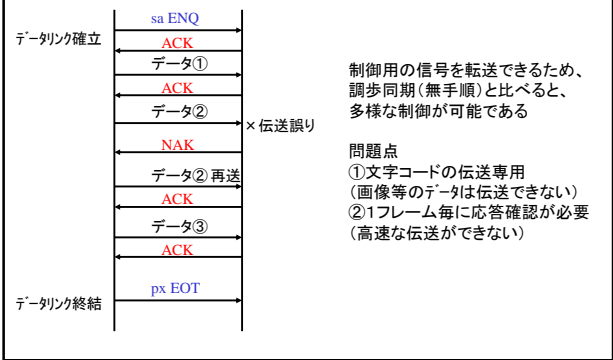
ACK

sa: セレクティングアドレス
px: プレフィックス

ENQ: 状態問合せ
NAK: 否定応答

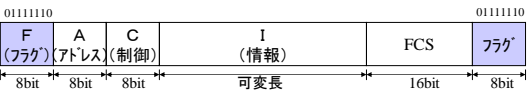
ACK: 肯定応答
EOT: 伝送終了

ベース手順の特徴と通信シーケンス例



HDLC手順

フラグ同期: フラグと呼ばれる01111110というビットパターンに挟まれた部分をフレームとして認識(データが無い場合は、フラグを連続させる)

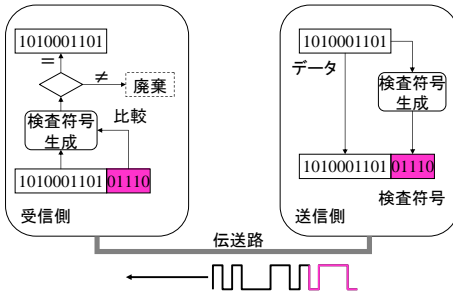


送信時: 元のデータ中の5個連続した「1」の後に「0」を1個挿入
受信時: 受信フレーム中の5個連続した「1」の後の「0」を1個削除
この処理を「0挿入・除去」と言い、ビット透過性(注)の確保を目的としている
注: 「01111110」がフレーム中に現れないようにし、任意のビット列を透過的に伝送
送信時: 11111111111111110 → 11111011111011111100
受信時: 1111101111101111100 → 1111111111111111110

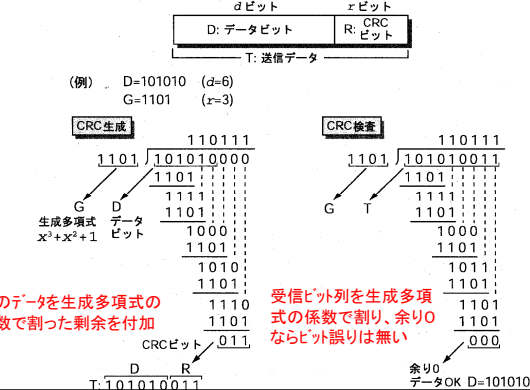
ヘッダ: A: アドレスフィールド(8ビット): 宛先ノードまたは送信元ノードのアドレスを設定
コマンドフレームには、相手アドレス、レスポンスフレームには、自アドレスを設定
C: 制御フィールド(8ビット): フレーム種別や順序番号などの制御情報を設定
データ: I: 情報フィールド(最大長以下の任意のビット数)
トレーラ: FCS: フレームチェックシーケンス(16ビット): CRC方式の誤り検査符号を設定

CRC方式による誤り検出

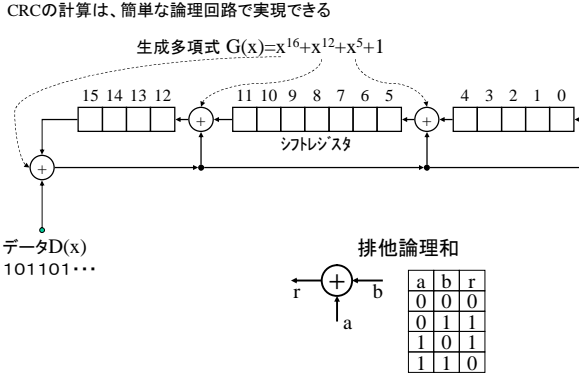
CRC(Cyclic Redundancy Check: 巡回冗長検査)
元のデータから生成した検査符号と受信データから生成した検査符号を比較
同一であれば、正常。異なっていればビット誤りなので、データを廃棄する



CRC方式



参考: CRC-16回路



フロー制御と誤り制御

- フロー制御
 - 処理能力、受信バッファ量の制限などにより、受信局でバッファがオーバーフローしないように、流量(フロー)を調整する。応答の返送を一時停止する(遅らせる)ことにより、送信データ量を制限する。
- 誤り制御
 - 受信局: 伝送誤り(注)を検出(パリティチェックやCRCチェックで識別)すると、受信データを廃棄する。
 - 注: 伝送路上の雑音により、「0」、「1」が判定できない場合や誤って認識される場合
 - 送信局: 受信局より応答が返送されないため、応答待ちタイムがタイムアウトする。それを契機にデータを再送する。
 - フロー制御の仕組みを使って、誤り回復の再送を実現

