

情報ネットワーク

伊藤 嘉浩

講義内容

- ▶ 1) 序論
- ▶ 2) 3) ネットワークアーキテクチャ
- ▶ 4) 5) 伝送路と物理層
- ▶ 6) 誤り制御方式
- ▶ 7) MACプロトコル
- ▶ 8) 中間試験
- ▶ 9) データリンク層プロトコル
- ▶ 10) 11) データ交換とネットワーク層
- ▶ 12) 13) 14) 15) TCP/IP
- ▶ 16) 期末試験

9) データリンク層 プロトコル



データリンク層プロトコル

役割：隣接局間で
フレーム（データリンク層PDU）
の伝送サービスを提供

- ▶ データリンク層プロトコルの例
 - ▶ 基本形データ伝送制御手順
 - ▶ **ハイレベルデータリンク制御手順(HDLC)**
 - ▶ 論理リンク制御プロトコル(LLC)

データリンク層プロトコル

データリンク層を扱う前に．．． 歴史的な背景

基本形データ伝送制御手順（階層モデル以前のもの）

基本形データ伝送制御手順

ネットワークアーキテクチャの概念**以前の技術**

国際規格： ISO IS1745

日本規格： JIS X5002

米国規格： ANSI 伝送制御手順

概要

- ▶ 制御局と従属局が存在
- ▶ コネクション型
- ▶ ストップ・アンド・ウェイトARQ
- ▶ 片方向(主局から従局へ) または半二重が基本
- ▶ メッセージをブロックに分割して送信

基本形データ伝送制御手順 の特徴

- ▶ 階層化の考え方が用いられていない
 - ▶ データも制御もまとめて扱う！！
- ▶ 情報交換用符号
(7ビット情報 + 1パリティビット) を使用
 - ▶ ISO勧告R646(1967年)
 - ▶ ITU-T勧告V.3(1968年)
 - ▶ 日本：情報交換用7単位符号 (JIS X0201)
 - ▶ 米国：**ASCII**(American Standard Code for Information Interchange)

ASCII符号

上位3ビット	下位4ビット																
		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

ASCII符号の種類

▶ 機能符号

- ▶ 伝送制御(Transmission Control) :
第2層プロトコルを実行
- ▶ 書式制御(Format Effector) : 主に第6, 7層
- ▶ 装置制御(Device Control) : 主に第6, 7層
- ▶ 情報分離(Information Separator) : 主に第6層

▶ 記号 : 第6層

▶ 数字 : 第6層

▶ 文字 : 第6層

ASCIIの伝送制御符号

伝送制御キャラクタ (略語)	機 能
TC 1 (SOH)	情報メッセージのヘッディングの開始を示す
TC 2 (STX)	テキストに先行し、ヘッディングを終結する
TC 3 (ETX)	テキストを終結する
TC 4 (EOT)	相手に対し伝送の終了を示す
TC 5 (ENQ)	遠隔局からの応答を要求する
TC 6 (ACK)	肯定的応答とし、受信側から送信側へ送る
TC 7 (DLE)	あとに続くキャラクタによって伝送制御機能が与えられる
TC 8 (NAK)	否定的応答とし、受信側から送信側へ送る
TC 9 (SYN)	同期をとり、それを維持する
TC 10 (ETB)	伝送ブロックの終りを示す

基本形データ伝送制御手順 の伝送フェーズ

- 【フェーズ1】 回線の接続（ネットワーク側）
- 【フェーズ2】 データリンクの確立
- 【フェーズ3】 情報の転送
- 【フェーズ4】 データリンクの終結
- 【フェーズ5】 回線の切断（ネットワーク側）

※フェーズ1と5は
ISOの伝送制御手順には含まれない

基本形データ伝送制御手順におけるフレームの種類

▶ 情報メッセージフレーム

- ▶ ASCII符号の SYN, SOH, STX, ETB, ETXを使用

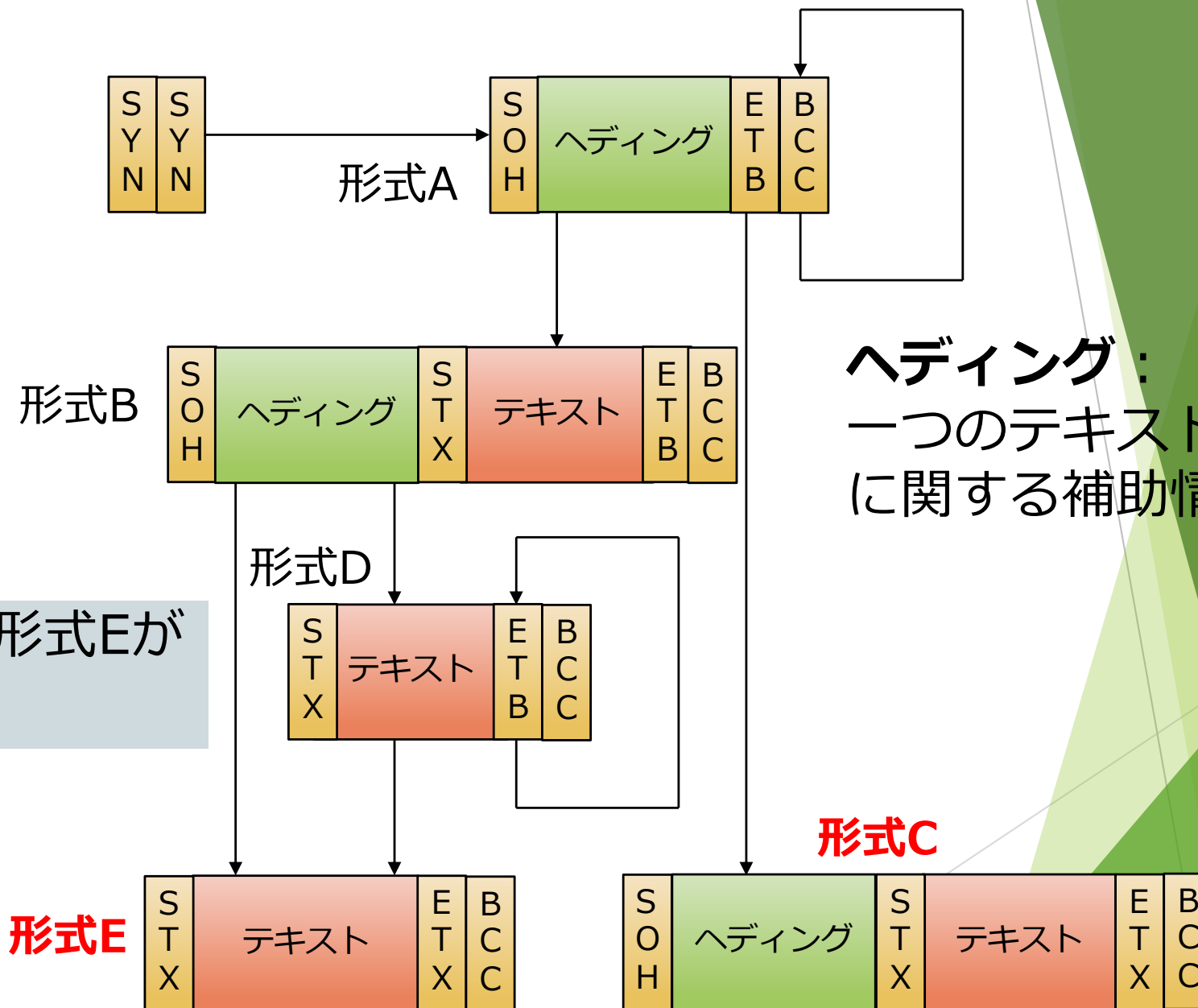
▶ 順方向監視フレーム

- ▶ 制御局から従属局の方向（データリンク確立前）
- ▶ 主局から従局の方向（データリンク確立後）
- ▶ ASCII符号の SYN, ENQ, EOTを使用

▶ 逆方向監視フレーム

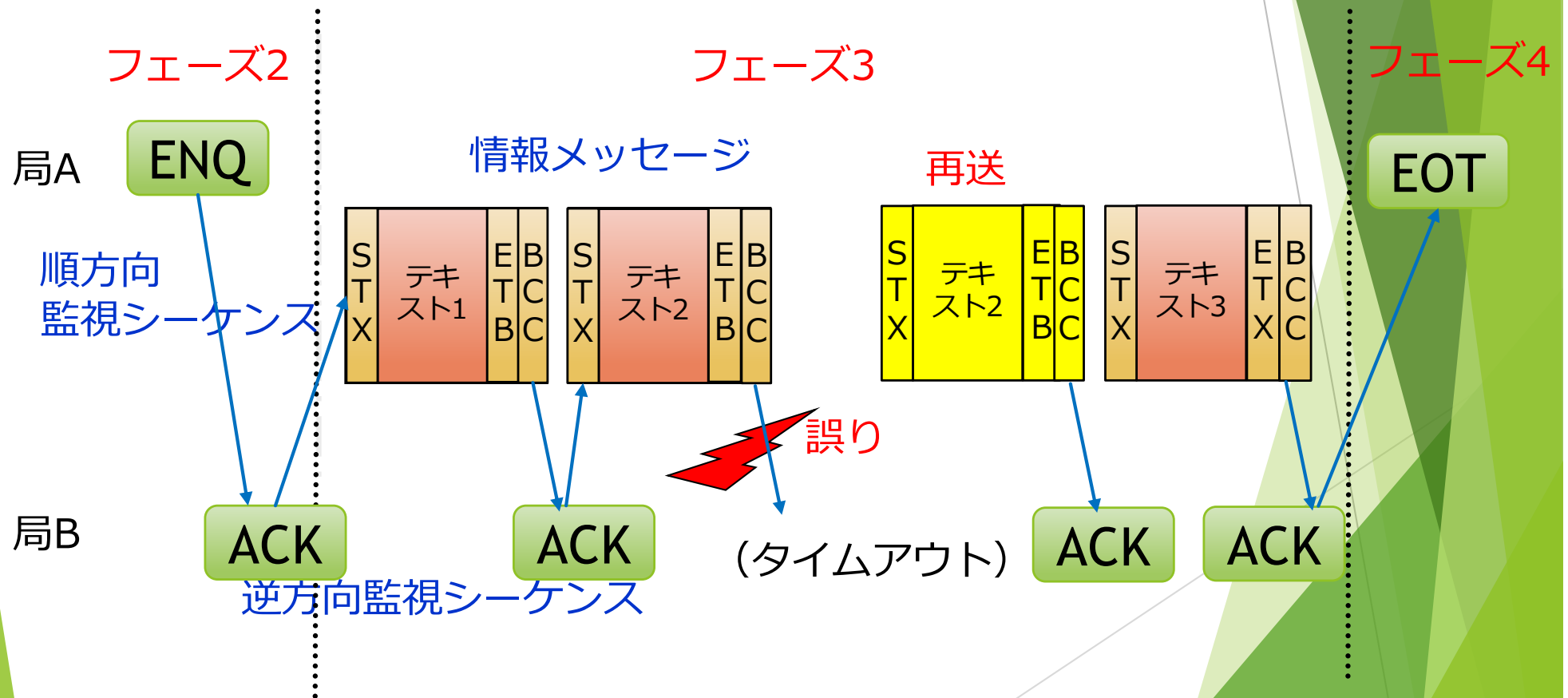
- ▶ 順方向と逆の方向
- ▶ SYN, ACK, NAK, EOTを使用

情報メッセージフレームの構成



基本形データ伝送制御手順におけるデータ伝送の例

1つのメッセージを3ブロックに分割して送信
ブロック2に誤りが発生。



ストップアンドウェイトARQ！

基本形データ伝送制御手順の (たくさんの) 問題点

- ▶ 片方向伝送が基本であるため、伝送方向が反転する度にフェーズ2と4を繰り返す必要があり面倒

解決策

全二重通信を可能にする

- ▶ ストップ・アンド・ウェイトARQなので伝送効率が低い

解決策

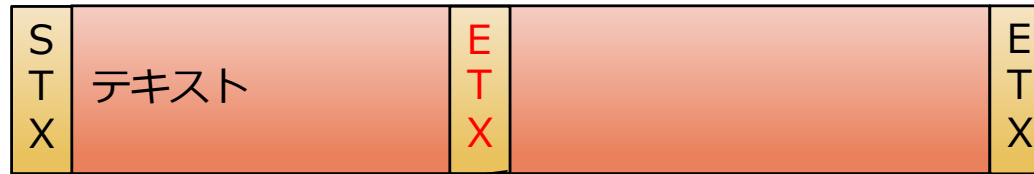
連続ARQを用いる

- ▶ 情報交換用符号を用いているため
伝送情報のビットパターンに制約※
- ▶ 回線制御と端末制御が分離されていない
- ▶ 伝送制御符号は誤り検出できない

解決策

**情報交換用符号
を用いない**

伝送情報ビットパターンの制約とは？



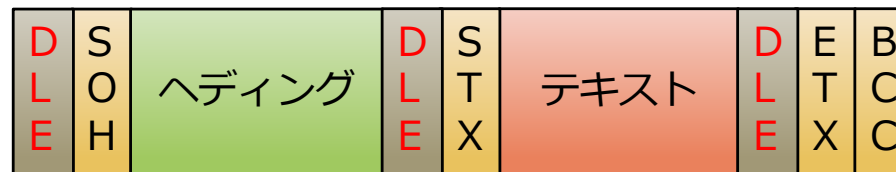
誤ってテキストの
終了と判定してしまう

拡張モードによる対応

- ▶ 基本形データ伝送制御手順の拡張モード
 - ▶ 会話モード
 - ▶ 両方向同時伝送モード
 - ▶ 複数従局セレクション
 - ▶ コードインデペンダントモード

コードインデペンダントモード

フェーズ3において符号の制限を受けずに
情報メッセージを転送する手段を追加



- SOH, STXなどの伝送制御コードの直前にDLE(Data Link Escape)コードを付与
- データ中にDLEと同じキャラクタが発生した場合はDLEを余分に付与して伝送
- 受信側でDLEが2個連続するときはその一つを除去

Character stuffing と呼ばれる

データリンク層プロトコル

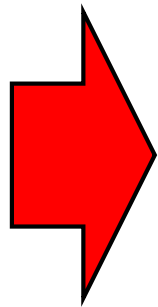
High level Data Link Control

ここからが本命

基本形データ伝送制御手順の問題を踏まえ...

HDLCの規格と特徴

基本形データ伝送制御手順の欠点を改善



- ▶ 全二重通信を行う
- ▶ 連続ARQを用いる
- ▶ 情報交換用符号を用いない

HDLC(High level Data Link Control)の特徴

- ▶ コネクション型
- ▶ 連続ARQ
- ▶ 全二重通信（ピギィバックAck）

HDLCの標準規格

▶ 国際標準

- ▶ ISO/IEC13239 : High level Data Link Control (HDLC) procedure

▶ 米国標準

- ▶ ANSI: Advanced Data Communication Control Procedure (ADCCP)

▶ 日本標準

- ▶ JIS X 5203 : ハイレベルデータリンク制御手順 (1998年)

HDLCにおける局（端末）の種類

▶ 不平衡型

- ▶ **一次局**と**二次局**から構成

- ▶ **一次局**

 - ▶ 制御を行う

 - ▶ **コマンド**を送信し**レスポンス**を受信

- ▶ **二次局**

 - ▶ 一次局の指示によって制御を実施

 - ▶ レスポンスを送信しコマンドを受信

▶ 平衡型

- ▶ **複合局**のみから構成

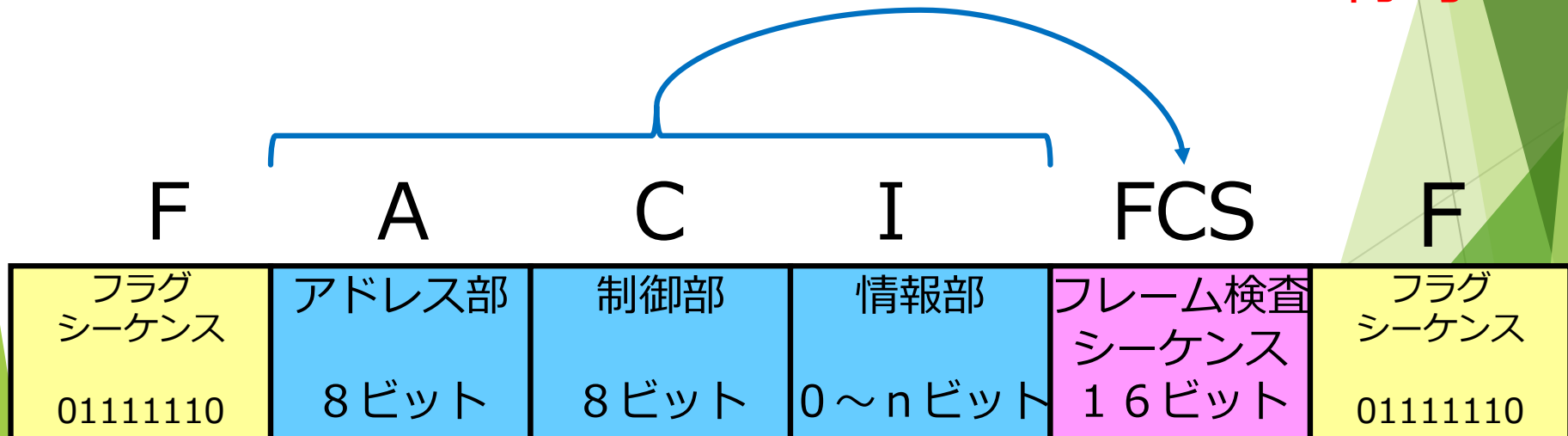
- ▶ **複合局**

 - ▶ コマンド及びレスポンスの両方を送受信

HDLCのフレーム構成

- ▶ フレーム（HDLCにおける伝送単位）
- ▶ 任意のビットパターンを伝送可能（トランスペアレント）
 - ▶ 情報交換用符号を用いない
- ▶ シーケンス番号(順序番号)
 - ▶ 連続ARQを可能とするため

CRC符号



生成多項式は $g(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

各フィールド（部）の意味

▶ フラグシーケンス

▶ 01111110

▶ フレームの始まりと終わり（境界）を示す

▶ トランスペアラントにするためbit stuffingを実行

▶ もしデータに1が5回連続したら？

▶ 送信側で0を追加して、受信側で削除

▶ アドレスフィールド

▶ 二次局または複合局のアドレス

▶ 制御フィールド

▶ フレームの種類を区別する

▶ コマンドとレスポンスの定義

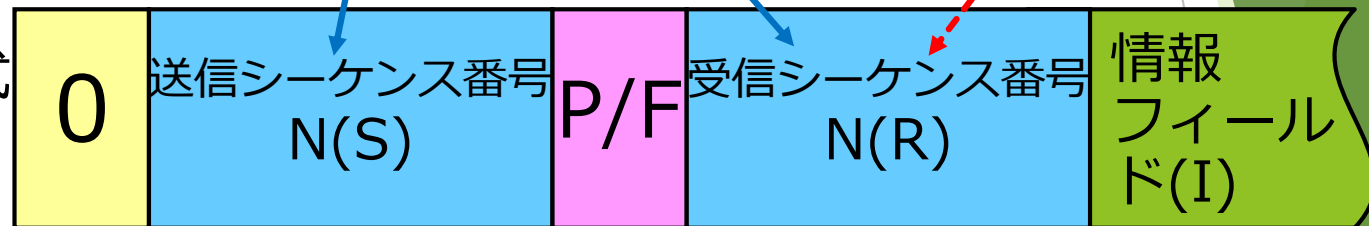
制御フィールドの構成

連続ARQ

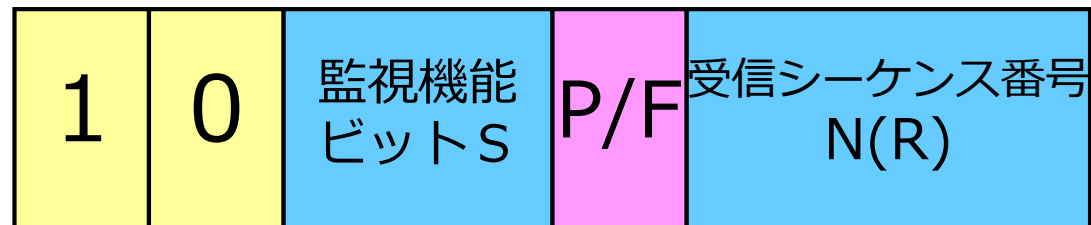
ピギイバックACK

b_1 b_2 b_3 b_4 b_5 b_6 b_7 b_8

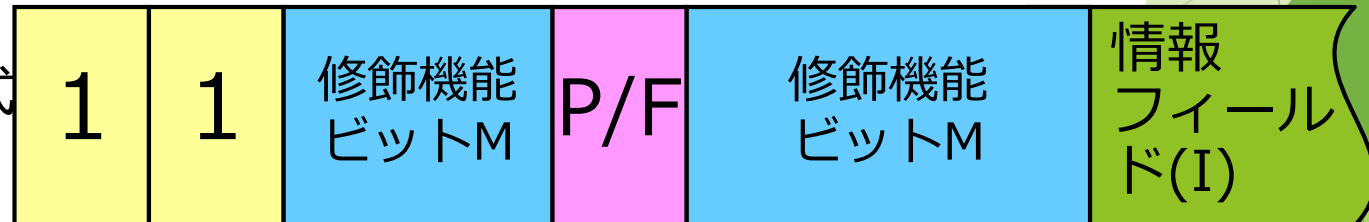
情報転送 (I) 形式
(Iフレーム)



監視 (S) 形式
(Sフレーム)



非番号制 (U) 形式
(Uフレーム)



P (ポール) ビットとF (ファイナル) ビット

フレームの種類

▶ 情報（I）フレーム

- ▶ 情報フィールドを使って情報を転送

▶ 監視（S）フレーム

- ▶ I フレームの受信確認（RR）
- ▶ 再送要求（REJ, SREJ）
- ▶ 一時的送信休止要求（RNR）

▶ 非番号制（U）フレーム

- ▶ コネクションの設定・切断等

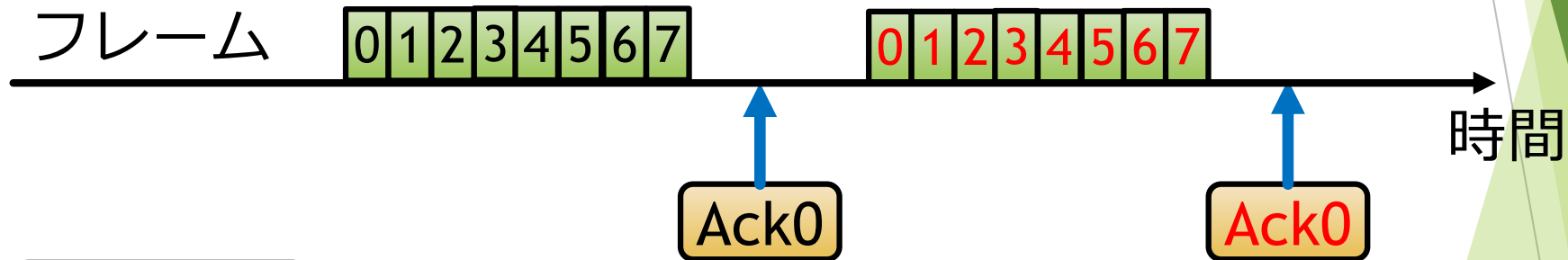
シーケンス番号（順序番号）

- ▶ HDLCでは**シーケンス番号の概念が重要**
 - ▶ 連続ARQを実現するため、
シーケンス番号の連続性のチェックが必要
 - ▶ シーケンス番号により、
順序制御や誤りに対する制御が可能
- ▶ 8進(制御フィールド内の3ビット)の番号制の
フレーム送受信（**同時監視**）
 - ▶ $N(R)$ = 次に受信が期待される **I** フレームのシーケンス
番号
例) $N(S)=3$ のコマンドには $N(R)=4$ のレスポンスで応答
 - ▶ **7個の I** フレームまで連続送信可※

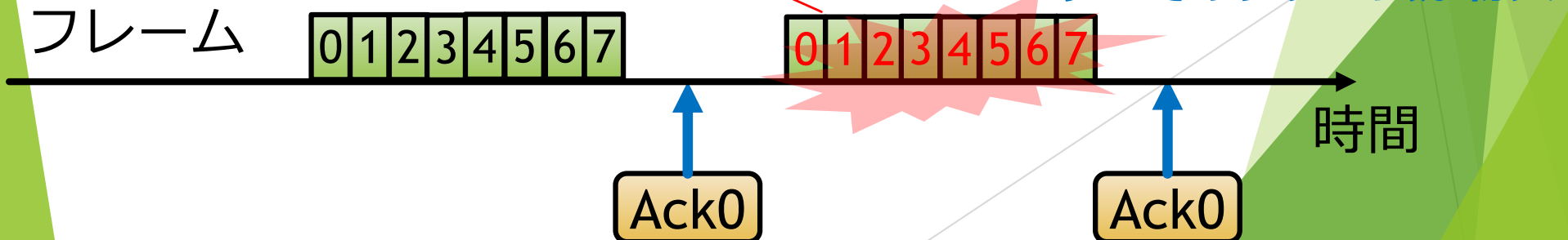
連続送信可能なフレーム数

送達確認を受信することなく連続送信できる
フレームの最大数は7個まで（8個ではない）
（8個まで送るとCase-AとCase-Bの区別ができなくなる）

Case-A



Case-B



HDLCの手順要素

コマンドを受信した局（つまり二次局か複合局）
が実行しなければならない動作を規定
（全二重通信，連続ARQの実現に必要）

▶ 動作モード

- ▶ データリンクが設定された後の二次局または複合局の動作形態

▶ 切断モード

- ▶ データリンクが設定されていない二次局または複合局の動作形態

▶ 初期モード

- ▶ 二次局または複合局のリンク制御プログラムを初期化または再生成するモード

HDLCの動作モード

HDLCの制定時は、
まだ集中制御が基本
(SDLC (HDLCの原形)
: 1974年)

二次局に関して定義

- ▶ **正規応答モード**(Normal Response Mode: NRM)
 - ▶ $P = 1$ のときのみ二次局は送信できる
 - ▶ SNRM または SNRMEで設定。
- ▶ **非同期応答モード**(Asynchronous Response Mode: ARM)
 - ▶ いつでも送信できる
 - ▶ SARM または SARMEで設定

制御部を16ビットに拡張
シーケンス番号 : 7ビット

複合局に関して定義

- ▶ **非同期平衡モード**(Asynchronous Balanced Mode: ABM)
 - ▶ いつでも送信できる
 - ▶ SABM または SABMEで設定。

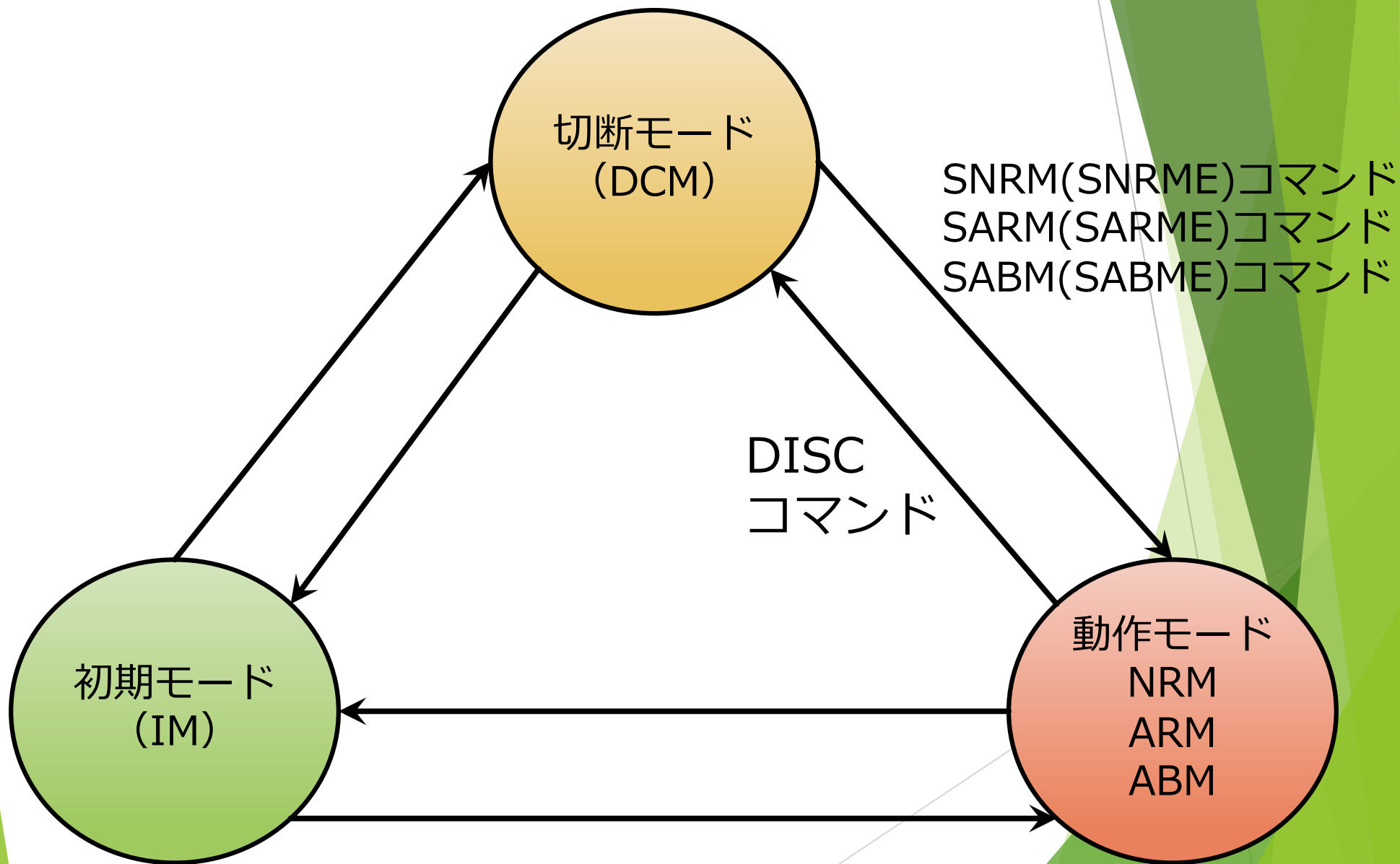
SNRM, SARM, SABM,... : コマンド

切断モード

- ▶ 正規切断モード (Normal Disconnected Mode: NDM)
 - ▶ $P = 1$ のコマンドまたは $P = 0$ のUPコマンドを受信したときに限りレスポンスを送信できる
- ▶ 非同期切断モード (Asynchronous Disconnected Mode: ADM)
 - ▶ いつでも送信できる

二次局がどちらの切断モードに移行するかは、あらかじめ取り決めておくものとする

モード間の状態遷移

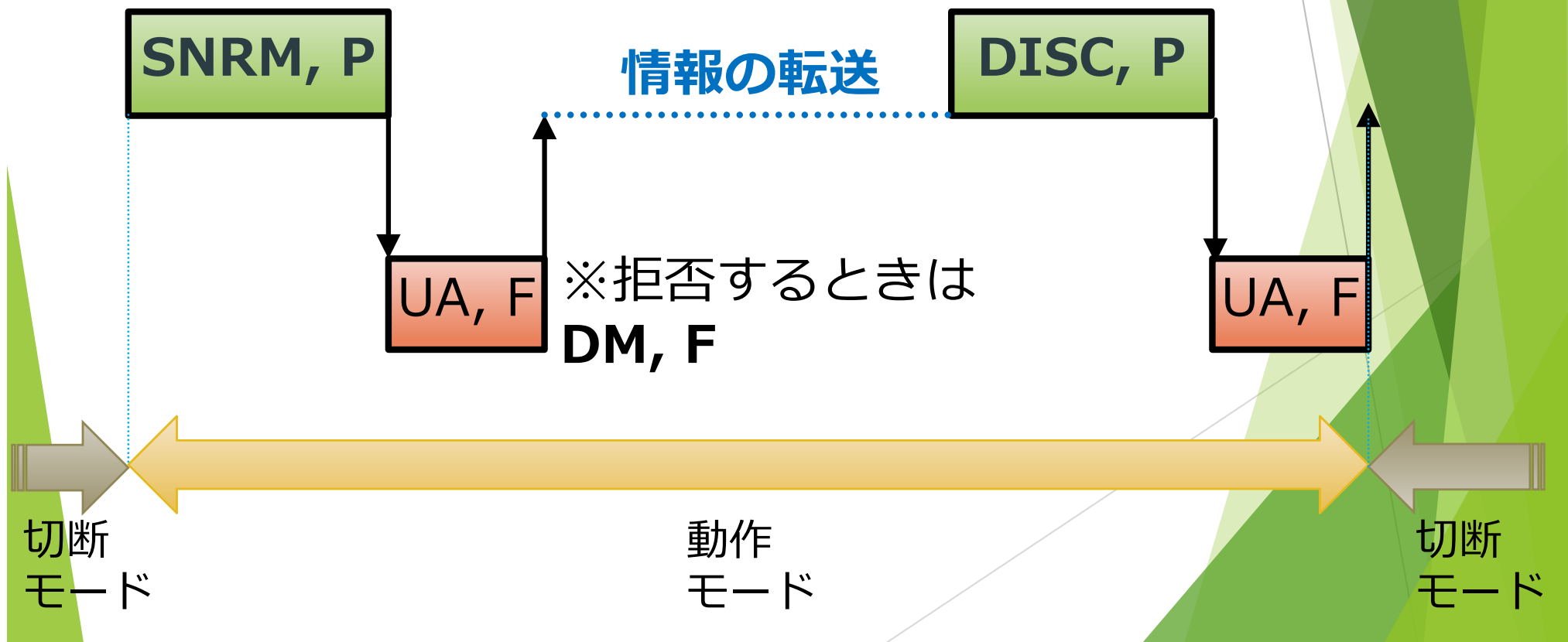


切断モードと動作モード間の遷移

例) 正規応答モードの場合

データリンクの確立

データリンクの終結



再送の方法

- ▶ P/Fビットによる再送
 - ▶ **チェック・ポインティング**
 - ▶ 送信局が自分で誤りに気づいて再送
- ▶ タイムアウト再送(基本機能)
- ▶ REJコマンドによる再送
 - ▶ NAKを用いたgo-back-N ARQ
- ▶ SREJコマンドによる再送
 - ▶ NAKを用いたselective repeat ARQ
 - ▶ 単一フレームのみの再送要求

基本機能：
送信局が自分で
誤りに気付いて
再送

付加機能：
相手局から誤り
の発生を知らせ
てもらって再送

HDLCの手順クラス

手順要素を組み合わせ、
使用できるコマンドとレスポンスを制限して
クラスを定義

- ▶ 不平衡型手順クラス
 - ▶ 一次局と二次局
 - ▶ 動作モード：NRMまたはARM
- ▶ 平衡型手順クラス
 - ▶ 複合局
 - ▶ 動作モード：ABM

HDLCの基本手順クラス

使用できるコマンド・レスポンスの組み合わせで基本手順クラスを定義

- ▶ **UNクラス** (Unbalanced NRM)
- ▶ **UAクラス** (Unbalanced ARM)
- ▶ **BAクラス** (Balanced ABM)

これらの基本手順クラスの一つに
付加機能を加えて、望む手順クラスを構成
(HDLC手順のサブセット)

基本手順クラスの コマンド・レスポンス

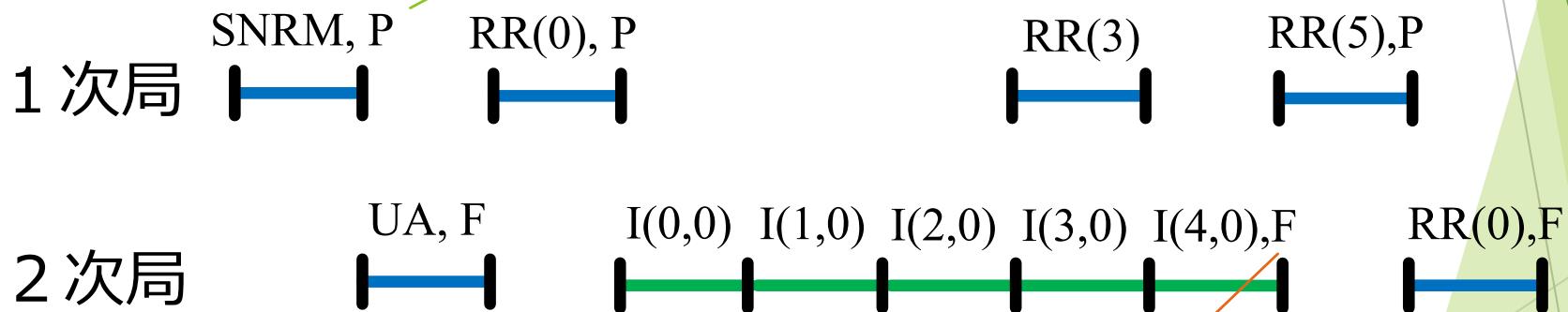
不平衡形 正規応答モードクラス (UN)		不平衡形		平衡形	
		非同期応答 モードクラス (UA)		非同期平衡 モードクラス (BA)	
コマンド	レスポンス	コマンド	レスポンス	コマンド	レスポンス
I (情報伝送) RR (受信可能) RNR (受信不可 能) SNRM DISC	I RR RNR UA DM CMDR (要求棄却)	I RR RNR SARM DISC	I RR RNR UA DM CMDR	I RR RNR SABM DISC FRMR (拒絶状態フレームの受信) RESET (受信順序番号を0)	I RR RNR UA DM FRMR

HDLCフレーム送信例

NRM（正規応答モード）で
伝送誤りがない場合

2次局から1次局へデータを送る場合

P=1は2次局の送信を許可



F=1はP=1のコマンドに対する応答

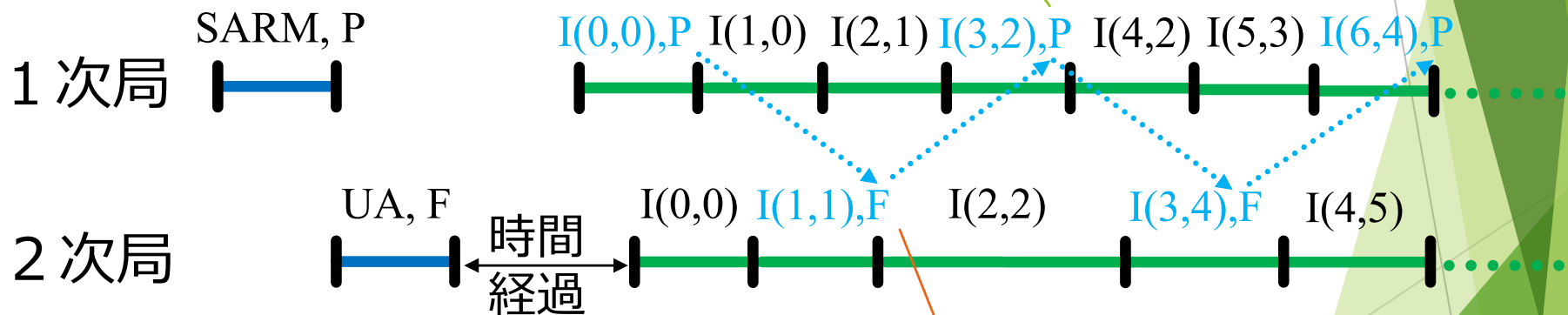
$I(j, k)$: 送信シーケンス番号が j で, 受信シーケンス番号が k の情報フレーム
 $RR(k)$: 受信シーケンス番号が k の受信通知

HDLCフレーム送信例

ARM（非同期応答モード）で
伝送誤りがない場合

1次局からデータ送信を開始する場合

ARMではP=1は送信許可を意味しない

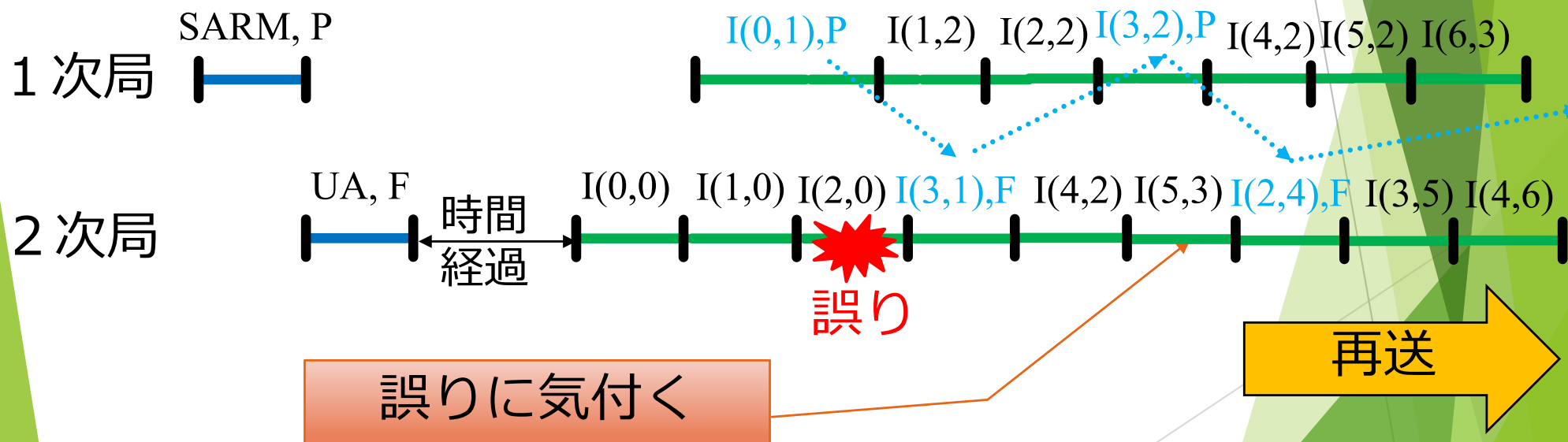


P=1のコマンドを受け取ると
最も早く送信できるレスポンスを
F=1として送信する

P/Fビットによる再送例（ARMの場合）

ARM（非同期応答モード）で
伝送誤りがある場合

Iレスポンスにエラーがあった場合



※P/Fビットの送信はストップ・アンド・ウェイト

HDLCの利用

- ▶ 電話回線によるインターネット接続などで利用（昔々😓）
- ▶ **Cisco社**ではCisco HDLCのように、HDLCのフレーム構成技術のみを採用した独自プロトコルを開発
- ▶ 赤外線通信プロトコル(IrDA:Infrared Data Association)の土台にもなっている

データリンク層プロトコル

LANにおけるデータリンク層

IEEE 802.2 (Logical Link Control副層)

論理リンク制御プロトコル

放送形ネットワークにおけるデータリンク層

論理リンク制御(Logical Link Control: LLC)副層

MAC副層

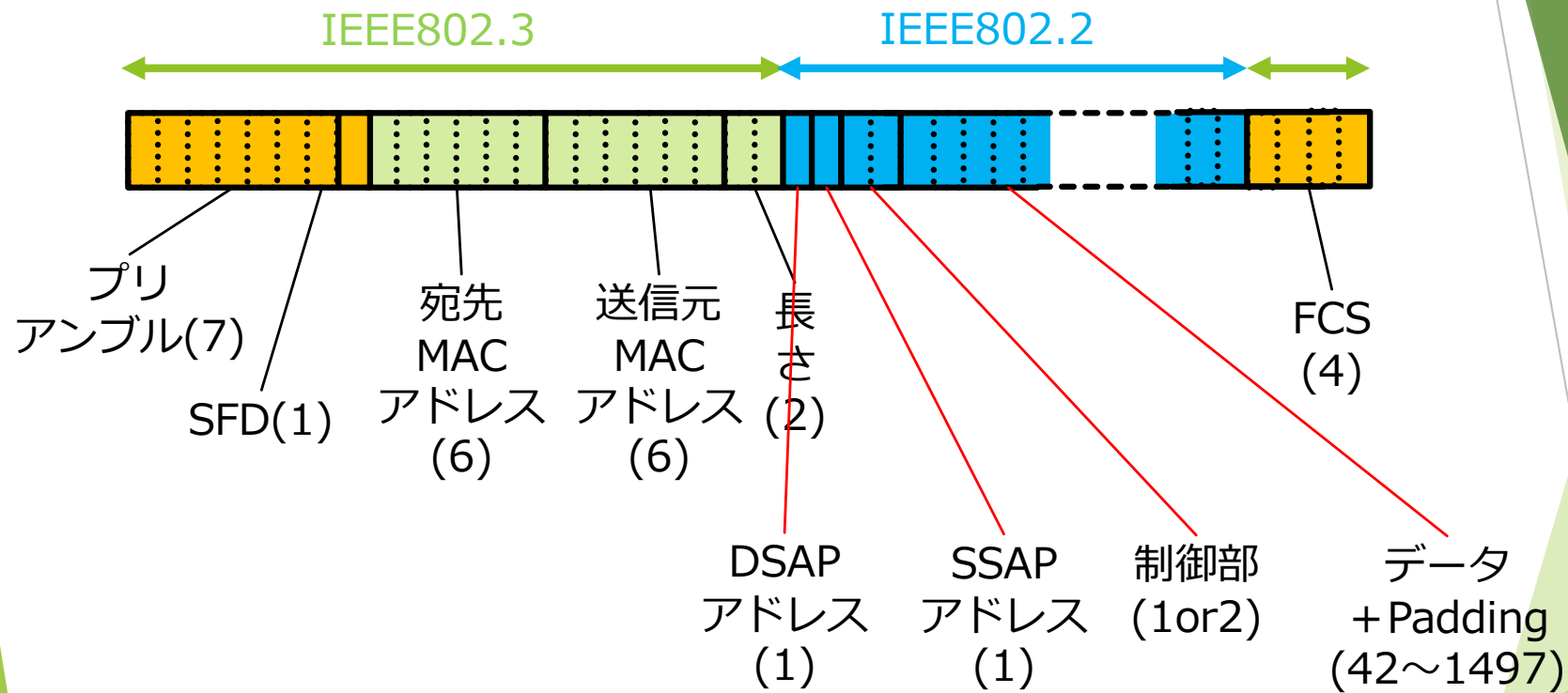
代表的なLLCプロトコル：IEEE 802.2規格

(実は) HDLCのサブセットを基に作成

- クラスⅠ：運用タイプ（１）（コネクションレス型サービス）のみを提供
- クラスⅡ：運用タイプ（１）と運用タイプ（２）（コネクション型サービス）の二つを提供

IEEE 802.2

IEEE802.3 + IEEE802.2形式



DSAPアドレス : 宛先プロセス (サービス)
SSAPアドレス : 送信元プロセス (サービス)

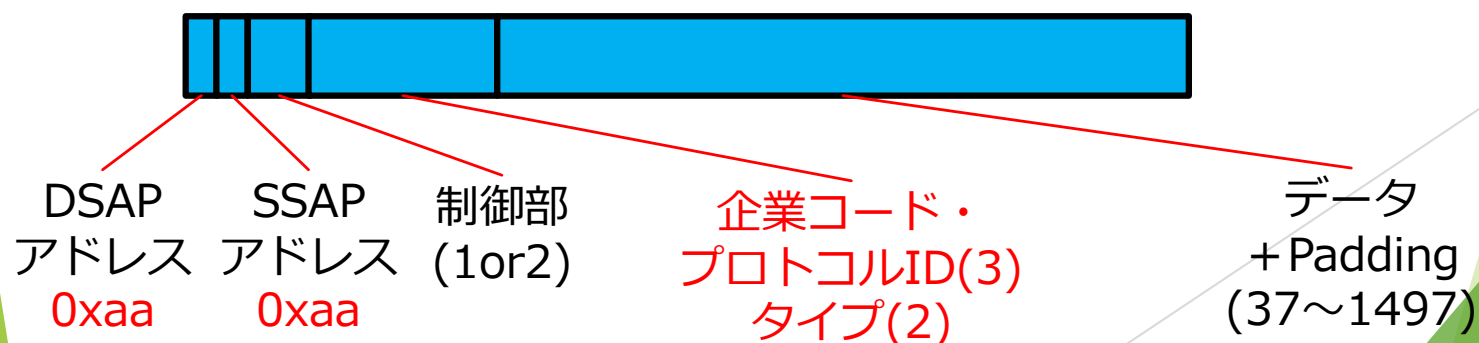
SAPとSNAP

代表的なSAP値

SAP値	サービス
0x06	IP
0x10	NetWare IPX
0xaa	IEEE802.2 LLC/SNAP
0xe0	NetWare IPX
px0	NetBIOS

SNAP (Subnetwork Access Protocol) 形式

多数のサービスを扱えるようにSAPを拡張



LLCの手順クラスのコマンド／レスポンス

クラスI LLC

形式	コマンド	レスポンス	名称	制御部ビット構成							
				b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
情報	I	I	Information	0	N(S)			P/F	N(R)		
監視	RR	RR	Receive ready	1	0	0	0	P/F	N(R)		
	RNR	RNR	Receive not ready	1	0	1	0	P/F	N(R)		
	REJ	REJ	Reject	1	0	0	1	P/F	N(R)		
非番号	UI		Unnumbered information	1	1	0	0	P	0	0	0
	DISC		Disconnect	1	1	0	0	P	0	1	0
	SABM		Set asynchronous balanced mode	1	1	1	1	P	1	0	0
	XID	XID	Exchange identification	1	1	1	1	P/F	1	0	1
	TEST	TEST	Test	1	1	0	0	P/F	1	1	1
		UA	Unnumbered acknowledgment	1	1	0	0	F	1	1	0
		DM	Disconnect mode	1	1	1	1	F	0	0	0
		FRMR	Frame reject	1	1	1	0	F	0	0	1