

第4章 データリンク制御

インタフェースモジュール 41

PTのデータリンク制御手順〔HDLC-BA(76)〕

目 次

1 概 要	95
2 フレーム構成とフレーム伝送	95
2.1 フレームの構成	95
2.2 フレーム伝送	96
3 制御動作の要素	97
3.1 モード	97
3.2 モードの遷移	97
3.3 制御部の形式	98
3.4 制御部の構成要素	98
3.5 状態変数	99
3.6 コマンドとレスポンス	100
4 データリンク制御動作	105
4.1 システム定数とカウンタ	105
4.2 データリンク制御動作のための条件	106
4.3 動作モードの設定	107
4.4 情報フレームの送受信	108
4.5 タイマ制御とタイムアウト後の動作	110
4.6 切断モードに移行する直前の制御	111
4.7 再送で回復できない誤りのあるフレーム受信後の動作	112
参考1 状態遷移例	113
参考2 FCS (フレーム検査シーケンス) の作成例	131

1 概要

このインタフェースモジュールは、PNP-1100、PNP-1200、PNP-1210 及び PNP-1220 の接続形態を持つ DTE に適用し、DCE との間のデータリンク制御に関する論理的条件を定めたものです。

2 フレーム構成とフレーム伝送

このインタフェースモジュールでは、データリンクの確立及び解放等すべての制御をフレームで行います。また、伝送路上で発生した誤りの検査及び回復もフレームで行います。

2.1 フレームの構成

このインタフェースモジュールにおけるフレームの各構成要素、その相対的位置及びフレームの境界を定めるフラグシーケンスのビットパターンは、図 41.1 によるものとします。

フラグシーケンス (開始フラグ) 0 1 1 1 1 1 0	アドレス部 8ビット ($b_1 \sim b_8$)	制御部 8ビット ($b_1 \sim b_8$)	情報部 (情報部のない場合 合があります。)	フレーム検査シーケンス (FCS) 16ビット ($b_{16} \sim b_1$)	フラグシーケンス (終結フラグ) 0 1 1 1 1 1 0
--------------------------------------	-------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------	--	--------------------------------------

図41.1 フレームの構成

- (1) フラグシーケンスは、フレームの始めと終りの区切りを示すために使用します。すべてのフレームは、フラグシーケンスで始まり、フラグシーケンスで終るものとします。フレームの終りのフラグシーケンス（終結フラグ）とその次のフレームの始めのフラグシーケンス（開始フラグ）を兼ねてもかまいません。フレームを受信できる状態にある DTE 及び DCE は、同期をとるために継続してフラグシーケンスを監視するものとします。
- (2) アドレス部は、DTE 又は DCE が送信するフレームを、コマンドとして使用するか、又はレスポンスとして使用するかを区別するために使用します。アドレス部とコマンド・レスポンスの関係を、図 41.2 に示します。

方向	フレーム種別		コ マ ン ド								レ ス ポ ンス							
	ビット位置		b_8	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1	b_8	b_7	b_6	b_5	b_4	b_3	b_2	b_1
DTE←DCE			0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DTE→DCE			0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1

図41.2 アドレス部のビット構成

- (3) 制御部は、DTE 又は DCE がアドレス部で指定したコマンド又はレスポンスの機能を規定するために使用します。

- (4) 情報部は、DTEが相手DTEへ送信すべき情報（データ）等を入ります。情報部は、オクテット（1かたまりの8ビットをいいます。）単位で構成するものとします。
- (5) フレーム検査シーケンス（FCS）は、誤りが発生したか否かを判別するためのものであり、次の(A)と(B)の和の補数をとった16ビットのシーケンスを入りするものとします。
- (A) $X^K (X^{15} + X^{14} + \dots + X + 1)$ を生成多項式 $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ で割算（モジュロ2）した剰余。ただし、Kは、開始フラグの最後のビットとFCSの最初のビットとの間のビット数（透過性を確保するために入りされる「0」のビットを除きます。）です。
- (B) 開始フラグの最後のビットとFCSの最初のビットとの間のビットシーケンス（透過性を確保するために入りされる「0」のビットを除きます。）に X^{16} を乗じた後、生成多項式 $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ で割算（モジュロ2）した剰余。

2.2 フレーム伝送

(1) ビット送信順序

フレームは、開始フラグ、アドレス部、制御部、情報部、FCS及び終結フラグの順序で送信するものとします。

アドレス部、制御部及び情報部の中の網で定めるフォーマットのビットシーケンスは、低次のビット（ b_1, b_2, \dots, b_8 ）から送信するものとします。またFCSは、高次のビット（ $b_{16}, b_{15}, \dots, b_1$ ）から送信するものとします。

(2) 透過性

フレームを送信するDTEは、開始フラグの最後のビットと終結フラグの最初のビットの間のビットシーケンスを調べ、「1」のビット（FCSを含みます。）が5個連続したとき、その直後に、「0」のビットを1個入りするものとします。このようにして、開始フラグと終結フラグの間に、フラグシーケンスと同一のパターンが現れないようにします。フレームを受信するDTEは、5個連続した「1」のビットの直後の「0」のビットを1個除去するものとします。

(3) タイムフィル

タイムフィルとは、同期の維持及び次のフレームを送信するまでの時間をうめるために、フレームとフレームの間に送信するビットシーケンスをいいます。タイムフィルに使用するビットシーケンスは、連続するフラグシーケンスを用いるものとします。なお、「011111101111110」のビットシーケンスは送信しないものとします。ただし、伝送誤りにより受信した場合は、1つのフラグシーケンスと、誤りのあるシーケンスの受信（アボートに準じます。）とみなすものとします。

(4) アボート

アボート（フレームの放棄）とは、フレームを送信中のDTE又はDCEが、終結フラグを送信する前に、そのフレームの送信を、終結することをいいます。

アボートする場合は、アボートしようとした時点で、すでに送信している連続する「1」のビットの数を含めて、「1」のビットを連続して7個以上送信する（「0」のビットの挿入は行いません。）ものとします。開始フラグを受信した後、終結フラグを受信する前に、7個以上連続する「1」のビットを受信したDTE及びDCEは、そのフレームを無視（受信しなかったように動作することをいいます。）するものとします。

(5) 無効フレーム

無効フレームとは、7個以上連続する「1」のビットを含むフレーム、又は開始フラグと終結フラグではさまれたビットが32ビット未満のフレームをいいます。

無効フレームを受信した DTE 又は DCE は、いかなる場合にもそのフレームを無視するものとします。

3 制御動作の要素

3.1 モード

制御動作のモードには、非同期平衡モード (ABM モード) と、切断モード (DCM モード) があります。

- (1) ABM モードは、任意の時点でコマンドフレームを送信でき、また、コマンドフレームによって許可されなくてもレスポンスフレームを送信することができるモードです。
- (2) DCM モードは、データリンクから論理的に切断されたモードです。

3.2 モードの遷移

DTE 及び DCE のモードの遷移は、表41.1及び表41.2の通りとします。これらの表で、 N_2 回再送後タイムアウトとは、フレームを定められた回数再送した後、タイムアウトになったことを示します (表 41.7 参照)。

表41.1 DTE のモードの遷移

旧 \ 新	DCM	ABM
DCM		SABM送信後UA受信
ABM	DISC送信後UA受信 DM受信 N_2 回再送後タイムアウト	

表41.2 DCE のモード遷移

旧 \ 新	DCM	ABM
DCM		SABM受信後UA送信
ABM	DISC受信後UA送信 DM送信 DM受信 N_2 回再送後タイムアウト	

3.3 制御部の形式

制御部には、その用途により以下の形式があります。

(1) 情報転送形式

情報転送形式は、情報（データ）を転送する場合に使用する制御部の形式です。非番号制形式の一部を除けば、情報転送形式が情報部を有する唯一の制御部の形式です。この形式の制御部を持つフレームを情報フレーム（Iフレーム）といいます。

(2) 監視形式

監視形式は、データリンクの監視制御機能（Iフレームの受信確認、Iフレームの再送要求及びIフレームの一時的送信休止要求等を行うための機能をいいます。）に使用する制御部の形式です。この形式の制御部を持つフレームを、監視フレーム（Sフレーム）といいます。

(3) 非番号制形式

非番号制形式は、その他のデータリンク制御機能を遂行するために使用する制御部の形式です。この形式の制御部を持つフレームを非番号制フレーム（Uフレーム）といいます。

3.4 制御部の構成要素

制御部の構成要素とビット割当を図41.3に示します。

制御部の形式	制御部のビットシーケンス							
	b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
情報転送形式 (I形式)	受信順序番号 N(R)			P	送信順序番号 N(S)			0
	2 ²	2 ¹	2 ⁰		2 ²	2 ¹	2 ⁰	
監視形式 (S形式)	受信順序番号 N(R)			P/F	監視機能ビット S		0	1
	2 ²	2 ¹	2 ⁰					
非番号制形式 (U形式)	修飾機能ビット M			P/F	修飾機能ビット M		1	1

図41.3 制御部の構成要素とビット割当

(1) 順序番号

DTE 又は DCE は、送信する I フレームの N(S) に置くべき値と、DCE 又は DTE から誤りなく受信した I フレームを示すための N(R) に置くべき値を管理するものとします。

(A) 送信順序番号 N(S)

I フレームのみが送信順序番号 N(S) を持ちます。I フレームを送信する場合は、送信状態変数（3.5 項参照）の値を N(S) の領域に置きます。

(B) 受信順序番号 N(R)

I フレーム及び S フレームは、受信順序番号 N(R) を持ちます。I フレーム又は S フレームを送信する場合は、受信状態変数（3.5 項参照）の値を N(R) の領域に置きます。N(R) は、N(R)-

1 までのすべての I フレームを誤りなく受信したことを示します。

(2) 監視機能ビット

監視機能ビット (S) は、監視形式を用いるコマンド又はレスポンスの種類を示します。

(3) 修飾機能ビット

修飾機能ビット (M) は、非番号制形式を用いるコマンド又はレスポンスの種類を示します。

(4) P/F ビット

コマンドの P/F ビットは、P ビットであり、レスポンスの P/F ビットは、F ビットです。その機能は、次の通りです。

(A) P ビットの機能

P ビットは、DTE 又は DCE からレスポンスを勧誘する場合に使用します。レスポンスを勧誘する場合は、P ビットを「1」とします。DTE 又は DCE は、次の P ビット「1」のコマンドを送信するためには、DCE 又は DTE からの F ビット「1」のレスポンスを受信していなければなりません。ただし、DTE 又は DCE は、タイムアウト後誤りを回復する場合は、DCE 又は DTE から F ビット「1」のレスポンスを受信していなくても P ビット「1」のコマンドを送信することができます。

DTE 又は DCE は、P ビット「1」のコマンドを受信した後、F ビット「1」のレスポンスをできるだけ速かに送信するものとします。

(B) F ビットの機能

F ビット「1」のレスポンスフレームは、P ビット「1」のコマンドフレームを受信した後に送信するものとします。DTE 又は DCE は、P ビット「1」のコマンドを受信した後、できるだけ速かに F ビット「1」のレスポンスフレームを送信するものとします。

また、DTE は、P ビット「1」のコマンドを受信した場合、レスポンスを送信中であったとき、後続のレスポンスの F ビットをできるだけ速かに「1」にするものとします。

DTE 又は DCE は、F ビット「1」のレスポンスを送信した後、F ビット「0」のレスポンスを送信してもかまいません。

(C) 順序番号誤りの検出に関連した P/F ビットの機能

P ビット「1」のコマンドと、F ビット「1」のレスポンスは、対に送受信されるので、P/F ビット「1」のフレームの N(R) の値を用いて、I フレームの順序番号誤りを検出することができます。(4.4.3 項参照)。P/F ビットのこの機能をチェックポイントイングと呼びます。

DTE 又は DCE は、F ビット「1」のレスポンスの N(R) が P ビット「1」のコマンド (そのフレームが I フレームならば、そのフレームを含みます。) までを受信確認していない場合、DCE 又は DTE において、順序番号誤りが発生したことを検出します。

3.5 状態変数

DTE 及び DCE は、送信状態変数、受信状態変数及び最旧未確認状態変数を持つものとします。なお、これらの状態変数では、モジュラスは 8 を使用します。

(1) 送信状態変数 V(S)

I フレームを送信することのできる DTE 又は DCE は、送信する次の順序通り I フレームの送信順序番号を示し、ゼロからモジュラス - 1 までの値をとる V(S) を持ちます。V(S) は、各順序通りの I フ

第4章 データリンク制御

フレームを送信することに1を加算します。ただし、前に受信したフレームのN(R)にモジュラス-1を加えた値を超えてはなりません。

(2) 受信状態変数 V(R)

Iフレームを受信することのできるDTE又はDCEは、順序通りに受入れるべきIフレームのN(S)を示し、ゼロからモジュラス-1までの値をとるV(R)を持ちます。V(R)は、FCS誤りがなく、かつ、N(S)がV(R)に等しいIフレームの受信によって1を加算します。

(3) 最旧未確認状態変数 L

Iフレームを送信することのできるDTE又はDCEは、すでに送信し、DCE又はDTEに受け入れられたことを確認していない最も古いIフレームを示し、ゼロからモジュラス-1の値をとるLを持ちます。Lは、FCS誤りがなく、かつ、N(R)がL+1以上でV(S)以下の値を持つフレームの受信によってN(R)に更新します。

3.6 コマンドとレスポンス

コマンド及びレスポンスの種類を表41.3、表41.4に示します。

表41.3 コマンドの種類

コマンドの種別	制御部の形式	コマンドの種類	備考
Iコマンド	情報転送形式	I	Information
Sコマンド	監視形式	R R	Receive Ready
		R N R	Receive Not Ready
		R E J	Reject
Uコマンド	非番号制形式	S A B M	Set Asynchronous Balanced Mode
		D I S C	Disconnect

表41.4 レスポンスの種類

レスポンスの種別	制御部の形式	レスポンスの種類	備考
Sレスポンス	監視形式	R R	Receive Ready
		R N R	Receive Not Ready
		R E J	Reject
Uレスポンス	非番号制形式	U A	Unnumbered Acknowledge
		D M	Disconnected Mode
		F R M R	Frame Reject

DTE 又は DCE が送信するコマンド及びレスポンスを表41.5に示します。また、モードごとに使用するコマンド及びレスポンスを表41.6に示します。

表41.5 DTE又はDCEが送信するコマンド及びレスポンス

DTE→DCEへ送信するコマンド及びレスポンス		DTE←DCEへ送信するコマンド及びレスポンス	
コマンド	レスポンス	コマンド	レスポンス
I		I	
R R	R R		R R
R N R	R N R		R N R
R E J	R E J		R E J
S A B M			
D I S C			
			U A
	D M		D M
	F R M R		F R M R

表41.6 モード別に使用できるコマンド及びレスポンス

コマンド 及びレスポンス	モード	DCM	ABM
I			○
R R			○
R N R			○
R E J			○
S A B M		○	○
D I S C			○
U A		○	○
D M		○	
F R M R			○

備考 ○：使用

(1) I コマンド

I コマンドは、情報部を持つフレームを送信順序番号順に、相手 DTE 又は DCE に送信するために使用します。I コマンドの制御部のビット割当てを図41.4に示します。

b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
受信順序番号 (0~7)			Pビット	送信順序番号 (0~7)			0

図41.4 I コマンドの制御部のビット割当て

送信順序番号 N(S) は、どの I フレームかを識別するための順序番号です。受信順序番号 N(R) は、DTE 又は DCE が、次に受信することを期待するフレームの順序番号です。したがって、N(R) は、N(R) - 1 までの I フレームを正しく受信したことを示します。

Pビットについては、「3.4(4)項P/Fビット」を参照して下さい。

(2) S コマンドと S レスポンス

S コマンド又は S レスポンスは、受信確認、I フレーム転送の一時停止及び誤り回復などの基本的な監視制御を行うために使用します。

S コマンド又は S レスポンスを持つフレームに情報部を含めてはなりません。したがって、DTE 又は DCE は、S コマンド又は S レスポンスの送信及び受信によって、DTE 又は DCE は、 $V(S)$ 及び $V(R)$ を増加してはなりません。

S コマンド及び S レスポンスの制御部のビット割当を図 41.5 に示します。

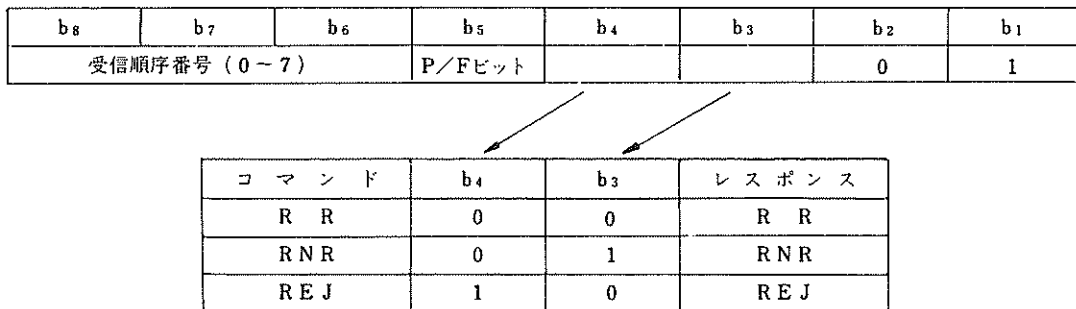


図 41.5 S コマンド及び S レスポンスの制御部のビット割当

受信順序番号 $N(R)$ は、DTE 又は DCE が次に受信することを期待する I フレームの順序番号です。したがって、 $N(R)$ は、 $N(R)-1$ までの I フレームを正しく受信したことを示します。

(A) RR コマンドと RR レスポンス

RR コマンド (DTE のみ送出) 又は RR レスポンスは、DTE 又は DCE が I フレームの受信準備ができていること、及び $N(R)-1$ までの I フレームを正しく受信したことを通知するために使用します。また、RNR コマンド又は RNR レスポンスで通知したビジー状態の解除を通知するためにも使用します。DTE は、P ビットを「1」に設定して RR コマンドを送信し、DCE からのレスポンスを勧誘することができます。

(B) RNR コマンドと RNR レスポンス

RNR コマンド (DTE のみ送出) 及び RNR レスポンスは、ビジー状態 (一時的に後続の I フレームを受入れることができない状態) を通知するために使用します。また、RNR コマンド及び RNR レスポンスの $N(R)$ は、 $N(R)-1$ までの I フレームを正しく受信したことを示します。

DTE 又は DCE は、I フレーム送信中に、RNR レスポンス又は RNR コマンドを受信した場合、できるだけ速かに I フレームの送信を停止しなければなりません。

DTE は、P ビットを「1」に設定して、RNR コマンドを送信し、DCE からのレスポンスを勧誘することができます。

(C) REJ コマンドと REJ レスポンス

REJ コマンド (DTE のみ送信) 又は REJ レスポンスは、DTE 又は DCE が受信状態変数 $V(R)$ に等しくない $N(S)$ を持つ I フレームを受信した場合、 $V(R)$ に等しい $N(S)$ を持つ I フレーム

から、順次フレームを再送するよう要求するために使用します。REJ コマンド(DTEのみ送信)又はREJ レスポンスを受信したDTE又はDCEは、DTEがRNR コマンド(DTEのみ送信)又はRNR レスポンスで通知したビジー状態又はDCEがRNR レスポンスで通知したビジー状態の解除の通知とみなします。REJ コマンド又はREJ レスポンスのN(R)は、N(R)-1までのIフレームを正しく受信したことを示します。複数の再送Iフレームに続いて複数の新しいIフレームを送信してもかまいません。

DTE又はDCEはREJ コマンド又はREJ レスポンスを送信した後、その順序番号誤り状態がクリアされるまで別の順序番号誤りに対するREJ コマンド又はREJ レスポンスを送信してはなりません。すなわち、DCEからDTEに又はDTEからDCEに対しての順序番号誤り状態は、ただ1つのみです。

順序番号誤り状態は、REJ コマンド又はREJ レスポンスのN(R)と一致するN(S)を持つIフレームを受信又はSABM コマンドを受信したとき、クリアするものとします。

(3) U コマンドと U レスポンス

U コマンド及びU レスポンスは、DTE又はDCEのモードの設定などの制御を行うために使用します。

DTE又はDCEは、Uコマンド又はUレスポンスの送信及び受信によって、V(S)、V(R)及び最旧未確認状態変数(L)を、リセットすることはないが增加してはなりません。

U コマンド及びU レスポンスの制御部のビット割当を図41.6に示します。

b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
			P/Fビット			1	1

Uコマンド	b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	Uレスポンス
-	0	0	0	F	1	1	DM
SABM	0	0	1	P	1	1	-
DISC	0	1	0	P	0	0	-
-	1	0	0	F	0	1	FRMR
-	0	1	1	F	0	0	UA

図41.6 U コマンド及びU レスポンスの制御部のビット割当

(A) SABM コマンド

SABM コマンドは、DTEがDCEをABMモードに設定するために使用します。SABM コマンドを持つフレームに情報部を含めてはなりません。

SABM コマンドを受信し、ABMモードに移行できる状態のとき、DCEは、UAレスポンスを送信します。また、V(S)、V(R)及び最旧未確認状態変数(L)をリセットします。

DCEは、SABMコマンドを受信する前に送信し、DTEに正しく届いたことを確認していないIフレームがある場合、SABMコマンドを受信した後、これを再送します。また、DTEは、SABMコマンドを送信する前に、REJ 誤り状態及びビジー状態をクリアするものとします。

(B) DISC コマンド

DISC コマンドは、DCE の ABM モードを、DCM モードに移行させるために使用します。

DISC コマンドを持つフレームに、情報部を含めてはなりません。

DCEは、DISCコマンドを受信する前に送信し、DTEに正しく届いたことを確認していないIフレームは未確認のままです。

DCEは、DISCコマンドを受信すると、UAレスポンス又はDMレスポンスを返送した後、DISCコマンドを送信してきたDTE向けの網内に滞留するIフレームをすべて廃棄します。

なお、ABM モードでDTE から DISC コマンドを受信すると DCE は、相手 DTE に対し切断指示パケット又はリセット指示パケットを送信し、着端末が DCM モードにあることを通知します。

(C) FRMR レスポンス

FRMR レスポンスは、DTE 又は DCE が受信した FCS 誤りのないフレームに、次のいずれかを検出した場合に、これを報告するために使用するものとします。

- (a) 未定義又はインプリメントしていないコマンド又はレスポンス
- (b) Iフレームの情報部の最大ビット数 (N_1) (表 41.7 参照) を超える情報部を持つIフレーム
- (c) 情報部を含んではならないにもかかわらず、情報部を持つコマンド又はレスポンス
- (d) 最旧未確認状態変数 (L) より小さい $N(R)$ 、又は送信状態変数 $V(S)$ より大きい $N(R)$ を持つフレーム

FRMR レスポンスには、その理由を示すための情報部を付加します。FRMR レスポンスの情報部のビット別割当を図41.7に示します。図において割当てた、それぞれのビットは、次により使用します。

b ₂₄	b ₂₃	b ₂₂	b ₂₁	b ₂₀	b ₁₉	b ₁₈	b ₁₇	b ₁₆	b ₁₅	b ₁₄	b ₁₃	b ₁₂	b ₁₁	b ₁₀	b ₉	b ₈b ₁
0	0	0	0	Z	Y	X	W	R			*	S			0	拒否したコマンドフレーム又はレスポンスフレームの制御部
								2 ²	2 ¹	2 ⁰		2 ²	2 ¹	2 ⁰		

図41.7 FRMR レスポンスの情報部のビット割当

なお、FRMR レスポンスを受信した DTE は、SABM コマンドの送信によるモード再設定又は DISC コマンド送信による DCM モードへ移行するものとします。

- (ア) Sは、FRMR レスポンスを送信する時点でのDTE 又は DCE の送信状態変数 $V(S)$ の値です。
- (イ) Rは、FRMR レスポンスを送信する時点での DTE 又は DCE の受信状態変数 $V(R)$ の値です。
- (ウ) Wは、「1」の場合、受信したコマンド又はレスポンスが未定義又はインプリメントされていないことを示します。
- (エ) Xは、「1」の場合、受信したコマンド又はレスポンスに、情報部を含んではならないにもかかわらず、情報部を含んでいたことを示します。Xが「1」の場合は、Wも「1」とします。
- (オ) Yは、「1」の場合、受信したIフレームの情報部が、 N_1 (表41.7参照)を超えたことを示します。YとWを同時に「1」にセットしてはなりません。

(カ) Zは、「1」の場合、無効N(R) 値を受信したことを示します。ZとWを同時に「1」にセットしてはなりません。

(キ) *は、拒否したフレームがコマンドのとき「0」をセットし、レスポンスのときは「1」をセットします。

(D) UA レスポンス

UA レスポンスは、DCE が SABM コマンド又は DISC コマンドを受信し、受入れたことを示すためにDCE が送信します。

(E) DM レスポンス

DM レスポンスは、DTE 又は DCE が DCM モードにあることを通知するために使用します。

DM レスポンスを持つフレームに情報部を含めてはなりません。

DCE は、F ビット「0」の DM レスポンスを出す場合は、以下のときです。

- (a) DCE 故障後の立上り時
- (b) DTE よりの FRMR レスポンス受信時
- (c) DTE の無応答による DCE の I フレーム再送リトライアウト検出時 (表41.7 参照)
- (d) DTE のビジー状態が継続したとき。

この場合、DCE は、初期設定を行う必要があるため DTE の状態とはかかわりなく、F ビット「0」の DM レスポンスを送出することにより DTE に SABM コマンドの送信を勧誘します。DTE が DM レスポンスを受信しても SABM コマンドを送信しない場合、DCE は、DM レスポンスを T_1 のタイミングで N_2 回再送します。

4 データリンク制御動作

4.1 システム定数とカウンタ

(i) DTE 及び DCE に必要なシステム定数には次のものがあります。システム定数の値を表 41.7 に示します。

表41.7 DTE 及びDCE におけるシステム定数

システム定数	DTE	DCE
N_1	2080 ビット	
N_2	^(注) 20回 (48 kbit/s) 7回 (9,600 bit/s) 5回 (4,800 bit/s) 3回 (2,400 bit/s)	25回
N_3	7 以下	
T_1	500ms以上 (48 kbit/s) 2.0 秒 " (9,600 bit/s) 4.0 秒 " (4,800 bit/s) 8.0 秒 " (2,400 bit/s)	

(注) T_1 の間隔で25回まで再送してよいが、本表はこの一例を示します。

(A) Iフレームの情報部の最大ビット数 (N_1)

N_1 は、DTE 又は DCE が受入れることのできる I フレームの情報部の最大ビット数です。 N_1 を超える情報を送信する場合は、複数の I フレームに分割して送信しなければなりません。

(B) システム回復移行タイムアウト回数 (N_2)

N_2 は、高位レベル (参考 1 参照) の回復動作を開始する連続タイムアウトの回数です。

(C) 最大アウトスタンディング I フレーム数 (N_3)

N_3 は、DTE 又は DCE に受入れられたことを確認しないで送信できる I フレームの最大数です。

(D) 受信確認用タイマの限界値 (T_1)

T_1 は、受信確認用タイマの限界値です。

(2) DTE 及び DCE に必要なカウンタには、次のものがあります。

(A) 送信状態変数 $V(S)$

$V(S)$ は、I フレームの送信順序番号を決定するために使用し、次に送信する I フレームの送信順序番号を示します。

(B) P ビット送信時送信状態変数 (J)

J は、P/F ビットのチェックポイント機能による DTE 及び DCE における $N(S)$ の順序番号誤りを検出するために使用し、P ビットが「1」のフレーム (そのフレームが I フレームならばその I フレームを含みます。) を送信直後の送信状態変数の値を示します。

(C) 受信状態変数 $V(R)$

$V(R)$ は、受信 I フレームの送信順序番号誤りの有無を判断するために使用し、次に受入れるべき I フレームの送信順序番号を示します。

(D) 最旧未確認状態変数 (L)

L は、受信したフレームの受信順序番号誤りを判断するために使用し、すでに送信し、DTE 又は DCE に受入れられたことを確認していない最も古い I フレームの送信順序番号を示します。

(E) アウトスタンディング I フレーム数 (O)

O は、続けて送信できる後続の I フレーム数を管理するために使用し、すでに送信し、DTE 又は DCE に受入れられたことを確認していない I フレームの数を示します。また、 O に N_3 の値を設定して I フレーム送信不可の状態にすることができます。

アウトスタンディング I フレーム数と他の変数との間に、 $O = V(S) - L$ の関係があります。

(F) 連続タイムアウト回数 (K)

K は、タイムアウトによる高位レベルの回復動作の開始を判断するために使用し、連続してタイムアウトになった回数を示します。

(G) 受信確認用タイマ (T)

T は、送信したフレームに対して応答がもどるまでの時間を示します。 T の値が T_1 を超えるとタイムアウトになります。

4.2 データリンク制御動作のための条件

- (1) FCS 誤りのあるフレーム又は無効フレームを受信したとき、DTE 及び DCE は、そのフレームを受信しなかったように動作することとします。

(2) アンダラン（フレームの送信において送信すべきビットシーケンスの回線への送信が間に合わなくなることをいいます。）が発生したときには、そのフレームをアボート（破棄）することとします。アボートしたフレームを改めて送信してもかまいませんが、再送とはみなしません。

(3) アドレス部は、コマンドとレスポンスの区別をするために使用します。（2.1 (2)参照）。

DCE は、アドレス部を制御部より優位のものとし、すなわち、アドレス部の設定が誤ったため、制御部が未定義のコマンド又はレスポンスになった場合は、アドレス部を正しいものとして FRMR レスポンスを送信します。

また、DTE 又は DCE は、アドレス部に図41.2で規定されている以外のアドレスを含むフレームを廃棄するものとします。

(4) ビジー状態（後続の I フレームを受入れることができない状態をいいます。）^(注) 発生^(注)の契機は、DTE によって異なるが、I フレームの受信によるバッファ不足、装置内部の故障等が考えられます。ビジー状態の発生及び解除の命令は、高位レベルからあるものとします。

(注) DTE の機能によっては、RNR コマンド及び RNR レスポンスの送信後もいくつかの I フレームを受信できる場合もあります。

(5) 通信の開始及び終了に関する指示は、高位レベルからあるものとしこの項では規定しません。

(6) DCE が廃棄する I フレームは次の通りです。

- (A) FCS 誤り検出又は無効フレームとなった I フレーム
- (B) REJ 誤り状態において、再送を指示した I フレーム以外の受信 I フレーム
- (C) ビジー状態表示後の I フレーム
- (D) DISC コマンド受信後の該当 DTE 向けの網内滞留 I フレーム
- (E) 連続タイムアウト回数 $K=N_2$ になったとき、該当 DTE 向けの網内滞留 I フレーム

4.3 動作モードの設定

4.3.1 SABM コマンドの送信

(1) DTE は、次の場合に、連続タイムアウト回数 K を 0 に設定し、P ビット「1」の SABM コマンドを送信して、受信確認用のタイマ T をスタートするものとします。

(A) 通信を開始する場合

SABM コマンドの送信に先立ち、DTE は、フラグシーケンスを 1 以上連続送信する必要があります。これに対し、DCE も折返し、フラグシーケンスを連続送信します。DCE からのフラグシーケンスの送信が DTE に先立って行われることがあります。

(B) DCE から SABM コマンドの送信要求を受け入れた場合

(C) 動作モードを再設定する必要があるが発生した場合

(2) DTE は、SABM コマンドを送信した後、場合により次の動作を行うものとします。

(A) F ビット「1」の UA レスポンスを受信したとき、 T をストップし、 K を 0 に設定するものとします。また、状態変数等の初期設定を行うものとします。

(B) F ビット「1」の DM レスポンスを受信したとき、 T をストップし、通信を終了するものとします。

(C) F ビット「0」の DM レスポンスを受信したときは、その DM レスポンスを廃棄するものとしま

す。

- (D) FRMR レスポンスを受信したときは、高位レベルの回復動作に移行するものとします。
- (E) 上記以外のコマンド又はレスポンスは無視するものとします。
- (F) タイムアウトになったとき、Kに1を加算し、Pビット「1」のSABMコマンドを再送して、Tをスタートするものとします。Kが N_2 に等しくなった場合は、高位レベルの回復動作を行うものとします。

4.3.2 SABM コマンドの受信

Pビット「1」のSABMコマンドを受信したDCEは、ABMモードに移行できる状態のときは、Fビット「1」のUAレスポンスを送信します。

ABMモードに移行できないときは、Fビット「1」のDMレスポンスを送信します。

4.4 情報フレームの送受信

4.4.1 情報フレームの送信

- (1) DTE又はDCEは、Iフレームを送信する場合、 $V(S)$ 及び $V(R)$ をそれぞれ制御部の $N(S)$ 及び $N(R)$ として設定し、また、Pビットを設定し、 $V(S)$ に1を加算するものとします。ただし、タイムアウトによってIフレームを再送する場合は、 $V(S)$ を更新しないこととします。
- (2) DTE又はDCEは、次のすべての条件を満足しなければ、Iフレームを送信することができません。
 - (A) SABMコマンドに対するUAレスポンスを受信又は送信した時点から、動作モード終了(Pビット「1」のRNRコマンドを送信し、Fビット「1」の監視レスポンス受信後、Pビット「1」のDISCコマンドを送信する動作モードの終了をいいます。)の指示又は強制動作モード終了(Pビット「1」のRNRコマンドを送信せず、Pビット「1」のDISCコマンドを送信する動作モードの終了をいいます。)の指示があるまでの間。
 - (B) アウトスタンディングIフレーム数Oが N_3 未満の場合。
 - (C) 相手が非ビジー状態(Iフレームを受信するDTE又はDCEが非ビジー状態)の場合。
 - (D) タイムアウト後でない場合。(DTEに限ります。)

4.4.2 情報フレームの受信

- (1) 誤りのない情報フレームの受信

DTE又はDCEは、制御部の $N(S)$ の値が $V(R)$ に等しいIフレームを受信した場合、 $V(R)$ に1を加算し、Iフレームを誤りなく受信したことをDCE又はDTEに通知するものとします。その通知は、送信すべきIフレームがあれば、Iフレームの $N(R)$ で行い、送信すべきIフレームがなければ、RRレスポンス又はRNRレスポンスの $N(R)$ で行います。送信すべきIフレームがない場合、原則として受信した個々のIフレームに対してRRレスポンス又はRNRレスポンスを送信するが、DTE又はDCEでタイムアウトとならない時間内において、受信した複数のIフレームに対して1つのRRレスポンス又はRNRレスポンスを送信してもかまいません(受信Iフレームに対する通知フレームは、Iフレーム受信後速かに送信する必要があります。)

- (2) 順序番号誤りのあるIフレームの受信

DTE 又は DCE は、順序番号誤りのある I フレームを受信すると、REJ 誤り状態として次の処置を行うものとします。

(A) REJ 誤り状態の処置

N(S) の値が V(R) に等しくない I フレームを受信した場合、REJ 誤り状態となり、そのフレームの P/F ビットと N(R) を解読するが、情報部を廃棄し、REJ 誤り状態になったことを通知するため、REJ レスポンスを送信するものとします。REJ 誤り中に、N(S) の値が V(R) に等しくない I フレームを受信した場合、その I フレームの P/F ビットと N(R) を解読するが、情報部は廃棄するものとします。

(B) REJ 誤りの状態のクリア

N(S) の値が V(R) に等しい I フレームを受信した場合、REJ 誤り状態をクリアします。このとき、DTE 又は DCE は、V(R) に 1 を加算し、I フレームを誤りなく受信したことを DCE 又は DTE に通知するものとします。

(3) 情報部をもたない I フレームの受信

情報部をもたない I フレームを受信した場合、データリンクレベルでは I フレームを受信したように動作するものとします。

4.4.3 順序番号誤りの回復

(1) DTE 又は DCE は送信順序番号誤りが発生したことを、P/F ビットのチェックポインティング機能又は REJ レスポンスの受信により検出します。

(2) 送信順序番号誤りの回復方法は、次の通りです。

(A) P/F ビットのチェックポインティング機能により検出した場合の回復

DTE 又は DCE は、F ビット「1」の RR レスポンス又は RNR レスポンスを受信したフレームの N(R) が、P ビット送信時の送信状態変数 J よりも小さい場合、そのフレームの N(R) を V(S) に設定し、I フレームの再送を開始するものとします。ただし、タイムアウト後の場合を除き、P/F ビットのチェックポインティング機能による回復を行わなくてもよいものとします。

I フレームの再送は、受信フレームの N(R) で示される I フレームから、元の順序通りとし、再送 I フレームの N(R) と P ビットの値を再送する時点の状態によることとします。また、複数の再送 I フレームに続いて複数の新しい I フレームを送信してもよいものとします。

チェックポインティングによる I フレームの再送は、F ビット「1」のフレームを受信する前に P/F ビット「0」の REJ レスポンスを受信した場合は行いません。

(B) REJ フレーム受信による回復

DTE 又は DCE は、REJ レスポンスを受信した場合、そのフレームの N(R) の値を V(S) に設定し、I フレームの再送を開始します。I フレームの再送は、受信フレームの N(R) で示される I フレームから元の順序通りとし、再送フレームの N(R) と P ビットの値を再送する時点の状態によるものとします。また、複数の再送フレームに続いて複数の新しい I フレームを送信してもよいものとします。

なお、チェックポインティング機能による再送を開始している場合に、チェックポインティングにより指示された N(R) を持つ REJ フレームを受信したとき、REJ フレームによる再送は行わなくてよいものとします。

4.4.4 P/Fビットの制御

(1) Pビットを「1」にする条件

DTE又はDCEは、レスポンスを必要とするコマンドを送信する場合、Pビットを「1」とします(3.4(4)参照)。

(2) Fビットを「1」にする条件

DTE又はDCEは、Pビット「1」のコマンドを受信した後、できるだけ速かに、Pビット「1」のコマンドの送信よりも優先してFビット「1」のレスポンスを送信するものとします。

4.4.5 ビジー状態の発生・解除

(1) DTE又はDCEは、ビジー状態が発生した場合、ビジー状態になったことを通知するために、RNRコマンド又はRNRレスポンスを送信するものとします。ビジー状態であるDTE又はDCEが送信できるSフレーム又はIフレームは、RNRフレーム及びIフレームのみです。

DTEは、ビジー状態においてIフレームを受信した場合、受入れられるものは受入れてもかまいません。

DTEのビジー状態が15秒以上続くと、DCEは、滞留中のパケットを廃棄し、フレームレベル及びパケットレベルの初期設定を行うことがあります。

(2) DTE又はDCEは、ビジー状態が解除された場合、ビジー状態をクリアし、次のコマンド又はレスポンスを送信することにより、ビジー状態の解除を通知するものとします。

(A) DTE ビジー状態解除通知(DTEからDCEへのコマンド)。ただし、ビジー解除を確実にを行うため、

(a)及び(b)についてもPビットを「1」に設定して使用するものとします。

(a) RR コマンド

(b) REJ コマンド

(c) Pビット「1」のSABM コマンド

(B) DCE ビジー状態解除通知(DCEからDTEへのレスポンス)

(a) RR レスポンス

(b) REJ レスポンス

(c) Pビット「1」のSABM コマンドに対する、Fビット「1」のUA レスポンス

(3) DCEは、DCE ビジー解除通知をPビット「1」のSコマンドで行えないため、ビジー解除通知用のフレームの紛失などにより、ビジー解除通知を確実に行えない場合があります。このため、DTEは、適当な周期^(注)でPビット「1」のRRコマンドを送信してDCEのビジー状態継続を監視する必要があります。

(注) RRコマンドを送信する周期は当面、T1のタイミングとします。

4.5 タイマ制御とタイムアウト後の動作

(1) DTE又はDCEは、Iコマンド、Pビット「1」のコマンド及びFRMRレスポンスを送信した場合、受信確認用タイマTをスタート(停止しているタイマを初期値から開始することをいいます。)又はリスタート(動いているタイマを初期値から再開することをいいます。)するものとします。

(2) 次の場合は、Tをストップするものとします。ただし、FRMRレスポンス送出時にスタートしたT

のストップについては、4.7項を参照して下さい。また、Fビット「1」のレスポンスを受信した場合、連続タイムアウト回数Kを0に設定するものとします。

- (A) Pビット「0」のIコマンドの送信に対してV(S)に等しいN(R)を持つフレームを受信した場合
 - (B) Pビット「1」のコマンド送信に対してFビット「1」のレスポンスを受信した場合
 - (C) Pビット「1」のIフレームの送信に対してV(S)に等しいN(R)を持つ、Fビット「1」のレスポンスを受信した場合
- (3) タイムアウトになった場合、DTEは、Kに1を加算し、Iコマンドを除きタイムアウトになったコマンドのPビットを「1」にセットし、再送するものとします。Iコマンドにあっては、Pビット「1」のRRコマンド又はRNRコマンドを送信します。Kが N_2 に等しくなったときに、DTEは、高位レベルの回復動作を行い、DCEは、該当DTE向けの送信待Iフレームを廃棄し、DMレスポンスを送信します。

4.6 切断モードに移行する直前の制御

DTEは、高位レベルより動作モード終了又は強制動作モード終了の指示があった場合、以降Iフレームを送信せず、受信Iフレームは無視するものとします。

(1) 動作モード終了

動作モード終了の指示があった場合、DTEは、連続タイムアウト回数Kを0に設定し、Fビット「1」の監視レスポンス受信後の状態になったとき、Pビット「1」のRNRコマンドを送信し、受信確認用タイマTをスタートするものとします。

DTEは、RNRコマンドを送信した後、以下の動作を行うものとします。

- (A) Fビット「1」の監視レスポンスを受信した場合、Kを0に設定してPビット「1」のDISCコマンドを送信し、Tをスタートするものとします。その後の動作は、次項(2)の(A)、(B)、(C)に従うものとします。
- (B) タイムアウトになった場合、Kに1を加算し、Pビット「1」のRNRコマンドを再送して、Tをスタートするものとします。Kが N_2 に等しくなったときは、高位レベルの回復動作を行うものとします。

(2) 強制動作モード終了

強制動作モード終了の指示があった場合、DTEは、Kを0に設定し、Fビット「1」のレスポンス受信後の状態になったとき、Pビット「1」のDISCコマンドを送信し、Tをスタートします。

DTEは、DISCコマンドを送信した後、以下の動作を行うものとします。

- (A) DTEは、Fビット「1」のUAレスポンス又はFビット「1」のDMレスポンスを受信した場合、DCEが切断モードへ移行したものと判断します。
- (B) 監視レスポンスを無視します。
- (C) タイムアウトになった場合、Kに1を加算し、Pビット「1」のDISCコマンドを再送して、Tをスタートします。Kが N_2 に等しくなった場合は、高位レベルの回復動作を行うものとします。

4.7 再送で回復できない誤りのあるフレーム受信後の動作

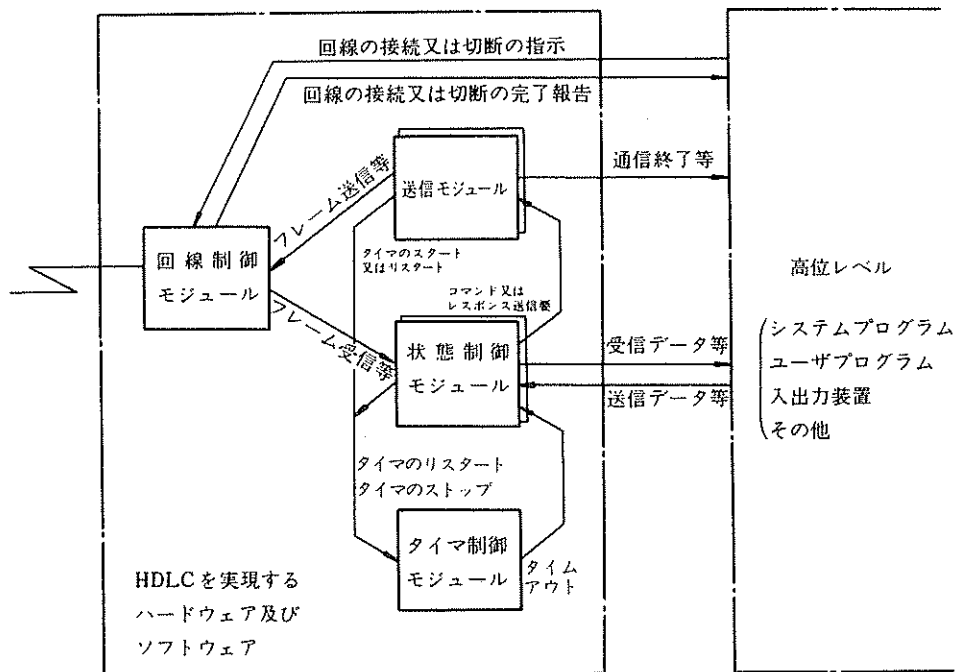
- (1) 動作モード設定後、FCS 誤りのないフレームで、次の誤りのあるフレームを受信した場合、DTE 又は DCE は、再送で回復できない誤り状態に移行するものとします。
 - (A) 未定義又はインプリメントしていないコマンド又はレスポンスを持つフレーム
 - (B) 情報部を含んではならないにもかかわらず、情報部を含んだコマンド又はレスポンスを持つフレーム
 - (C) N_1 を超える情報部を持つ I フレーム (動作モード終了要求の指示の直前まで)
 - (D) 無効 N(R) を持つフレーム
- (2) DTE 又は DCE は、前項各号のフレームを受信した場合、連続タイムアウト回数 K を 0 に設定し、P ビット「1」のコマンドを受信していない状態のときは、F ビット「0」の FRMR レスポンスを送信し、P ビット「1」のコマンドを受信後の状態のときは、F ビット「1」の FRMR レスポンスを送信して、受信確認用タイム T をスタートするものとします。
- (3) 動作モード設定後、FRMR レスポンスを受信すると、DTE は、高位レベルの回復動作に移行するものとします。また、DCE は、F ビット「0」の DM レスポンスを送信します。なお、DTE は、FRMR レスポンスの F ビットが「1」のときは、 T をストップするものとします。
- (4) DCE が SABM コマンド、DISC コマンド又は DM レスポンスを受信した場合、又は DTE が DM レスポンスを受信した場合、DCE 又は DTE は、再送で回復できない誤り状態をリセットし、 T をストップするものとします。
- (5) T がタイムアウトになった場合、DTE 又は DCE は、 K に 1 を加算し、(2)項の動作を再度行うものとします。 K が N_2 に等しくなったときは、DTE は、高位レベルの回復動作を行うものとします。また、DCE は、該当 DTE への送信待 I フレームを廃棄します。

参考1 状態遷移例

この状態遷移は、ハードウェア及びソフトウェアの構成例によるハイレベルデータリンク制御手順(HDLC)を示したものです。なお、ハードウェア及びソフトウェアの構成は、インプリメンテーションの例であり、実際の構成を規定するものではありません。

1 状態遷移で示す範囲

参考図41.1は、この状態遷移で示す HDLC を実現するためのハードウェア及びソフトウェアの機能的構成の想定を示したものです。状態遷移表と処理状態遷移表で規定する範囲は、このうち状態制御モジュールと送信モジュールの機能です。



- (備考) 1 回線制御モジュールは、主としてフレームの送受信を行うハードウェア及びソフトウェアであり、フラグシーケンスの作成及び検出、透過性の処理、FCSの付加及び検査、ある種の受信フレームの廃棄等を実行します。この外、回線の接続又は切断の機能を有します。
- 2 送信モジュールは、状態制御モジュールの指示に基づいて送信すべきフレームを作成します。また、フレームの送信に関連する状態の遷移等を行います。
- 3 状態制御モジュールは、高位レベル、回線制御モジュール及びタイマ制御モジュールからの指示又は通知を受け、これらを解析して、状態の管理及び遷移、コマンド又はレスポンスの送信指示等を行います。
- 4 タイマ制御モジュールは、状態制御モジュール及び送信モジュールの指示に基づき、回線動作の時間監視に必要なタイマの歩進とタイムアウトの通知を行います。

参考図41.1 HDLCを実現するハードウェア及びソフトウェアの機能的構成 (概念図)

2 記述しない機能

状態制御モジュールと送信モジュールの機能を、状態遷移表と処理状態遷移表で規定するに当たり、状態種別、カウンタ及び入出力インタフェースを定める必要があります。このために基本となる他モジュールとの機能分担を想定し、状態遷移表にも処理状態遷移表にも記述しない機能を示します。

以下に基本的な考え方を示します。

(1) 回線制御モジュールの機能として想定する機能

(A) FCS 誤りのある受信フレーム及び無効フレームの廃棄

FCS 誤りのある受信フレーム及び無効フレームを廃棄します。(状態制御モジュールへの入力として FCS 誤りのあるフレーム受信及び無効フレーム受信を設けません。)

(B) アンダラン発生時の処理

アンダラン (フレームの送信において送信すべきビットシーケンスの回線への送信が間に合わなくなることです。)が発生した場合は、そのフレームをアボートします。アンダラン発生によるフレームの再送は、回線制御モジュールが行います。(状態制御モジュール又は送信モジュールへの入力としてアンダラン発生を設けません。)

(2) タイマ制御モジュールの機能として想定する機能

(A) 状態制御モジュール又は送信モジュールの指示によるタイマのスタート又はリスタート

(B) タイマの歩進

(C) 状態制御モジュールの指示によるタイマのストップ

(D) タイムアウトの通知

(3) 高位レベルの機能として想定する機能

(A) 通信の開始及び終了に関する指示

(B) データ送信可及び不可の管理、送信データの送信指示及び受信データの引取り

(C) ビジー状態に関する指示

(D) 再送で回復できない誤りの回復処理

以上の機能分担に基づき、状態制御モジュール又は送信モジュールへの入力と出力とを定めることができます。状態制御モジュールの入出力インタフェースを参考表41.1、参考表41.2に、送信モジュールの入出力インタフェースを参考表41.3、参考表41.4に示します。なお、これらの表中のアンダラインは、状態遷移表及び処理状態遷移表での語句を表します。

高位レベルの主な入出力インタフェースの相互関係を参考表41.5に示します。

参考表 41.1 状態制御モジュールの入力インタフェース

相手モジュール	入力種別	備考
回線制御モジュール	フレーム受信	
タイマ制御モジュール	タイムアウト	
高 位 レ ベ ル	通信開始 相手からの動作モード設定待 動作モード再設定指示 動作モード終了指示 強制的動作モード終了指示 送信データ 最終送信データ ビジー発生 ビジー解除 相手ビジー状態問合せ要求	DTEのみです。

参考表 41.2 状態制御モジュールの出力インタフェース

相手モジュール	出力種別	備考
送信モジュール	Iフレーム送信要 Iフレーム再送要 (注) RR, RNR, REJ送信要 非番号制フレーム(SABM等)送信要	複数のIフレームを再送する 場合があるが、処理状態遷移 表には1回のみ記述します。
タイマ制御モジュール	タイマのリスタート タイマのストップ	
高 位 レ ベ ル	通信終了報告 データ送信可 受信データ 相手ビジー状態通知 相手ビジー状態解除の通知 システム回復要 相手システム回復 相手からの動作モード再設定要求 動作モード再設定完了	「相手ビジー」が優先します。

(注) RR送信要は、送信モジュールでフレーム送信時の状態により、RR又はRNRとなります。

参考表 41.3 送信モジュールの入力インタフェース

相手モジュール	入力種別	備考
状態制御モジュール	参考表41.2の相手モジュールが送信モジュールの場合と同じです。	

参考表41.4 送信モジュールの出力インターフェース

相手モジュール	出力種別	備考
回線制御モジュール	コマンド及びレスポンスの略称、P/F送信指示 コマンド及びレスポンスの略称送信指示	P/Fビット=「1」 例：SABM, P, RR, F P/Fビット=「0」 例：I, RNR
タイマ制御モジュール	タイマのスタート及びリスタート	
高位レベル	通信終了報告 データ送信不可	

参考表41.5 高位レベルの主な入出力インターフェースの相互関係

項番	データリンクレベルの相互関係	(注) 方向	高位レベルの相互関係	入出力種別	備考
1		← → →		通信開始又は動作モード再設定 データ送信可 通信終了	
2		→ →		モード再設定 データ送信可	
3		← → ←		相手動作モード設定待 データ送信可 強制動作モード終了又は動作モード終了要求	
4		← →		動作モード終了又は強制動作モード終了 通信終了	
5		→ → →		データ送信可 データ送信不可又は受信データ データ送信不可	
6		← ←		ビジー発生 ビジー解除	
7		→ → ← → →		相手ビジー 相手ビジー 相手ビジー問合せ 相手ビジー 相手ビジー解除	
8		→ ←		システム回復要 動作モード再設定又は強制動作モード終了	K + N 2 の場合のみです。

(注) 方向→は、高位レベルへ、方向←は、高位レベルからを示します。

3 定義する状態種別等

状態制御モジュール及び送信モジュールは、その入力に従って状態遷移を行います。その状態種別を参考表41.6、参考表41.7に示します。ある時点の状態は、いくつかの状態種別の組合せによって表わされます。状態制御モジュール又は送信モジュールが持つカウンタ及びシステム定数をそれぞれ参考表41.8及び参考表41.9に示します。主な状態種別の遷移又はカウンタの設定を参考図41.2から参考図41.4までに示します。

状態遷移表又は処理状態遷移表で使用する記号を参考表41.10に示します。

参考表41.6 3つ以上の状態をもつ状態種別の状態の定義

項番	状態種別(略称)	意 味		備 考
1	自己フェーズ (M-Phase)	AA	DMレスポンス受信待ち状態です。	
		AB	SABM未送信状態です。	
		AC	UAレスポンス受信待ち状態です。	
		B	Iフレーム送受信状態です。	
		CA	Iフレームの送受信を終了し、RNRコマンド未送信状態です。	
		CB	DISCコマンド未送信状態です。	
		CC	UAレスポンス受信待ち状態です。	
		DA	再送で回復できない誤り状態です。	
2	動作モード設定不可能 (M-Set=N)	N	動作モード設定のコマンド送受信が不可能な状態です。	

参考表41.7 2つの状態(Y, N)をもつ状態種別の状態の定義

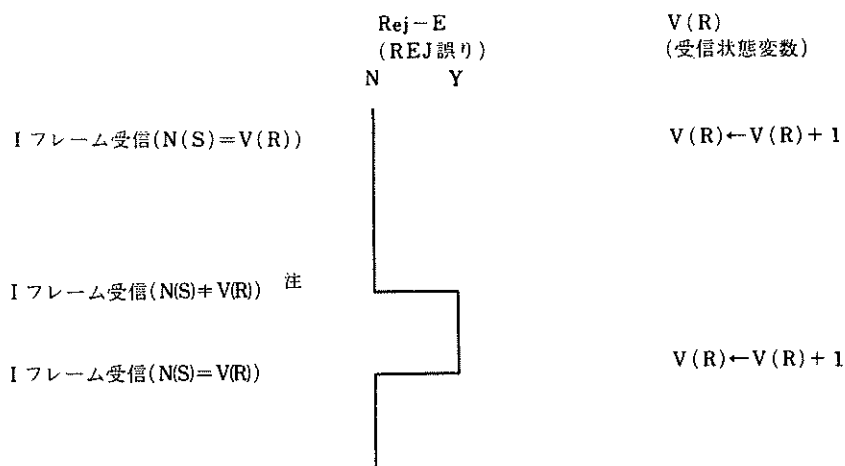
項番	状態種別	略 称	Y の 時 刻 の 意 味	備 考
1	動作モード設定可能	M-Set	M-Phaseが有効です。(M-Set=Nでは、SABMの送受信が不可能です。)	
2	ポール送信済	P-Sent	Pビットが「1」のフレームを送信済です。	
3	ファイナル送信済	F-Sent	Fビットが「1」のフレームを送信済です。	
4	ポール送信要	P-On	次に送信するフレームのPビットを「1」とします。	
5	自局ビジー	M-Busy	自局が、Iフレームを受入れることができません。	
6	相手局ビジー	Y-Busy	相手局が、Iフレームを受入れることができません。	
7	受信Iフレーム廃棄	Discard-I	受信したIフレームを廃棄します。	初期設定を除いて、この更新は、システムごとに決定します。
8	R E J 誤り	Rej-E	$N(S) \neq V(R)$ のIフレームを受信しました。	
9	Iフレーム再送開始	Retrans	Iフレームの再送を開始しました。	

参考表 41.8 カウンタの種類とその値

項番	カウンタ種別	略 称	カ ウ ン タ の 値	備 考
1	送信状態変数	V(S)	次の順序どおりのIフレームの送信順序番号を示します。	
2	受信状態変数	V(R)	次の順序どおりの受入れるべきIフレームの送信順序番号を示します。	
3	最旧未確認状態変数	L	以前送信し、相手に受入れられたことを確認していない最も古いIフレームの送信順序番号を示します。	
4	アウトスタンディングIフレーム数	O	以前送信し、相手に受入れられたことを確認していないIフレームの数を示します。また、 N_3 を設定し、Iフレーム送信不可を示します。	
5	連続タイムアウト回数	K	連続してタイムアウトになった回数を示します。	
6	Pビット送信時送信状態変数	J	Pビット=「1」のフレームを送信した時点のV(S)の値を示します。	
7	受信確認用タイマ	T	送信したフレームに対して応答が戻るまでの時間を示します。	

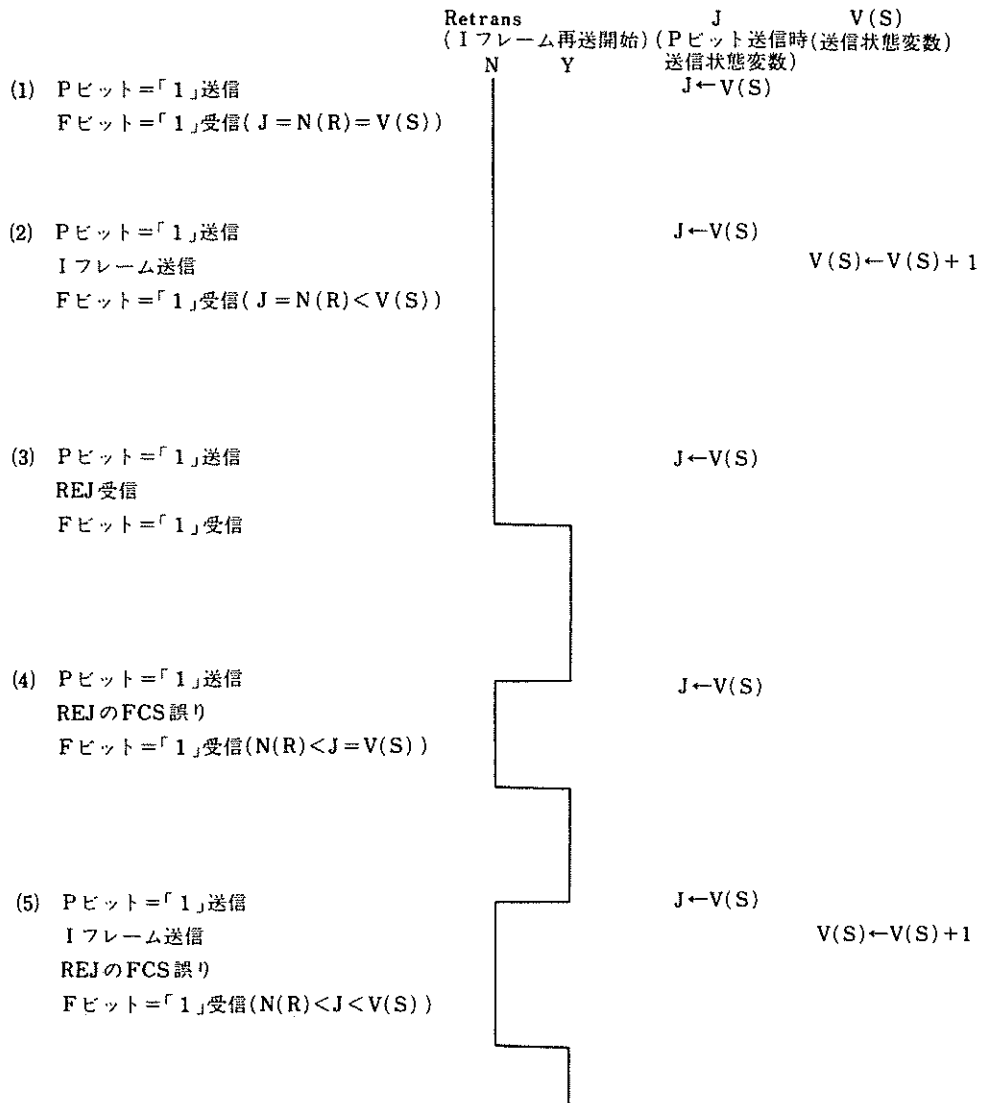
参考表 41.9 システム定数の種類とその値

項番	システム定数種別	略 称	シ ス テ ム 定 数 の 値	備 考
1	最大Iフレーム情報フィールドビット数	N_1	相手が受入れることができるIフレームの情報部の最大ビット数	
2	システム回復移行タイムアウト回数	N_2	システム回復に移行する連続タイムアウト回数	
3	最大アウトスタンディングIフレーム数	N_3	相手に受入れられたことを確認しないで送信できるIフレームの最大数	順序番号のモジュラス未満です。
4	受信確認用タイマの限界値	T_1	1つ又は複数のフレームが相手に受入れられたかどうか判断するためのタイマの限界値	

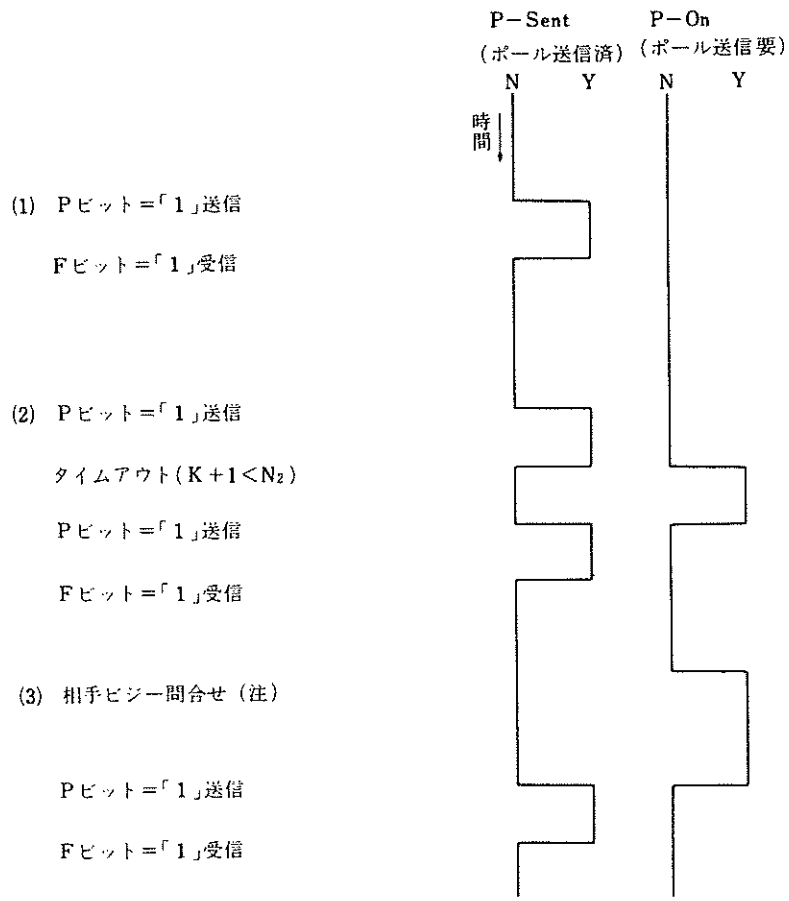


(注) そのフレームの情報部を廃棄します。

参考図 41.2 状態種別 Rej-E の遷移とカウンタ V(R) の設定




参考図 41.3 状態種別 Retrans の遷移とカウンタ J の設定



(注) 相手ビジー問合せはDTEのみ

参考図 41.4 状態種別, P-Sent, P-Onの遷移概要

参考表 41.10 状態遷移表又は処理状態遷移表で使用する記号

項番	記号	意味	例	例の意味
1	×	その状態遷移要因を無視することを示します。		
2	○	もとの状態であることを示します。		
3	△	その状態遷移要因を無視してもよいことを示します。	△ ○	I フレーム受信によって状態が変わらない、又は受信 I フレームを廃棄してもかまいません。
4	[フレーム廃棄]	受信したフレーム全体を受信しなかったように動作します。		
5	[情報部廃棄]	受信した I フレームの情報部のみ廃棄します。		
6	[保留]	該入力を実行できるようになるまで、保留することを示します。		
7	←	状態種別又はカウンタの設定値を示します。	$O \leftarrow O + 1$	カウンタ O に 1 を加えます。
8	V	カウンタの値によらないことを示します。	$O = V$	カウンタ O の値によりません。
9	*	入力の解析の一部が他の表にもあることを示します。		

参考表 41. 11 BAクラスDTEの状態遷移表

状態	動作モード設定不可	DM受信待ち	SABMコマンド未送信	UARESPONS受信待ち	Fビット「1」受信後																	
					Fビット「1」送信後								Pビット「1」受信後									
					相手局非ビジー				相手局ビジー				相手局非ビジー					相手局ビジー				
					自局非ビジー	相手局非ビジー	自局ビジー	相手局ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局ビジー	相手局ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局ビジー	相手局ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局ビジー	相手局ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー
					N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り
N	AA	AB1	AC2	B01	B02	B04	B05	B11	B12	B14	B15	B21	B22	B24	B25	B31	B32	B34	B35			
通信開始	AB1501																					
相手動作モード設定待ち	AA502																					
動作モード再設定																						
動作モード終了					CA1525	CA1525	CA1525	CA1525	CA1525	CA1525	CA1525	CA2525	CA2525	CA2525	CA2525	CA2525	CA2525	CA2525	CA2525			
強制動作モード終了	N505				CB1527	CB1527	CB1527	CB1527	CB1527	CB1527	CB1527	CB2527	CB2527	CB2527	CB2527	CB2527	CB2527	CB2527	CB2527			
ビジー発生					B04517	B05517			B14517	B15517				B24517	B25517			B34517	B35517			
ビジー解除							B01518	B02518				B11518	B12518						B31518	B32518		
タイムアウト				AB1514	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522	○522		
N2回連続してタイムアウト				N515	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523	N523		
I, P送信				B41	B42	B44	B45															
I, P̄送信				○516	○516	○516	○516															
I以外, P送信			AC2 SABM	B41 RR	B42 RR/REJ	B44 RNR	B45 RNR	B51 RR	B52 RR/REJ	B54 RNR	B55 RNR											
I以外, P̄/F送信				○RR	○RR/REJ	○RNR	○RNR	○RR	○RR/REJ	○RNR	○RNR											
I以外, F送信	○DM											B01 RR	B02 RR/REJ	B04 RNR	B05 RNR	B11 RR	B12 RR/REJ	B14 RNR	B15 RNR			
I, P̄ (N(S)=V(R))				○001	B01001	△001	△04001	○001	B11001	△001	△14001	○001	B21001	△001	△24001	○001	B31001	△001	△34001			
I, P̄ (上記以外)				B02005	○003	△05004	△02002	B12005	○003	△15004	△02002	B22005	○003	△25004	△02002	B32005	○003	△35002	△02002			
I, P (N(S)=V(R))	○503			B11001	B21001	△24001	△24001	B31001	B31001	△34001	△34001											
I, P (上記以外)	○503			B22005	B22003	△25004	△25002	B32005	B32003	△35004	△35002											
RR, F																						
RR, F̄				○007	○007	○007	○007	B01006	B02006	B04006	B05006	○007	○007	○007	○007	B21006	B22006	B24006	B25006			
RNR, F																						
RNR, F̄				B11008	B12008	B14008	B15008	○008	○008	○008	○008	B31008	B32008	B34008	B35008	○008	○008	○008	○008			
REJ, F																						
REJ, F̄				○010	○010	○010	○010	B01009	B02009	B04009	B05009	○010	○010	○010	○010	B21009	B22009	B24009	B25009			
UA, F				B01511																		
DM, F				N508																		
DM, F̄		AB1504		AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508	AB1508			
FRMR, F				DA512																		
FRMR, F̄				DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513	DA513			
再送で回復できない誤り Fビット=「1」																						
再送で回復できない誤り P/Fビット=「0」				DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521	DA521			
再送で回復できない誤り Pビット=「1」	○503			DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519	DA519			

Pビット「1」送信後																Fビット「1」受信後				Pビット「1」送信後				U A			
Fビット「1」送信後								Pビット「1」受信後								Fビット「1」送信後		Pビット「1」受信後		レスポンス受信待ち	再送で回復できない誤り						
相手局非ビジー				相手局ビジー				相手局非ビジー				相手局ビジー				RNRコマンド未送信		DISCコマンド未送信									
自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	自局非ビジー	相手局非ビジー	RNRコマンド未送信	DISCコマンド未送信	RNRコマンド未送信	DISCコマンド未送信	RNRコマンド未送信	DISCコマンド未送信	RNRコマンド未送信	DISCコマンド未送信	CC2	DA
N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り	N(S)正常	REJ誤り										
B 41	B 42	B 44	B 45	B 51	B 52	B 54	B 55	B 61	B 62	B 64	B 65	B 71	B 72	B 74	B 75	CA1	CB1	CA2	CB2	CA3	CB3	CA4	CB4	CC2	DA		
																										AB1 536	
CA3 524	CA3 524	CA3 524	CA3 524	CA3 524	CA3 524	CA3 524	CA3 524	CA4 524	CA4 524	CA4 524	CA4 524	CA4 524	CA4 524	CA4 524	CA4 524												
CB3 526	CB3 526	CB3 526	CB3 526	CB3 526	CB3 526	CB3 526	CB3 526	CB4 526	CB4 526	CB4 526	CB4 526	CB4 526	CB4 526	CB4 526	CB4 526											CB1 537	
B 44 517	B 45 517			B 54 517	B 55 517			B 64 517	B 65 517			B 74 517	B 75 517														
		B 41 518	B 42 518			B 51 518	B 52 518			B 61 518	B 62 518			B 71 518	B 72 518												
B 01 522	B 02 522	B 04 522	B 05 522	B 11 522	B 12 522	B 14 522	B 15 522	B 21 522	B 22 522	B 24 522	B 25 522	B 31 522	B 32 522	B 34 522	B 35 522	○ 528	CA1 529	○ 528	CA2 529	CA1 528	CA1 529	CA2 528	CA2 529	CB1 531	○ 535		
N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523	N 523		N 515		N 515	N 515	N 515	N 515	N 515	N 515			
○ I 516	○ I 516	○ I 516	○ I 516																								

参考表41.12 受信Iフレームの解析による処理状態遷移表 *：参考表41.15に継続

入力とその解説				状態及びカウンタの更新	タイマ制御	フレーム送信指	高位レベルへの通知	備考	索引番号
フレーム受信	I	Discard-I=Y(フレーム廃棄)							000
	I	Discard-I=N	N(S)=V(R)		Rej-E←N V(R)←V(R)+1		(RR送信要) (注1)	受信データ	001*
			N(S)≠V(R)	Rej-E=Y	M-Busy=Y		(RNR送信要) (注2)		002*
					M-Busy=N				003*
		情報廃棄部	Rej-E=N		M-Busy=Y	Rej-E←Y		(RNR送信要) (注2)	
	M-Busy=N			Rej-E←Y		REJ送信要		005*	

(注1) (RR送信要)は、Y-Busy=Nかつ送信Iフレーム有の場合は送信しなくてもかまいません。

(注2) (RNR送信要)は、P/Fビット=「0」です。

参考表41.13 受信監視フレームの解析による処理状態遷移表*：参考表41.15に継続

入力とその解説				状態及びカウンタの更新	タイマ制御	フレーム送信指	高位レベルへの通知	備考	索引番号
フレーム受信	RR	Y-Busy=Y		Y-Busy←N			相手ビジー解除		006*
		Y-Busy=N							007*
	RNR			Y-Busy←Y			相手ビジー		008*
	REJ	Y-Busy=Y		Y-Busy←N, V(S)←N(R) Retrans←Y		I再送要	相手ビジー解除	(注)	009*
		Y-Busy=N		Retrans←Y, V(S)←N(R)		I再送要			010*

(注) V(S)←N(R)は、参考表41.15におけるOの更新を行った後行うこととします。

参考表41.14 BAクラス・DTEの処理状態遷移表

M-Phase	入力とその解析		状態及びカウンタの更新	タイマ制御	フレーム送信指示	高位レベルへの通知	備考	索引番号	
M-Set = N	通信開始		M-Set←Y, M-Phase←AB K←0		SABM送信要		初期値 M-Set=N	501	
	相手動作モード設定待		M-Set←Y, M-Phase←AA				P-Sent=N	502	
	フレーム受信	Pビット=「1」のコマンド	F-Sent←N			DM送信要		F-Sent=N	503
レスポンス、Pビット=「0」のコマンド〔フレーム廃棄〕						F-Sent=Y	—		
M-Phase = AA	フレーム受信	DM	Fビット=「1」					—	
			Fビット=「0」	M-Phase←AB, P-Sent←N, K←0		SABM送信要		504	
	その他〔フレーム廃棄〕							—	
強制動作モード終了			M-Set←N			通信終了		505	
M-Phase = AC	フレーム受信	DM	Fビット=「1」	M-Set←N, P-Sent←N	Tストップ		通信終了	508	
			Fビット=「0」				—		
		UA		M-Phase←B, P-Sent←N M-Busy←N, Y-Busy←N Rej-E←N, P-On←N Retrans←N, Discard-I←N V(S)←0, V(R)←0, L←0, O←0, K←0	Tストップ		データ送信可		511
		FRMR	Fビット=「1」	M-Phase←DA, P-Sent←N	Tストップ		システム回復要		512
	Fビット=「0」		M-Phase←DA			システム回復要		513	
	その他〔フレーム廃棄〕							—	
	タイムアウト	K+1 ≠ N ₂		M-Phase←AB, P-Sent←N K←K+1		SABM送信要			514
		K+1 = N ₂		M-Set←N			システム回復要		515
	M-Phase = B	送信データ又は最終送信データ	Y-Busy=Y (保留)						
			Y-Busy=N	0+1 ≤ N ₃		O←O+1		I送信要	
0+1 > N ₃ (保留)									
ビジー発生			M-Busy←Y			RNR送信要		517	
ビジー解除			M-Busy←N, P-On←Y			RR送信要		518	
フレーム受信		I		*参考表41.12					
		RR, RNR, REJ	L ≤ NR) ≤ V(S)		*参考表41.13				
			NR) < L 又は NR) > V(S)		*参考表41.15				
		DM		M-phase←AB, P-Sent←N, K←0	Tストップ	SABM送信要		通信終了	508
		FRMR(M-Phase=ACの場合に同じ)							512/513
		インプリメントしていない	Pビット=「1」	M-Phase←DA, F-Sent←N, K←0			FRMR送信要	相手システム回復	519
Fビット=「1」			M-Phase←DA, P-Sent←N, K←0	Tストップ		FRMR送信要	相手システム回復	520	
P/Fビット=「0」			M-Phase←DA, K←0			FRMR送信要	相手システム回復	521	
タイムアウト		K+1 ≠ N ₂		P-Sent←N, P-On←Y K←K+1, O←N ₃			RR送信要		522
		K+1 = N ₂		M-Set←N			システム回復要		523
動作モード終了	P-Sent=Y		M-Phase←CA, K←0					524	
	P-Sent=N		M-Phase←CA, K←0			RNR送信要		525	
強制動作モード終了	P-Sent=Y		M-Phase←CB, K←0					526	
	P-Sent=N		M-Phase←CB, K←0			DISC送信要		527	
M-Phase = CA	フレーム受信	RR, RNR, REJ *参考表41.15						—	
		I, UA (フレーム廃棄)						—	
		DM		M-Set←N, P-Sent←N	Tストップ			通信終了	508
		FRMR(M-Phase=ACの場合に同じ)							512/513
インプリメントしていない (M-Phase=Bの場合に同じ)							519~ 521		

参考表41.14つづく

参考表41.14つづき

M-Phase	入力とその解析		状態及びカウンタの更新	タイマ制御	フレーム送信指示	高位レベルへの通知	備考	索引番号	
M-Phase=CA	タイムアウト		P-Sent←N, K←K+1		RNR送信要		常にK+1=1	528	
	フレーム受信(M-Phase=CAの場合に同じ)						参考表41.15に相違有		
M-Phase=CB	タイムアウト	K+1 ≠ N ₂	M-Phase←CA, P-Sent←N, K←K+1		RNR送信要			529	
		K+1 = N ₂	M-Set←N			システム回復要		515	
M-Phase=CC	フレーム	I, RR, RNR, REJ (フレーム廃棄)	Pビット=「1」	F-Sent←N		DM送信要		503	
			Pビット=「0」					503	
	受信	UA, DM		M-Set←N, P-Sent←N	Tストップ		通信終了	530	
		FRMR(M-Phase=ACの場合に同じ)						512/513	
		インプリメントしていない(M-Phase=Bの場合に同じ)						519~521	
	タイムアウト	K+1 ≠ N ₂		M-Phase←CB, P-Sent←N, K←K+1		DISC送信要			531
K+1 = N ₂		M-Set←N			システム回復要		515		
M-Phase=DA	フレーム受信	I, RR, RNR, REJインプリメントしていない	Pビット=「1」	F-Sent←N		FRMR送信要		532	
			Fビット=「1」	P-Sent←N, K←0				533	
			P/Fビット=「0」(フレーム廃棄)						534
		DM(M-Phase=Bと同じ)							508
	その他(フレーム廃棄)							-	
	タイムアウト			P-Sent←N		FRMR送信要			535
	動作モード再設定			M-Phase←AB, P-Sent←N, K←0		SABM送信要			536
	強制動作モード終了 M-Phase=CB K←0 P-Sent←N F-Sent←Y				Tストップ	DISC送信要			537

参考表 41.15 BAクラス・DTEにおけるN(R)とP/Fビットの解析による処理状態遷移表

M-Phase	入力とその解析		状態及びカウンタの新 更	タイマ 制御	フレーム 送信要	高位レベル への通知	備考	索引 番号
M-Phase =B	$L \leq N(R) \leq V(S)$	Fビット =「1」	新Y-Busy=Y(注)	P-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R), K←0				
			Retrans =N	P-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R) Retrans←Y, V(S)←N (R), K←0		I再送要		
			Retrans =Y	P-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R), K←0				チェック ボイテ り受信 したN V(S)を 更新 しない 場合 V(S)- N(R)と して 再送要
		Pビット =「1」	新Y-Busy=Y	F-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R)		RR送信要		
			新Y-Busy=N	F-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R)		RR送信要		
		P/Fビット =「0」	L←N(R), O←V(S)-N(R)					
	N(R) ≥ J	Fビット =「1」	N(R)=V(S)	P-Sent←N, L←N(R) O←V(S)-N(R), K←0	Tスト ップ			
			N(R) ≠ V(S)	P-Sent←N, L←N(R) O←V(S)-N(R), K←0				
		Pビット =「1」	新Y-Busy=Y	F-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R)		RR送信要		
			新Y-Busy=N	F-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R)		RR送信要		
	P/F ビット= 「0」	P-Sent=N且つN(R) =V(S) P-Sent=Y又はN(R) ≠V(S)	L←N(R), O←V(S)-N (R), K←0 L←N(R), O←V(S)-N (R)	Tスト ップ				
	N(R) < L又は N(R) > V(S)	Fビット=「1」	M-Phase←DA, P- Sent←N, K←0	Tスト ップ	FRMR送 信要	相手シス テム回 復		
Pビット=「1」		M-Phase←DA, F-Sent←N		FRMR送 信要	相手シス テム回 復			
P/Fビット=「0」		M-Phase←DA		FRMR送 信要	相手シス テム回 復			
M-Phase =CA	$L \leq N(R) \leq V(S)$	Fビット=「1」	P-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R), K←0	Tスト ップ	RNR送信 要		538	
		P/Fビット=「0」	L←N(R), O←V(S)-N(R)				540	
		N(R) < L又はN(R) > V(S) (M-Phase=Bの場合に 同じ)						
M-Phase =CB	$L \leq N(R) \leq V(S)$	Fビット=「1」	P-Sent←N, L←N(R), O←V(S)-N(R), K←0	Tスト ップ	DISC送 信要		541	
		P/Fビット=「0」	L←N(R), O←V(S)-N(R)				543	
		N(R) < L又はN(R) > V(S) (M-Phase=Bの場合に 同じ)						

(注) 新Y-Busyは、参考表41.12又は参考表41.13の処理終了後のY-Busyの値を示します。

参考表41.16 BAクラス・DTEにおけるフレーム等送信による処理状態遷移表

M-Phase	状態制御モジュールからの入力とP/Fビット等の決定	隣接のフレーム等送信	状態及びカウンタの新	タイマ制御	高位レベルへの通知	備考				
M-Set = N	DM送信要		DM, F	F-Sent ← Y						
M-Phase = AB	SABM送信要		SABM, P	M-Phase ← AC, P-On ← N, P-Sent ← Y	Tスタート					
M-Phase = B	I送信要 又は I再送要	P-Sent = N	F-Sent = N	M-Busy = Y	O = V	RNR, F	F-Sent ← Y			
						I	V(S) ← V(S) + 1	Tスタート	RNR, Pは送信しなくてもかまいません	
			F-Sent = Y	M-Busy = N	O = V	RNR, P	P-Sent ← Y, Retrans ← N, J ← V(S), P-On ← N	Tスタート		
						RR, F及びI	V(S) ← V(S) + 1, F-Sent ← Y	Tスタート	P-On = NのときRR, Pは送信しなくてもかまいません	
			F-Sent = Y	M-Busy = N	O = V	RR, P	P-Sent ← Y, Retrans ← N, J ← V(S), P-On ← N	Tスタート		
		I				V(S) ← V(S) + 1	Tスタート	RNR, Pは送信しなくてもかまいません		
		P-Sent = Y	F-Sent = N	M-Busy = Y	O = V	P-On = Y	I, P	V(S) ← V(S) + 1, P-Sent ← Y, Retrans ← N, J ← 新V(S), P-On ← N	Tスタート	P-On = NでI, Pを送信してもかまいません
							P-On = N	I	V(S) ← V(S) + 1	Tスタート
			F-Sent = Y	M-Busy = N	O = V	RNR, F	F-Sent ← Y		RNR, FとIを送信する必要があります	
						I	V(S) ← V(S) + 1	Tスタート		
	RR, F及びI					V(S) ← V(S) + 1, F-Sent ← Y	Tスタート			
	RR送信要	P-Sent = N 且つ P-On = Y	F-Sent = N	M-Busy = Y	RNR, F	F-Sent ← Y				
					RR, F	F-Sent ← Y				
			F-Sent = Y	M-Busy = Y	RNR, P	P-Sent ← Y, P-On ← N, Retrans ← N, J ← V(S)	Tスタート			
					RR, P	同上	Tスタート			
		P-Sent = N 且つ P-On = N	F-Sent = N	M-Busy = Y	RNR, F	F-Sent ← Y				
					RR, F	F-Sent ← Y				
			F-Sent = Y	M-Busy = Y	RNR	Retrans ← N				
					RR	Retrans ← N				
				M-Busy = N	RNR, F	F-Sent ← Y				
RR, F					F-Sent ← Y					
RNR送信要	P-Sent = N	F-Sent = N	RNR, F	F-Sent ← Y						
			RNR, P	P-Sent ← Y, P-On ← N, Retrans ← N, J ← V(S)	Tスタート					
	P-Sent = Y	F-Sent = N	RNR, F	F-Sent ← Y						
			RNR							
REJ送信要	P-Sent = N	F-Sent = N	REJ, F	F-Sent ← Y						
			REJ, P	P-Sent ← Y, Retrans ← N, J ← V(S)	Tスタート	REJ, P又はREJのどちらかを送信する必要があります				
	P-Sent = Y	F-Sent = N	REJ							
			REJ, F	F-Sent ← Y						
M-Phase = CA	RNR送信要	F-Sent = N	RNR, F	F-Sent ← Y						
		F-Sent = Y	RNR, P	P-Sent ← Y, M-Phase ← CB	Tスタート	RNR, Pを送信しなくてもかまいません				
M-Phase = CB	RNR送信要		RNR, F	F-Sent ← Y						
	DISC送信要		DISC, P	P-Sent ← Y, M-Phase ← CC	Tスタート					
M-Phase = DA	FRMR送信要	F-Sent = N	FRMR, F	F-Sent ← Y	Tスタート					
		F-Sent = Y	FRMR		Tスタート					

(備考) I送信+RNR, P送信では、I, P送信でもかまいません。

4 状態遷移表、処理状態遷移表の見方

HDLC 制御を行うための状態遷移の方法と処理内容(カウンタの更新, タイマ制御, フレーム送信指示, 高位レベルの通知)については, 状態遷移表と処理状態遷移表を組み合わせることで見ることとなり, 以下にその例を示します。

(例)

状態 B01 (正常な通信状態) に於て I フレーム (P ビット「1」) を受信

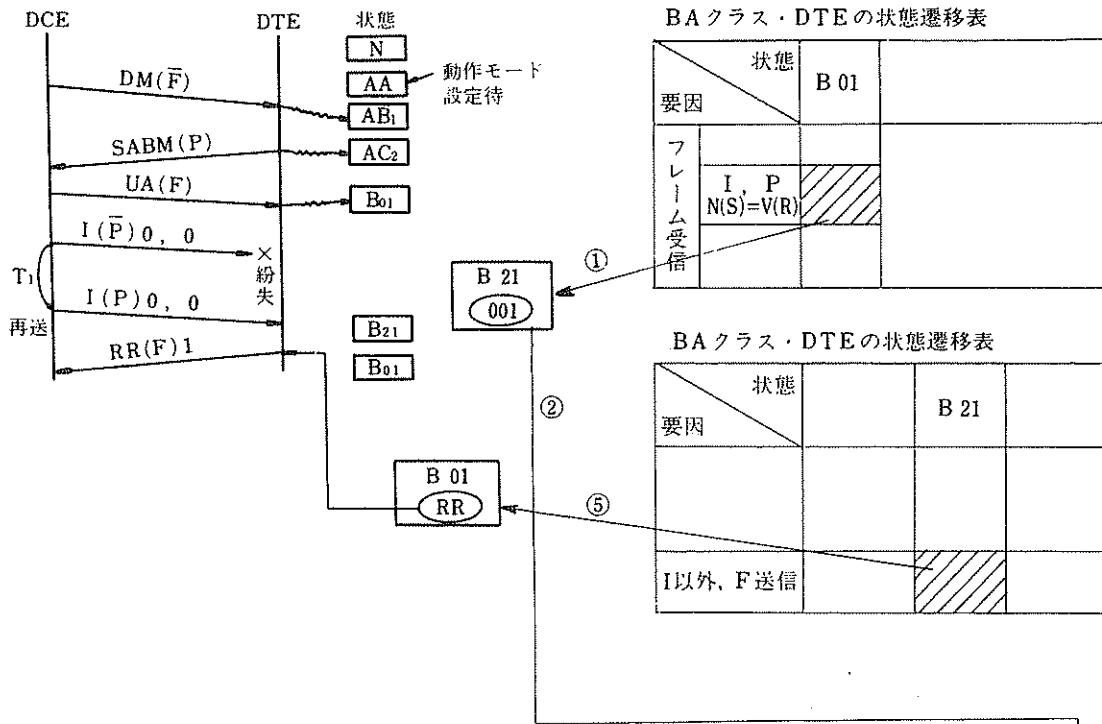
- ① 状態遷移表で横方向に現在の状態 (B01), 縦方向で状態遷移要因 I, P(N(S)=V(R))……(送信順序番号が正しい P ビット「1」の I フレームで受信) を探し, 両者のクロスポイントの情報

B21
001

 を見ます。
- ② 「001」は処理状態遷移表の索引番号であり, 該当する項目の内容により処理内容が分かります。「B21」は, 次の状態番号です。
- ③ 自己フェーズ(B), N(R) 条件及び P ビットの状態により該当する N(R) と P/F ビットの解析による処理状態遷移表を探し, 処理内容を見ます。
- ④ ③の遷移表でフレーム送信の項が「RR 送信要」となっているのでフレーム送信等による処理状態遷移の RR 送信要の項目により実際に送信されるべきフレーム種別 (RR (F)) が決定されます。
- ⑤ 状態遷移表で「B21」と「I 以外 F 送信」のクロスポイントの情報

B01
RR

 を見れば, 次の遷移先 (B01) と DCE に対する処理 (RR 送信) が分かります。



参考表41.12 受信 I フレームの解析による処理状態遷移表

入力とその解説			状態及びカウンタ更新	タイマ制御	フレーム送信指示	高位レベルへの通知	索引	番号
フレーム受信	I	Discard $I = N$	$N(S) = V(R)$	$Rej - E \leftarrow N$ $V(R) \leftarrow V(R) + 1$		(RR送信要)	受信データ	001*

受信状態変数を更新

受信フレームのN(S)は期待すべき値である

参考表41.15 BAクラス・DTEにおけるN(R)とP/Fビットの解析による処理状態遷移表

M-Phase	入力とその解説			状態及びカウンタ更新	フレーム送信
③ → M-Phase = B	$L \leq N(R) \leq V(S)$	$N(R) \geq J$	Pビット = 「1」	新Y-Busy = N F-Sent ← N, L ← N(R), O ← V(S) - N(R)	RR送信要

参考表41.16 BAクラスにおけるフレーム等送信による処理状態遷移表

M-Phase	状態制御モジュールからの入力とP/F決定			回線へのフレーム等送信	状態, カウンタ更新
M-Phase = B	RR送信要	P-Sent = Nかつ, P-On = N	F-Sent = N	M-Busy = N	RR, F F-Sent ← Y

参考図41.5 状態遷移表の見方

参考2 FCS (フレーム検査シーケンス) の作成例

FCSの具体的な作成例について次に示します。

なお、ここで使用する生成多項式は $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ です。

フラグシーケンス 01111110	アドレス部 (b1~b8)	制御部 (b1~b8)	情報部	フレーム検査シーケンス (b1~b16)	フラグシーケンス 01111110
----------------------	------------------	----------------	-----	-------------------------	----------------------

次のようなデータが入っている場合

A 00000001	C 00010000	LCGN 00100000	LCN 00000000	送NO受NO 00000000	ユーザデータ 11001000 10111010
---------------	---------------	------------------	-----------------	--------------------	-----------------------------

これを多項式にすると (フラグシーケンスは除き、フレーム検査シーケンスより数えて1のビットがたっている所に重みを付けて多項式とします。

多項式 = $X^{65}+X^{61}+X^{54}+X^{32}+X^{31}+X^{28}+X^{24}+X^{22}+X^{21}+X^{20}+X^{18}$ となります。

これを $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ で割ります。

すると、余りは $X^{14}+X^{13}+X^{10}+X^9+X^6+X^5+X^4+X^3+X$ となります。

(この際、商は問題にしません) (自分で計算して確かめてみたい人は次のページを見て下さい)

余りから FCSのb14, b13, b10, b9, b6, b5, b4, b3 を1にし、他のビットは0にしFCSを作ります。

従ってこの場合のFCSは次のようになります。

0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

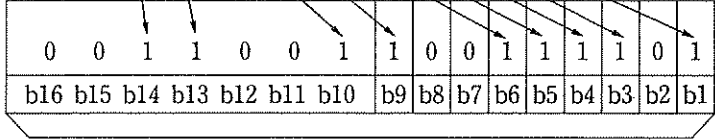
この16ビットをFCSとして相手に送ります。

受信側では、「A」から「FCS」までのビット列を多項式にして、 $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ で割り算し余りが0であればデータに誤りが無かったと判断します。

これがFCSによる誤り制御です。

送信側でのFCSの生成

$$\begin{aligned}
 X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 & \left. \begin{aligned}
 & \frac{X^{49} + X^{33} + X^{29} + X^{25} + X^{22} + X^{21} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^{13} + X^8 + X^5 + X^4 + X^3 + X}{X^{65} + X^{61} + X^{54} + X^{49}} \rightarrow \text{ビット列を多項式にしたもの} \\
 & -) \frac{X^{49} + X^{32} + X^{21} + X^{28} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}}{X^{49} + X^{61} + X^{54} + X^{49}} \\
 & -) \frac{X^{45} + X^{45} + X^{38} + X^{33}}{X^{45} + X^{38} + X^{33} + X^{32} + X^{31} + X^{28} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{45} + X^{41} + X^{34} + X^{29}}{X^{41} + X^{38} + X^{34} + X^{33} + X^{32} + X^{31} + X^{28} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{41} + X^{37} + X^{30} + X^{25}}{X^{28} + X^{37} + X^{30} + X^{25} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{38} + X^{34} + X^{27} + X^{22}}{X^{37} + X^{33} + X^{32} + X^{31} + X^{30} + X^{29} + X^{28} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{37} + X^{33} + X^{26} + X^{21}}{X^{32} + X^{31} + X^{30} + X^{29} + X^{28} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{32} + X^{28} + X^{21} + X^{16}}{X^{31} + X^{30} + X^{29} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{31} + X^{27} + X^{20} + X^{15}}{X^{30} + X^{29} + X^{28} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{18} + X^{15}} \\
 & -) \frac{X^{30} + X^{26} + X^{19} + X^{14}}{X^{29} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{18} + X^{16} + X^{14}} \\
 & -) \frac{X^{29} + X^{25} + X^{18} + X^{13}}{X^{24} + X^{21} + X^{19} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^{13}} \\
 & -) \frac{X^{24} + X^{20} + X^{13} + X^8}{X^{21} + X^{20} + X^{19} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^8} \\
 & -) \frac{X^{21} + X^{17} + X^{10} + X^5}{X^{20} + X^{19} + X^{17} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^{10} + X^8 + X^5} \\
 & -) \frac{X^{20} + X^{16} + X^9 + X^4}{X^{19} + X^{17} + X^{15} + X^{14} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^5 + X^4} \\
 & -) \frac{X^{19} + X^{15} + X^8 + X^3}{X^{17} + X^{14} + X^{10} + X^9 + X^5 + X^4 + X^3} \\
 & -) \frac{X^{17} + X^{13} + X^6 + X}{X^{14} + X^{13} + X^{10} + X^9 + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + X} \rightarrow \text{余り} \rightarrow \text{これでFCSを作ります。}
 \end{aligned}
 \right\}
 \end{aligned}$$



これが16ビットのFCSです。これを付けて送信します。

受信側での誤り検証

$$\begin{aligned}
 X^{16} + X^{12} + X^5 + 1 & \left. \begin{aligned}
 & \frac{X^{65} + X^{61} + X^{54} + X^{49}}{X^{49} + X^{33} + X^{29} + X^{25} + X^{22} + X^{21} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^{13} + X^8 + X^5 + X^4 + X^3 + X} \\
 & -) \frac{X^{49} + X^{61} + X^{54} + X^{49}}{X^{49} + X^{32} + X^{21} + X^{28} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{45} + X^{45} + X^{38} + X^{33}}{X^{45} + X^{38} + X^{33} + X^{32} + X^{31} + X^{28} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{45} + X^{41} + X^{34} + X^{29}}{X^{41} + X^{38} + X^{34} + X^{33} + X^{32} + X^{31} + X^{28} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{41} + X^{37} + X^{30} + X^{25}}{X^{28} + X^{37} + X^{30} + X^{25} + X^{24} + X^{22} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{38} + X^{34} + X^{27} + X^{22}}{X^{37} + X^{33} + X^{32} + X^{31} + X^{30} + X^{29} + X^{28} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{37} + X^{33} + X^{26} + X^{21}}{X^{32} + X^{31} + X^{30} + X^{29} + X^{28} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{32} + X^{28} + X^{21} + X^{16}}{X^{31} + X^{30} + X^{29} + X^{27} + X^{26} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{20} + X^{18}} \\
 & -) \frac{X^{31} + X^{27} + X^{20} + X^{15}}{X^{30} + X^{29} + X^{28} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{18} + X^{15}} \\
 & -) \frac{X^{30} + X^{26} + X^{19} + X^{14}}{X^{29} + X^{25} + X^{24} + X^{21} + X^{18} + X^{16} + X^{14}} \\
 & -) \frac{X^{29} + X^{25} + X^{18} + X^{13}}{X^{24} + X^{21} + X^{19} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^{13}} \\
 & -) \frac{X^{24} + X^{20} + X^{13} + X^8}{X^{21} + X^{20} + X^{19} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^8} \\
 & -) \frac{X^{21} + X^{17} + X^{10} + X^5}{X^{20} + X^{19} + X^{17} + X^{16} + X^{15} + X^{14} + X^{10} + X^8 + X^5} \\
 & -) \frac{X^{20} + X^{16} + X^9 + X^4}{X^{19} + X^{17} + X^{15} + X^{14} + X^{10} + X^9 + X^8 + X^5 + X^4} \\
 & -) \frac{X^{19} + X^{15} + X^8 + X^3}{X^{17} + X^{14} + X^{10} + X^9 + X^5 + X^4 + X^3} \\
 & -) \frac{X^{17} + X^{13} + X^6 + X}{X^{14} + X^{13} + X^{10} + X^9 + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + X} \\
 & \quad \quad \quad \underline{0} \quad (\text{割り切れた}) \\
 & \quad \quad \quad \downarrow \\
 & \quad \quad \quad \text{受信データに誤りがなかった。}
 \end{aligned}
 \right\}
 \end{aligned}$$