パケット伝送 SDTI (Serial Data Transport Interface)

上 浦 良 雄[†]

1. ま え が き

近年、ディジタル化の波は放送業界にも急速に拡大し、ノンリニア^{*1}が主流となりつつある。そこで、ディジタルのオーディオ・ビデオを伝送する方法が重要な課題となっている。

非圧縮のディジタルのオーディオ・ビデオの伝送には SDI (Serial Digital Interface) が標準的なインタフェースとしてすでに確立している。圧縮されたディジタルのオーディオ・ビデオの伝送を主に考えられている SDTI (Serial Data Transport Interface)^{*2}を以下に紹介する。SDTIはSDIを拡張したもので、SDIとの親和性を充分に考慮している。

2. SDTI の特徴

ディジタルデータの伝送では、LAN等に代表されるコンピュータのデータ伝送のようにリアルタイム性よりもデータの信頼性を重視したものがある。一方、通信の世界では電話やSTM (Synchronous Transfer Mode: 時分割多重)等のリアルタイム性を重視した伝送が行われている。

ディジタルのオーディオ・ビデオの伝送をする場合には、今までは後者のリアルタイム性を重視した伝送が行われていた。ノンリニアになり、ディジタルのオーディオ・ビデオの伝送では2つの場面を考慮する必要がある。ひとつはアナログビデオをディジタルに変換する直後やディジタルをアナログに変換する直前のデータ伝送である。これらの伝送ではリアルタイム性が重要である。つまり、一定の速度で伝送する必要が

あり、伝送途中でエラーが発生したとしても、再送ができない可能性が高い伝送である。再送をしていたのではバッファがアンダフローして、映像が途切れてしまったり、オーバフローしてデータが格納できないことが考えられる (図1参照)。

一方、バッファとバッファ間のデータ伝送では、リアルタイム性はそれほど重要ではなく、再送することも可能な信頼性の高いデータ伝送ができる。高速の伝送が可能となる非リアルタイム伝送である。より正確にデータを伝送するという意味では、コンピュータのデータ伝送と同じである (図1参照)。

1つのニュース素材をN倍速で転送し、リアルタイム伝送の1/Nの時間で伝送記録する等のシステムは、すでに一部の機器で実際に稼働を始めている。

SDIを除く今までの伝送方法は後者のやり方であった。やはり、ビデオの伝送では前者の機能も考慮した方法が必要だと思われる。

SDTIではSDIと同じpoint-to-pointの伝送を基本に考えている (これはATM等と同様であるが、ATMと違い確実にすべての帯域を確保でき、ジッタ等は発生しない)。遅延が少なく広い帯域を常に割り当てられた伝送区間 (伝送路)が確保できる。また、ヘッダデータにアドレスを持っているので、データチェーの形態を取って、必要なデバイスに伝送すること

^{*1} ノンリニア編集とは、編集マスタテープへの記録を伴わないビデオ編集で、ビデオテープへの記録を意識することなく、任意の順序で編集が可能である。ディスクレコーダ上の映像・音声を対象にすることで、すべての素材に対してのランダムアクセスが可能となった自由度の高い編集環境である。視覚的・直感的なユーザインタフェース (GUI)によって、容易な操作が可能となった。

^{*2} SDTIはSMPTEのTechnology Committee (PT 20)で承認された (9月30日現在)。SDDIを提案した後に、CSDIやSDTと呼ばれる同様のコンセプトを持つ規格がSMPTEに提案されたが、SDDIの原案に若干の修正を加えて、統一したフォーマットとなった。そして、統一的な名称がSDTIに決まった。

[†] ソニー株式会社 ブロードキャストカンパニー データシステム部
“Digital Interface; (11) The Technical Examination Regarding SDTI (Serial Data Transport Interface)” by Yoshio Kamiura (Data System Products Dept., Broadcast Company, Sony Corporation, Atsugi)

図1 映像/音声の伝送

Ethernet等のバス型

FDDI, FC-AL等のリング型

ATM, SDI/SDDI等のスター型

図2 トポロジー

ができる。SDTIでは、圧縮したA/Vデータを伝送することを考えているので、1本のラインで1/10に圧縮したデータは理論的に10個伝送することが可能である。したがって、デジチェーンの形態で伝送するアプリケーションは直ちに考えられる。将来、ネットワークにも対応できるように考慮している。

また、イーサネット(バス型)やFDDI(リング型)のような共有型のLANでは、情報量の多いオーディオ・ビデオの伝送には適していない。つまり、ノードが増えた場合に各々のノードの帯域が小さくなる(図2参照)。

SDTIではフレームやラインの概念を持っており、それに同期した伝送も可能である。例えば、MPEGにしてもGOP(Group Of Pictures)やフレーム単位で

取り扱う場合が多い。編集の最小単位はフレーム/フィールドであり、その単位で伝送することは都合良い場合が多々ある。例えば、オーディオだけ編集するような場合には、各フレーム毎にビデオとオーディオ各々がまとまっていると、その部分のみ入れ換えるだけですむ。SDI, SDTIを除く、他の伝送ではできなかった方法を取ることも可能となるわけである。他の伝送では、すべてのデータを確認して、必要な部分を置き換える必要があった。

つまり、SDTIではラインの概念があるわけで、決められた位置(ライン)にデータが伝送されていれば、すべてのデータを読まずに、必要な部分(ライン)のみ置き換えることも考えられる。

このように、SDTIはビデオとオーディオを伝送す

るために非常に便利な方式であり、可能性を持った伝送方式と考えられる。

もちろん、フレーム/フィールドの概念が必要のない伝送の場合には、フレーム/フィールドを意識せずに伝送すればよいわけで、何の問題もない。

SDTI では、SDI の(デジタルビデオ)ルーティングスイッチ等の機材も使用できる。したがって、今まで SDI を使用していたカスタマが容易に、SDTI の機器を接続できる。今までアナログのシステムを使用していたカスタマも、圧縮したビデオを扱う場合には、実際の構成を考えると SDTI だけでなく、SDI の部分も必要となることが充分に考えられる。どちらにしても、SDI との親和性の良い SDTI は非常に便利なものと考えられる。

そのために、SDTI でも SAV (Start of Active Video) と EAV (End of Active Video) を残している。EDH (Error Detection and Handling) 等にも対応できる(ただし、SDTI ではライン単位の伝送も考えているので、EDH はあまり有効とは思われない)。

3. SDTI のフォーマット

3.1 SDTI の構成

SDTI では図 3 のようにレイヤ分けを行っている。つまり、SDTI 層の下位の層は SDI を使った物理層で、上位に各々のアプリケーションのフォーマットをするフォーマットのアダプテーション層がある。その上にアプリケーションの層が載る。物理層の SDI を使って、データを汎用的に載せられるように拡張したものが SDTI というわけである。

データパケットと同期信号は、SMPTE 259 M (4:2:2 コンポーネント SDI) と共存性がある(図 4 参照)。なお、仕様では 360 Mb/s の伝送も検討されているが、ここでは紙面の都合とわかり易さのために 270 Mb/s の伝送を中心に述べる。電波産業会 (ARIB) のビデオネットワーク作業班では 143 Mb/s の伝送も検討している。

270 Mb/s システムでは最大 200 Mb/s のデータ伝送が可能である(360 Mb/s システムでは最大 270 Mb/s、143 Mb/s システムでは最大 109 Mb/s の伝送

図3 SDDIの構成

図4 SDDIとSDI

が可能である)。

525 システムでは SMPTE 125 M や SMPTE 267 M (625 システムでは ITU Rec. ITU-R BT.601) に規定されている 27 MHz のビデオサンプルレート上で動作する。

タイミング基準信号(EAV および SAV)はライン毎に発生し、SMPTE 125 M、SMPTE 267 M または

*270Mbps/360Mbps

*143Mbps

図 5 1 ラインのフォーマット

ITU Rec. ITU-R BT.601 に規定されている。信号のレベルと仕様および使用するコネクタは SMPTE 259 M と ITU Rec. ITU-R BT.656 に規定されているものと同等である。

データのワードは 10 ビット (B0~B9) で、B9 が MSB(最上位ビット)である。

図 5 に 1 ラインの信号フォーマットを示す。EAV の直後には補助データのフォーマットに従ったヘッダデータが載る(次章で説明)。ヘッダデータと SAV の間には補助データの packets を載せることができる。SAV と次の EAV の間(SDI ではアクティブビデオの領域)にペイロードが載る。

3.2 ヘッダデータ

ヘッダデータ packets の構成は SMPTE 291 M の第 2 形式の補助データ packets に従う(図 6 参照)。

アンシラリデータフラグ (ADF)	53ワード
データ ID (DID)	
セカンダリデータ ID (SDID)	
データ数 (DC)	
ヘッダデータ	
チェックサム (CS)	46ワード

*270/360Mbps

*143Mbps

図 6 ヘッダ

ヘッダデータは以下の項目から構成されている。

ライン番号	2 ワード
ライン番号 CRC	2 ワード
コード & AAI	1 ワード
デスティネーションアドレス	16 ワード
ソースアドレス	16 ワード
ブロックタイプ	1 ワード
CRC フラグ	1 ワード
データ拡張フラグ	1 ワード
リザーブデータ	4 ワード
ヘッダ CRC	2 ワード

(1) 複助データフォーマット

ADF, DID, SDID, DC, CS は SMPTE 291 M のフォーマットに従う。ADF (Ancillary Data Flag) は 000 h, 3 FFh, 3 FFh, の 3 ワードである。DID (Data ID) の値は「140 h」で、SDID (Secondary Data ID) の値は「101 h」である。

DC (Data Count) はヘッダデータの長さを表しており、値は常に 22 Eh (46 ワード) である。CS (Checksum) は 9 ビットで表され、ビット 9 はビット 8 の補数である。

(2) ライン番号

ライン番号は 525 システムでは 1~525 で、625 システムでは 1~625 である。この番号は 525 システムでは SMPTE 125 M, 625 システムでは ITU Rec. ITU-R BT. 601 の通りである。2 ワードで構成される (図 7 参照)。ライン番号を付けることにより、早くフレームに同期できる。これにより、ラインを意識した伝送も可能になるわけである。つまり、スイッチャの切り替え後、次のフィールドの先頭までライン番号が確定しないと、その間のラインを意識した伝送が

できないことになる。L 9~L 0 がライン番号で、R 5~R 0 がリザーブビットである。EP 1 が L 7~L 0 に対する偶数パリティ、EP 2 が R 5~R 0 および L 9, L 8 に対する偶数パリティである。

(3) ライン番号 CRC

ライン番号 CRC は DID からライン番号 1 までの 5 ワードの 10 ビット幅すべてを対象とする。ライン番号 CRC に対する生成多項式は $G(X) = X^{18} + X^5 + X^4 + 1$ で、これは ITU-T (旧 CCITT) X. 25 で規定するものと同一である (図 8 参照)。ライン番号 CRC は C 0~C 17 に格納され (図 9 参照)、その初期値はすべて 1 がセットされる。この CRC でライン番号の信頼性を確保している。

(4) コード & AAI

コードと AAI (Authorized Address Identifier) は各々 4 ビットである (図 10 参照)。B 3~B 0 がコードで、B 7~B 4 が AAI である。B 8 は B 0~B 7 に対する偶数パリティ、B 9 は B 8 に対する補数である。

(a) コード コードは以下のようにペイロードの有効なデータ長を表す (ペイロードは SAV と次の EAV の間を表す)。

	B 3	B 2	B 1	B 0
予 備	0	0	0	0
1440 ワードのペイロード	0	0	0	1
1920 ワードのペイロード	0	0	1	0
768 ワードのペイロード*3	1	0	0	0

	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
0	L0	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	EP1	EP1
1	L8	L9	R0	R1	R2	R3	R4	R5	EP2	EP2

図 7 ラインナンバーの構成

	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
0	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C8
1	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C17

図 9 ラインナンバー CRC の構成

図 10 コードと AAI

図 8 CRC の計算式

B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	EP	$\overline{EP}$
A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	EP	$\overline{EP}$
...									
A120	A121	A122	A123	A124	A125	A126	A127	EP	$\overline{EP}$

図 11 アドレス

- (b) AAI AAI はソースとデスティネーションアドレス(次の項で説明)のフォーマットを示す。

B7 B6 B5 B4

自由形式: 0 0 0 0

IPv6** : 0 0 0 1

- (5) ソースとデスティネーションアドレス

ソース/デスティネーションアドレスは上記の AAI でフォーマットが規定され、ともに 16 ワードで構成されている(図 11 参照)。B0~B7 でアドレスを表し、B8 は B0~B7 の偶数パリティで、B9 はその補数である。AAI が 0 h で、アドレスがすべて 00 h の場合にはすべてのものとマッチする。16 ワード長なので IPv6 をそのまま載せることもできる。

- (6) ブロックタイプ

ブロックタイプは 1 ワードで、ペイロードのフォーマットを識別する。これで固定枠/可変長が選択できる。B6 と B7 で固定枠(ECC 有無)/可変長の区別をする。B8 は B7~B0 に対する偶数パリティで、B9 は B8 の補数である。

B7 B6

固定枠 ECC なし: 0 0

固定枠 ECC あり: 0 1

- (a) 固定枠 B0~B5 が示す固定枠のセグメンテーションを表 1 に示す。表 1 の [31 h] ~ [36 h] に対応した ECC ありの固定枠 ([71 h] ~ [76 h]) が定義されている。複数のビデオ等を伝送して、その中から受信側で選択して受け取るような場合に、受信側では決められた位置のデータを受け取ることができる。この場合には他のデータを見る必要がない。
- (b) 可変長 可変長に対するブロックタイプは [1 C 1 h] の値を持つ。可変長の 1 ライン以上連続したユーザデータも伝送できる。

表 1 固定枠

ブロックタイプ	ブロックサイズ (ワード)	270 Mb/s (Block)	360 Mb/s (Block)	143 Mb/s (Block)
01 h	1438 (1437)	1	1	—
02 h	719 (718)	2	2	1
03 h	479 (478)	3	4	1
04 h	359 (358)	4	5	2
09 h	1918 (1917)	—	1	—
0A h	959 (958)	1	2	—
0B h	639 (638)	2	3	1
11 h	766 (765)	1	2	1
12 h	383 (382)	3	5	2
13 h	255 (254)	5	7	3
14 h	191 (190)	7	10	4
21 h	5 (4)	287	383	153
22 h	9 (8)	159	213	85
23 h	13 (12)	110	147	58
24 h	17 (16)	84	112	45
25 h	33 (32)	43	58	23
26 h	49 (48)	29	39	15
27 h	65 (64)	22	29	11
28 h	97 (96)	14	19	7
29 h	129 (128)	11	14	5
2A h	193 (192)	7	9	3
2B h	257 (256)	5	7	2
2C h	385 (384)	3	4	1
2D h	513 (512)	2	3	1
2E h	609 (608)	2	3	1
31 h	62 (61)	23	30	12
32 h	153 (152)	9	12	5
33 h	171 (170)	8	11	4
34 h	177 (176)	8	10	4
35 h	199 (198)	7	9	3
36 h	256 (255)	5	7	2

- (1) ブロックサイズには、データタイプの 1 ワードを含んでいるので、実際にユーザが載せられる。
- (2) ワード数は、ブロックサイズから 1 ワード引いた数値(括弧内)になる。

- (7) CRC フラグ

CRC フラグはペイロード中(最後尾)の CRC の存在を識別するためのものである。CRC フラグは 1 ワードで、[101 h] の時に CRC がペイロードの最後になり、[200 h] の時に CRC がペイロードにない。

*3 ARIB 規格。

*4 IPv6 は、インターネットプロトコル (IP) のアドレスを 16 バイトに拡張したバージョンである。なお、以前のバージョン (IPv4) はアドレスが 4 バイトであった。

図 12 データのフォーマット

図 13 データ拡張パケット

図 14 データブロック

図 15 固定枠のフォーマット

図 16 可変長のフォーマット

(8) データ拡張フラグ

データ拡張フラグは 1 ワードで、ヘッダデータと SAV の間にデータ拡張のパケットがあることを示す。B 7～B 0 が拡張パケットの数を示す。つまり、[00 h] は拡張なしで、[01 h] は拡張パケットが 1 つ、[02 h] は 2 つ*5 あることを示す。これにより、拡張データのパケットが受信できなかった場合に、そのことが判別できる。

データ拡張パケットは第 2 形式の補助データパケットで拡張ユーザデータを載せる。そのフォーマットは図 12 に示した通りである。DID は [140 h] で、SDID は現在、選定中である。CRC の有無は CRC フラグに従う。拡張ユーザデータとユーザデータは連続したデータとみなす(図 13 参照)。

(9) ヘッダ拡張リザーブデータ

今後の拡張に備えて、リザーブデータを 4 ワード取っている。この値は 200 h である。

(10) ヘッダ CRC

ヘッダ CRC はコードからリザーブデータまでの 10 ビット幅すべてを対象とする。ヘッダ CRC に対する生成多項式はライン番号 CRC と同じである。ヘッダデータは伝送に重要なデータを含んでいるので、CRC を設定した。チェックサムと機能的に重複するが、チェックサムだけでは不十分である。

3.3 ユーザデータ信号フォーマット

ユーザデータの信号フォーマットは図 5 に示す通りで、ペイロードから CRC を除いた部分である。

特に伝送の禁止ライン等は設定していない。これに

より、フレームを意識しない伝送も可能となる。ルーティングスイッチャの切り替え直後には、切り替えラインを意識する必要がある。つまり、1 ラインの余裕を見て、ユーザデータは 525/60 システムでは 12 ライン目から開始され、625/50 システムでは 8 ライン目から開始されることになる(ヌルデータを送る場合もあるので、実際のデータを 12/8 ライン目から伝送する必要はない)。

(1) データブロック

1 ラインのユーザデータの中に複数のデータブロックを伝送できる(図 14 参照)。また、可変長ではラインをまたぐこともできる。

データブロックは 9 ビットで構成されている。その中の使い方はユーザに任されている。8 ビット+偶数パリティのように、9 ビット目に特殊なデータを送ることも可能で、B 8～B 0 の 9 ビットですべてデータを送ることも可能である。ユーザデータのワードの B 9 は B 8 の補数である。

10 ビットすべて使用すると 1024 パターンの伝送が可能だが、SDI で禁止されているコードを避けて、9 ビットのデータを 10 ビットにマッピングした。この結果、未使用となったパターンのうち、000 h 等の SDI で禁止されているパターンを除いて、特殊コード(セパレータ、エンドコード等)として使用できる。

*5 補助データパケットのユーザデータの最大長が 255 ワードなので、360 Mb/s システムでは最大限拡張すると 2 つの拡張パケットを載せることになる。

B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	EP1	EP1
C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	EP2	EP2
C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	EP3	EP3
C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	EP4	EP4

図 17 ワードカウントの構成

表 2 データタイプ

Type	Description
102 h	SXV
221 h	DVCPRO 1/Digital S
222 h	DVCPRO 2
241 h	DVCAM-1
152 h	MPEG-2 P/S
253 h	MPEG-2 T/S
282 h	SXA
2 C 3 h	SXC
2 D 1 h	FC(Fibre Channel)
2 E 1 h	ARIB Reserved (16 個)
...	
1 EF h	
2 F 0 h	
1 F 1 h	User Application (15 個)
...	
2 FF h	
100 h	Invalid Data

(2) データブロックヘッダ

データブロックの前にはデータブロックヘッダが置かれる。その構成を固定枠に対しては図 15、可変長に対しては図 16 に示す。

(a) セパレータとエンドコード ブロックタイプが可変長の場合にはセパレータ、エンドコードおよびワードカウントが追加される。各々のデータブロックはセパレータから始まり、エンドコードで終わる。セパレータの値は 309 h で、エンドコードの値は 30 Ah である。

(b) ワードカウント ワードカウントは 4 ワードで構成される (図 17 参照)。ワードカウントはユーザデータのワード数を表す。『0』の場合 (4 ワード共 200 h) にはエンドコードの前までがデータブロックとなる。C 31~C 0 がデータで、EP 1 が C 7~C 0, EP 2 が C 15~C 8, EP 3 が C 23~C 16, EP 4 が C 31~C 24 対

図 18 各コードのペイロード

する偶数パリティである。

(c) データタイプ データタイプは 1 ワードで、データストリームのタイプを識別するものである。256 の異なった値を持つ。その中で決まっているデータタイプは表 2 の通りである。B 7~B 0 がデータで、B 8 が B 7~B 0 に対する偶数パリティ、B 9 が B 8 の補数である。

(3) CRC

CRC フラグが『1』の場合 CRC がペイロードの最後に挿入される (図 18 参照)。CRC はペイロード全体を対象とする。CRC に対する生成多項式はライン番号 CRC 等と同じである。SDI のデータ伝送の信頼性が良いので、ECC にせずに CRC にした。ECC だと補正ができるが、最初のワードのデータを送り出すのに ECC が届くまで待たなくてはならない。CRC だと、すぐにデータを送り出すことができる。ECC が

必要な場合は、ブロックタイプでサポートすることになっている。

今後はこの SDTI を使ったアプリケーションの標準化が進んでいくものと予想される。多くの活用がなされることを期待する。

4. SDTI アプリケーション

現在, SDTI で考えられているアプリケーションとしては表 2 に示したものがある. SXV は Betacam SX Video, SXA は Betacam SX Audio, SXC は Betacam SX Control の略である. DVCPRO 1/Digital S/DVCPRO 2 が DVCPRO を DVCAM-1 が DVCAM を各々伝送するもので, FC はファイバチャンネル用である. MPEG-2 T/S は MPEG-2 のトランスポートストリームを, MPEG-2 P/S はプログラムストリームである.

- ・ブロックタイプは固定枠の 101 h(1438 ワード)を使用する．
- ・MPEG の TS パケットは 204 バイトとする (188 バイト+16 バイト：ECC)．
- ・1437 バイト中の任意の位置にパケットが設定できるものとする．
- ・9 ビット目 (B8) は TS パケットの存在を示す．
- ・2 ラインにまたがった TS パケットの伝送はしないこととする．またがる場合には次のラインで送る．

5. む す び

上浦 良雄 1981年、東京農工大学工学部数理情報工学科卒業。同年、ソニー(株)に入社。PCのネットワーク、LMSのソフトウェア等の設計に従事。社内SDDI標準化委員会の事務局を担当。