

## ISDNを用いたOSI通信の実現法

石倉雅巳 飯作俊一 鈴木健二

国際電信電話株式会社 上福岡研究所

本稿では、ISDNにおけるアプリケーションの一つとしてOSI通信を実現するための手法を提案する。ここでは、OSIプロトコルとISDNプロトコル間での呼制御手順の対応が重要であり、まず呼制御用パラメータとISDNベアラチャネルの設定契機について検討する。検討結果より、ISDNを用いたOSI通信を実現するための手法として、レイヤ3マッピング方式およびレイヤ1マッピング方式を提案するとともに、それぞれの適用領域を明確化し、実装の観点からレイヤ1マッピング方式が有効であることを示す。また、本方式に基づくパソコン用ISDNボードを実装し、ISDN実回線を用いた接続実験を通して、機能、性能などについて評価・実証する。

## Realization Methodology of OSI Communication under the ISDN environment

Masami ISHIKURA Shun-ichi IISAKU Kenji SUZUKI

KDD Kamifukuoka R & D Labs. 2-1-15, Ohara, Kamifukuoka-shi, Saitama, 356

This paper proposes the realization methodology for the OSI communication under the ISDN environment. First, the architecture view of OSI communication in the context of ISDN is discussed and two possible solutions for the mapping on call control procedure between OSI and ISDN are identified, that is, the layer 3 mapping and the layer 1 mapping. After the detailed discussions of these mapping methods, the layer 1 mapping is proposed, from the implementation points of view. Based on this method, the ISDN controller board for the OSI communication has been developed for PC. Furthermore, the functionality and the throughput of this controller board are evaluated, through the actual communication using ISDN network.

## 1.はじめに

近年、データ通信の分野において、開放型システム間相互接続(OSI)に従った通信プロトコルの採用が各方面で進められており、パケット交換データ網、回線交換データ網等を用いたホスト・ホスト間、あるいはホスト・端末間の異機種間通信に利用されている。一方、高速・高品質なデジタル伝送路を安価に提供するISDNの導入も各国で開始され、ISDNを用いたデータ通信各種ISDN端末、ISDN用ターミナルアダプタ等の開発が進められている<sup>[1][9]</sup>。また、ISDNでは音声、データ等の各種サービスを統合して扱うことが可能であることを利用したマルチメディア対応のアプリケーションの開発も盛んであり、マルチメディア対応複合端末<sup>[4]</sup>の開発も行われている。

ISDNでは、呼制御用のDチャンネルとデータ転送用のベアラチャンネルが分離しており、データ転送を行う場合には呼制御用のDチャンネル上でベアラチャンネルの設定を行ってからベアラチャンネル上でデータ転送を行うアウトバンド呼制御方式を用いている。従って、呼制御を行ってコネクションを設定した後に同一のチャンネルでデータ転送を行うインバンド呼制御方式のOSI通信をISDN上で実現する場合、OSI側の呼制御手順とISDN側の呼制御手順の関係の明確化と両者のマッピング方式を規定する必要がある。

そこで本稿では、最初に、ISDN上での各種アプリケーションについて、データ通信プロトコルの標準として普及が進められているOSIプロトコルを使用するものと、それ以外に大きく分類し、それぞれの実現法について整理する。次に、OSIプロトコルを用いたアプリケーションをとりあげ、そのレイヤ3以下をISDNを利用して実現する方法について検討を加え、ISDNにおける呼制御とOSIプロトコルにおける呼制御のマッピング方式として、OSIネットワークサービスプリミティブをISDNへマッピングする方式(レイヤ3マッピング方式)と、ISDNをOSIレイヤ1として位置付ける方式(レイヤ1マッピング方式)を提案し、両方式の比較検討を行う。最後に、これらの検討結果に基づいて開発したOSI通信を実現するパソコン用ISDNボードの詳細について述べ、ISDN実回線を用いて実施した評価結果について報告する。

## 2. ISDNを用いた各種通信アプリケーション

ISDNは、図1に示すように、主に呼制御に用いられるDチャンネルと、データ転送用のベアラチャンネルから構成される。Dチャンネルには、レイヤ2機能としてLAPD、レイヤ3機能としてQ.931の各プロトコルが規定されており、これらの機能を利用してアウトバンド方式でベアラチャンネルの制御を行う。一

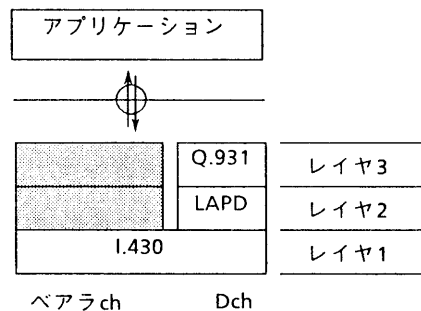


図1 ISDNの基本機能

方、ベアラチャンネルに提供されるISDNサービスとしては、回線交換サービスとパケット交換サービスがあり、図1の斜線部分にパケット交換サービスではX.25レイヤ2、レイヤ3プロトコルを、回線交換サービスではアプリケーションにより決定される機能を実装して利用することができる。ベアラチャンネルに提供されるこれらのサービスを利用して、電話、パケット通信、FAX、画像転送、ファイル転送等の様々なアプリケーションが実現可能である。これらのベアラチャンネルを使用する各種アプリケーションは、アプリケーション自体に呼制御機能を有するかどうかで分類することができ、ベアラチャンネル上のプロトコル構成に従って、OSIレイヤ3以上のプロトコルを実装するOSI通信アプリケーションと、その他の通信アプリケーションに分類される。

### 2.1 OSI通信アプリケーション

OSI通信を実現するためのプロトコルとして、下位層はLANのMAC、LLC、X.25等から上位層はセッション、プレゼンテーション、さらにFTAM、MHSと幅広く規定されている。本稿では

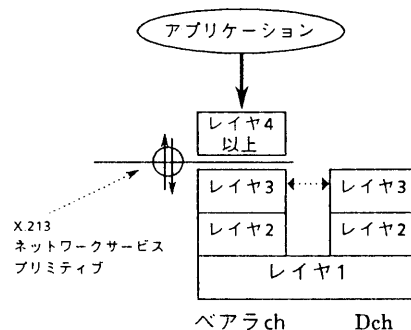


図2 ISDNを用いたOSI通信アプリケーションにおけるレイヤ構成

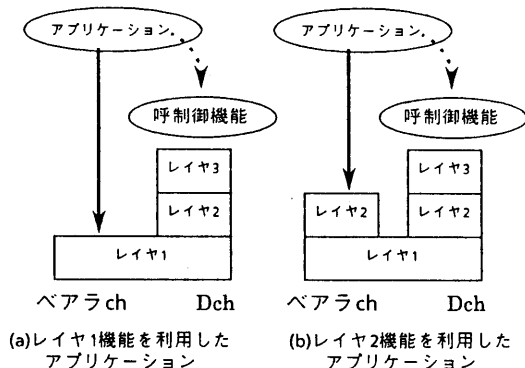


図3 ISDNを用いたOSI通信以外のアプリケーションにおけるレイヤ構成

OSI通信アプリケーションとしてレイヤ3ネットワーク層、レイヤ4トランスポート層以上のレイヤ機能を実装しているものをさす。ベアラチャネルのレイヤ構成は図2に示すようにOSIレイヤ3以上の機能を実装する。このOSI通信アプリケーションでは、OSIレイヤ3、レイヤ4間にCCITT勧告X.213で規定されるネットワークサービスプリミティブが提供されることから、それ自体にネットワーク層の呼制御機能を有する。従って、ISDN上でOSI通信を行う場合のISDN側の呼制御機能は、OSI通信側の呼制御機能からマッピングを行い実現する。3章にISDN上でのOSI通信アプリケーションの実現方法の詳細については3章に述べる。

## 2.2 その他の通信アプリケーション

ISDNのレイヤ1機能のみを利用するアプリケーションおよび、OSIのレイヤ2機能までを利用するアプリケーションに分類し、以下に示す。また、OSI通信アプリケーションも含めて、これらのアプリケーションを組み合わせるマルチメディア対応のアプリケーションについても述べる。

### (1)レイヤ1機能を利用した通信アプリケーション

音声通信(電話)等に代表されるように、タイムトランスペアレンシを確保することが必須であり、ベアラチャネルのレイヤ1機能のみを使用するリアルタイム性が要求されるアプリケーション。ベアラチャネルのレイヤ構成は図3(a)に示すように、レイヤ1の上に直接アプリケーションがのる形態となる。このアプリケーションを実現するためには、ベアラチャネル上に呼制御を実現するネットワーク層の機能がないため、Dチャネルレイヤ3プロトコルをアプリケーションから直接起動する機能をアプリケーション側に設ける必要がある。

### (2)レイヤ2機能を利用した通信アプリケーション

画像転送等に代表されるように、リアルタイム性とデータのフレーム化機能を同時に必要とするアプリケーション。ベアラチャネルのレイヤ構成は図3(b)に示すようにレイヤ2まで実装する。レイヤ2の機能としてはデータのフレーム化、誤り制御機能等、必要に応じてレイヤ2プロトコルとしてLAPB、LAPD等を用いる。このアプリケーションもベアラチャネル上に呼制御を実現するネットワーク層の機能を持たないため、Dチャネルレイヤ3プロトコルをアプリケーション側から直接起動する機能をアプリケーション側に設ける必要がある。

### (3)マルチメディアアプリケーション

複数のベアラチャネルを使用して、各種のアプリケーションを適宜組み合わせるマルチメディア対応のアプリケーション。音声・画像同時伝送、通話しながらのデータ通信、3者通話、ステレオ音声伝送、128kbpsデータ転送等のアプリケーションが考えられる。これらのアプリケーションでは、複数のベアラチャネルを必ず同時に使用することを前提としているものもあり、ベアラチャネルの設定に工夫が必要となる。

## 3. ISDNにおけるOSI通信の実現法

ここでは、OSI通信アプリケーションとしてレイヤ3ネットワーク層、レイヤ4トランスポート層以上のレイヤ機能を実装しているものを取り上げている。そのため、図2に示すように、OSI通信におい

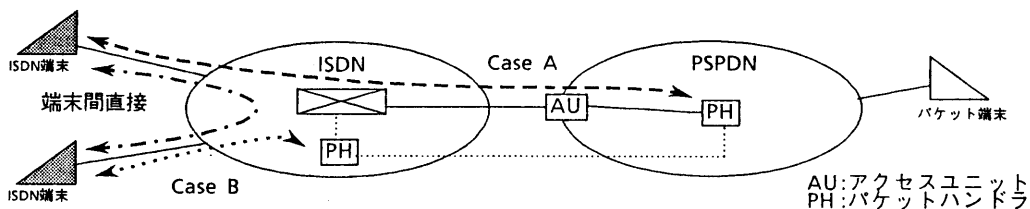


図4 ISDNを用いたOSIパケット通信の形態

表1 呼制御用内部プリミティブ

プリミティブ	方向 ISDN-OSI	パラメータ
CONNECT.req	←	識別番号*1、着アドレス*2、モード*3
CONNECT.cnf	→	識別番号
CONNECT.ind	←	識別番号、発アドレス、モード
DISCONNECT.req	←	識別番号、切断理由
DISCONNECT.ind	→	識別番号、切断理由

\*1: Bchの識別番号

\*2: Case AではAUのISDN番号, Case Bでは無し, 端末間直接では相手ISDN番号

\*3: Case A, Case B, 端末間直接の種類

レイヤ3、レイヤ4境界に規定されているX.213ネットワークサービスプリミティブを、ISDNベアラチャネル上で実現すれば、従来のインバンド呼制御方式のOSI通信をISDN上でそのまま実現することが可能となる。

そこで、本章ではISDNにおけるOSI通信の通信形態について整理し、X.213プリミティブをベアラチャネル上で実現する方法について述べる。現在、ISDN上でX.213プリミティブを実現しているのは、X.25パケットプロトコル上にOSIレイヤ4プロトコルを組み合わせたものだけであるので、以下、レイヤ3プロトコルとしてX.25パケットプロトコルを前提として議論する。

### 3.1 ISDNにおける通信形態

図4に示すように、ISDNを利用したOSIパケット通信としては、次の3種類の形態が考えられる。

#### ①Case A (CCITT勧告X.31)

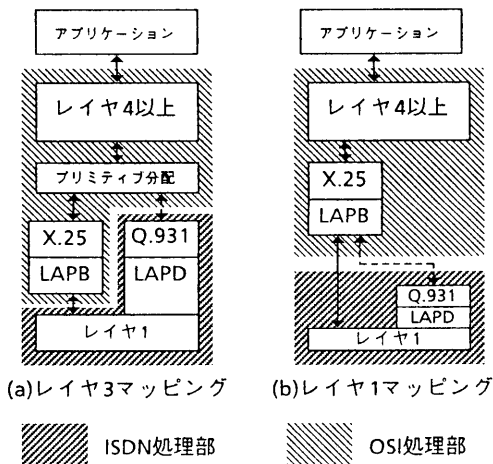


図5 各マッピング方式におけるOSI処理部とISDN処理部のプロトコル構成

#### ②Case B (CCITT勧告X.31)

#### ③端末間直接(DTE-DTEパケット通信)

Case Aは、CCITT勧告X.31で規定されているように、ISDN上は回線交換サービスを用い、パケット交換網(PSPDN)へのアクセスユニット(AU)を通してPSPDNのサービスを利用する。Case Bは、ISDNのパケット交換サービスを用いISDN網内に設けられたパケットハンドラ(PH)を利用してパケット通信を行う。端末間直接は、回線交換サービスを利用した端末間の回線交換パスを設定しDTE-DTEモードで直接のパケット通信を行う。これらのOSIパケット通信をISDN上で実現する場合、Dチャネルパケット通信を利用する以外は、パケット通信用のベアラチャネルを各通信形態に応じて設定し、そのチャネル上で従来のパケット通信手順を用いてネットワークコネクションを設定する。

### 3.2 ISDNにおける呼制御とOSIにおける呼制御

ISDNを用いたOSI通信アプリケーションでは、Dチャネルプロトコルによりベアラチャネルを設定した後で、設定したベアラチャネル上で従来のインバンド呼制御方式のパケット通信手順を行う。従って、発信時にはOSI側からISDN側を起動してベアラチャネルを設定する必要があるが、着信時にはISDN側からのOSI側の起動が必要となる。

ISDNでベアラチャネルを設定する場合、相手のアドレス、必要とするベアラチャネルの能力、上位レイヤの識別等必要な全ての情報をのせたSETUPメッセージをDチャネル上へ送出する。そのため、従来のOSIパケット通信で呼設定に必要な、相手アドレス、QOSパラメータ等をSETUPメッセージへマッピングする必要がある。また、相手アドレスパラメータはOSIのNSAPアドレスからISDN番号へ変換する必要がある。さらに、Case A、Case B方式ではなく、呼制御用チャネルでベアラチャネル上のデータリンクコネクションやネットワークコネクションまで設定してしまうフレームスイッチングやアウトバンドパケット通信を行う場合は、ベアラチャネル上で従来のパケット通信手順を行わないため、呼制御に必要なパラメータを全てISDNのメッセージにのせて送る必要がある。

OSI側からISDNのDチャネルプロトコルを制御するために、表1に示す内部プリミティブを規定することとする。ここに示すプリミティブは、ベアラチャネルの設定・解放に最低限必要なものであり、2.2節に示したその他のアプリケーションにおける呼制御機能においても、パラメータを一部変更してそのまま使用することができる。

### 3.3 ISDN呼制御手順の起動の契機

表1に示した内部プリミティブを、OSI側とISDN側でやりとりしてベアラチャネルを設定する場合、その契機の与え方によって次に示す2方式が考えられる。

(1)レイヤ3マッピング方式

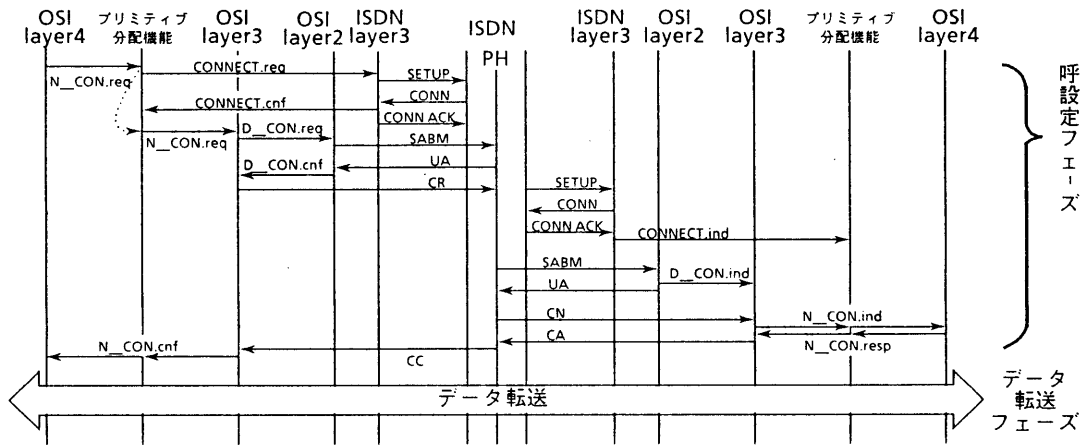
(2)レイヤ1マッピング方式

次に両方式について述べ、比較検討する。

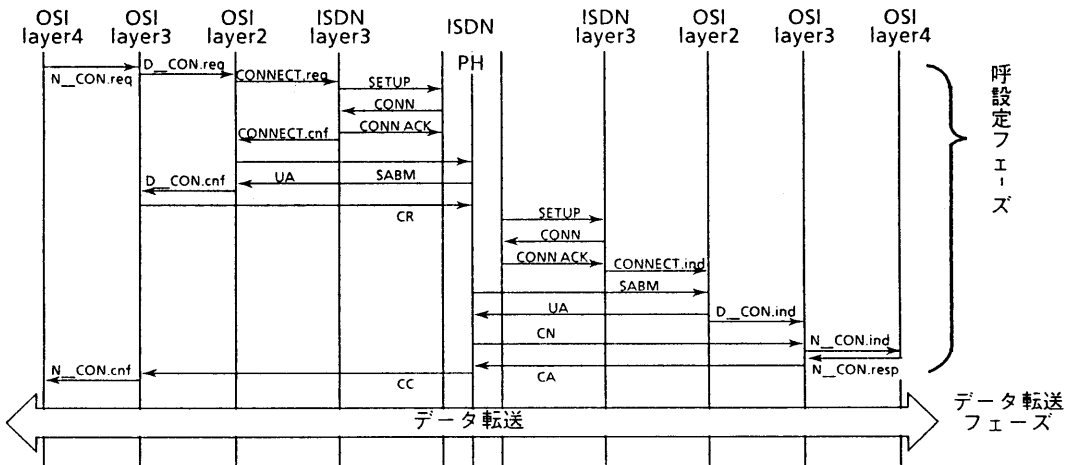
(1)レイヤ3マッピング方式

この方式は、OSIレイヤ3プリミティブとして規定されているN-CONNECT.reqプリミティブをレイヤ3、4間で受け渡すタイミングをベアラチャネル設定の契機とする方式で、プロトコル構成および通

信シーケンスを図5(a)、図6(a)に示す。本方式では、OSIレイヤ3、4間に新たにプリミティブ分配機能を設ける必要がある。レイヤ4から発行されたN-CONNECT.reqプリミティブは、プリミティブ分配機能において内部プリミティブのCONNECT.reqプリミティブの作成に使用され、ベアラチャネルの設定が完了した後でレイヤ3へと渡される。従って、OSIレイヤ3にとってはISDNベアラチャネルは常に使用可能な状態であるため、専用線によるバケット網アクセスに類似した方式である。呼解放の場合は、ベアラチャネル上の最後のレイヤ3コネクションの解放が終了し、レイヤ2コネクションの解放が終了した後で、プリミティブ分配機能を通してベア



(a) レイヤ3マッピング方式



(b) レイヤ1マッピング方式

図6 Case Bにおけるシーケンス例

ラチャネル切断の内部プリミティブ DISCONNECT.reqをDチャネルへ発行する。

(2)レイヤ1マッピング方式

この方式は、OSI側ではレイヤ2までの処理を行い、レイヤ3より受け取ったD-CONNECT.reqプリミティブをベアラチャネル設定の契機として用いる。プロトコル構成および通信シーケンスを図5(b)、図6(b)に示す。本方式ではレイヤ3、4間のサービスプリミティブに手を加える必要はなく、OSI処理部からみたISDN処理部はレイヤ1に相当する。呼解放の場合は、最後のレイヤ3コネクションの解放が終了し、ベアラチャネル上のレイヤ2コネクションの解放が終了した後で、そのままベアラチャネル切断の内部プリミティブDISCONNECT.reqをDチャネルへ発行する。

(3)両方式の比較

レイヤ1マッピング方式とレイヤ3マッピング方式を比較すると、レイヤ3マッピング方式は、複数のネットワークコネクションの設定や最後のコネクションの解放時の処理など、本来レイヤ3で持っている機能を2重にプリミティブ分配機能にも持たせる必要がある。しかし、本方式はOSIレイヤ3を最初からISDNで利用することを意識して作成する場合や、アウトバンド制御を行う際には有効な方式である。一方レイヤ1マッピング方式は、従来のレイヤ2以上には手を加えずに利用することが可能であるため、既存のOSI処理装置を利用する場合に適している。また、Case A、Case Bなどのパケット通信の場合、OSI側から見たISDNは、既存のOSI通信アプリケーションに対して単に物理回線を提供するにすぎない。従って、現在サービスされているOSIパケット通信をISDN上で実現するにはレイヤ1マッピング方式で十分であると考えられる。

4. OSI通信対応のパソコン用ISDNボード

上記の検討結果を考慮して、以下の方針に従って、OSI通信対応のパソコン用ISDNボードを開発した。

- ① ISDNでOSIパケット通信をサポートする。
  - ・Case A、Case Bのパケット通信
  - ・端末間直接のパケット通信
- ② 音声通信を扱うことを可能とする。
- ③ 画像転送を行うためのフレーム化機能をベアラチャネル上に持つ。
- ④ パケット通信および画像転送は音声通話と同時に扱うことができる。
- ⑤ OSIプロトコルの処理部は、既に開発済みのマイクロOSI5層ボード<sup>7)</sup>を使用する。

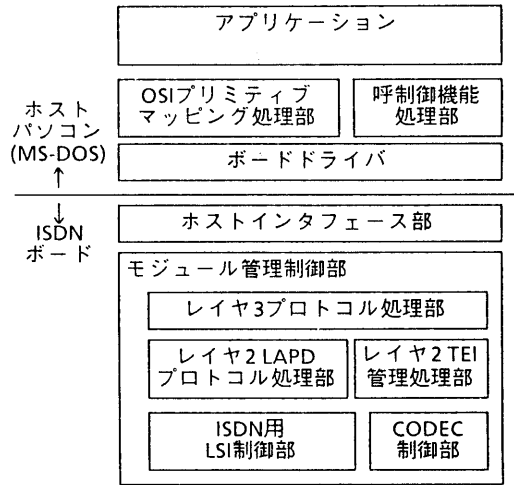


図7 ソフトウェア構成

- ⑥ ISDN処理部は1枚の拡張ボードとして構成し、マイクロOSI5層ボードとは外付けケーブルで接続する。
- ⑦ 呼制御方式はレイヤ1マッピング方式を採用することとする。
- ⑧ パソコン側のOSとしてMS-DOSを用いることとする。

4.1 ハードウェア構成

開発したISDNボードのハードウェアは、CPU(V50)、RAM(512Kbyte)、ROM(256Kbyte)、ISDN用LSI(シーメンス製)および音声用CODECから構成される。CPUは、ISDNレイヤ3のDchプロトコル、ホストパソコンとのインタフェースおよびISDN用LSIの制御を主に実行し、ISDN用のLSIはISDNレイヤ1機能およびレイヤ2のデータ転送機能までを実行する。ホストパソコンとのインタフェースは、16Kbyteのウィンドウを用いた共有メモリウィンドウ方式を採用した。さらに、音声用CODECも搭載しており、ボードにハンドセットを接続することにより音声通話が可能となる。OSI処理部は開発済みのマイクロOSI5層ボードを外部コネクタにより接続して実現している。

4.2 ソフトウェア構成

開発したISDNボードのISDN処理部のソフトウェア構成を図7に示す。ISDNボード上では、Dチャネルプロトコルを実行するレイヤ3プロトコル処理部、TEI(Terminal Endpoint Identifire)の割当・管理を行うレイヤ2 TEI管理部、Bチャネルの接続の管理

制御を行うISDN用LSI制御部、音声CODECの制御を行うCODEC制御部の各ソフトウェアモジュールおよびこれらのモジュール間の通信および制御を行うモジュール管理制御部、ホストパソコンとのインタフェース処理を実行するホストインタフェース部より構成される。各レイヤプロトコル処理部間の通信は待ち行列により行われる。

ホストパソコン上のアプリケーションとしては、ISDNボードとのインタフェースを行うボードドライバ、音声通信、非OSIの画像通信を行う場合のベアラチャネル設定・解放処理を行う呼制御機能処理部、OSIボードからの発呼処理用およびOSIボードへの着呼処理を行うOSIプリミティブマッピング処理部から構成される。

#### 4.3 OSI通信アプリケーションの実現法

開発したISDNボードにおいて、レイヤ1マッピング方式に従ってOSI通信アプリケーションを実現する機能ブロックを図8に示す。本機能は、図6(b)に示す通信シーケンス例に従って動作し、ISDN処理部としてISDNレイヤ1からレイヤ3、OSI処理部としてOSIレイヤ2からレイヤ5までを実装する。ホストパソコン上は、ISDN処理部およびOSI処理部とのインタフェースを行うボードインタフェース、OSI処理部を制御するOSIドライバ、ISDN処理部を制御するISDNドライバ、OSIとISDNの呼制御のマッピングを行い呼制御用内部プリミティブを作成しISDNレイヤ3プロトコルを起動する呼制御機能から構成される。

本ボードを用いてOSI通信を行う場合、まず、従来のOSIプロトコルに従って、OSI処理部を起動する。OSI側のレイヤ2でデータリンクコネクション設定要求であるD-CONN.reqプリミティブを受けた時点で、ホストパソコン上の呼制御機能に対してISDNのベアラチャネルを設定する要求を出す。呼制御機能では、OSI処理部より受け取ったベアラチャネル設定要求の情報に従ってCONNECT.req内部プリミティブを作成し、ISDNレイヤ3プロトコルを起動する。CONNECT.cnf内部プリミティブをISDN処理部から受け取った呼制御機能は、OSIドライバを通してOSIレイヤ2にベアラチャネルの設定が完了したことを通知する。その通知を受けたOSIレイヤ2は、ベアラチャネルへSABMを送出してデータリンクコネクションを設定する。あとは従来のOSIパケット通信手順でネットワークコネクションを設定して通信を行う。ベアラチャネルの解放は、ベアラチャネル上のデータリンクの解放完了を契機として次のように行われる。まず、全てのネットワークコネクションが解放された時点で、データリンクコネクション解放要求であるD-

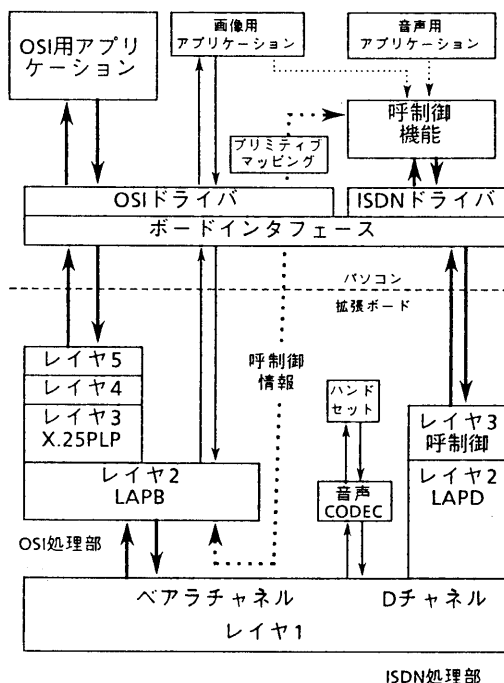


図8 OSI通信対応パソコン用ISDNボード機能ブロック図

DIS.reqプリミティブをOSIレイヤ2が受け取る。この要求に従ってデータリンクコネクションの解放が完了した時点で、設定の時と同様にパソコン上の呼制御機能に通知し、ISDNレイヤ3を起動してベアラチャネルを解放する。

#### 4.4 その他のアプリケーションの実現法

本ISDNボードでは、OSI通信アプリケーション以外に、レイヤ1機能、および、レイヤ2機能アプリケーションとして、音声通話および、画像転送等が可能である。また、これらの通信とOSI通信とを組み合わせたマルチメディア対応の通信も可能である。次に上記2つのアプリケーションの動作を述べる。

##### (1)レイヤ1機能を利用したアプリケーション

レイヤ1機能を利用したアプリケーションには音声通話があり、ISDN処理部だけで動作可能である。まず音声用アプリケーションを起動して相手ISDN番号を入力する。その情報をもとにしてパソコン上の呼制御機能は、表1に示したCONNECT.reqプリミティブを作成しISDNボードを起動しベアラチャネルを設定する。ISDNボード内では、網より割当てられたベアラチャネルに音声CODECを接続し音声通話を実現する。

## (2)レイヤ2機能を利用したアプリケーション

レイヤ2機能を利用したアプリケーションには画像転送があり、レイヤ2でのフレーム化機能としてOSI処理部のLAPB機能を流用している。呼設定手順は、音声通話の場合と同様の手順を用いる。

## 5 OSI通信対応のパソコン用ISDNボードの評価実験

開発したISDNボードを実装するISDN端末を、実際に国際ISDN交換機に接続して、図9に示す2つの形態での接続試験を行った。

- ① ISDN回線交換サービスを利用した端末間直接のバケット通信。
- ② Case A方式による国際バケット網(VENUS-P)上のバケット端末とのバケット通信。

### 5.1 回線交換サービスを利用した端末間直接のバケット通信

この接続形態では、OSIバケット通信および、音声アプリケーションの動作確認を行い、レイヤ1マッピング方式の動作を確認した。OSIバケット通信については、X.25ネットワークコネクション上で100kbyteのファイル転送を行い、その端末・端末間での転送時間からスループット特性として64kbpsの伝送速度に対する伝送効率を算出した。バケットサイズを128byteにした場合、スループットは60%程度であるが、バケットサイズを256byte以上にした場合は90%以上の特性を示しており、実用上問題のないことが確認された。

また、音声通話も64kbpsの音声CODECを用いて、正常動作することを確認した。

さらに、図8におけるOSIドライバを用いた画像転送アプリケーションおよび音声アプリケーションのベアラチャネル2本使用した同時通信も正常動作を確認し、ベアラチャネルを2本使用している場合も、それぞれは1本の時と同様の特性を示すことが確認された。

### 5.2 Case A方式による国際バケット網(VENUS-P)上のバケット端末とのバケット通信

この接続形態では、64kbpsでVENUS-Pに接続してOSIバケット通信の動作確認し、5.1と同様の方法でスループット特性を測定した。VENUS-Pに接続した端末の性能にも依存するため、スループット測定結果を5.1と直接比較するわけにはいかないが、バケットサイズが256byteであれば64kbpsの伝送路の70%以上、1024byteであれば90%以上のスループット値を得ることができ、実用上問題のないことが確認された。

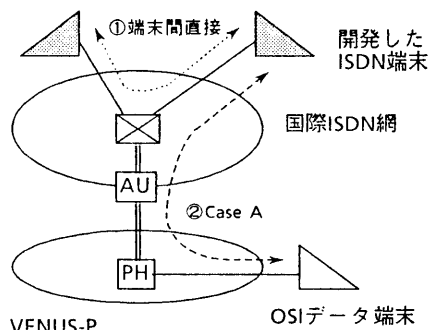


図9 ISDN接続実験

## 6.おわりに

本稿では、ISDNにおけるアプリケーションの一つとしてOSI通信を実現する方法について検討した。OSI処理部とISDN処理部間での呼制御用パラメータの受渡しやISDNのベアラチャネル設定の契機について検討し、OSI処理部とISDN処理部間での内部プリミティブおよびパラメータを規定した。また、内部プリミティブとOSIおよびISDNの呼制御の関係を示すレイヤ3マッピング方式およびレイヤ1マッピング方式を提案し、その適用領域を示し、現在提供されているISDNサービスを用いてOSI通信を実現するにはレイヤ1マッピング方式で十分であることを示した。また、上記の検討結果に基づいてOSI通信を実現するパソコン用ISDNボードを開発し、国際ISDN回線を用いて評価試験を実施した結果、動作確認および高いスループット特性を得ることができた。

## 謝辞

日頃御指導頂くKDD上福岡研究所小野所長、浦野次長に感謝します。

## 参考文献

- [1] 阿部、中村、谷、“ISDN端末アダプタ”、信学交換研資SE87-127,NOV.1987
- [2] 中野、永井、宮岸、“モジュール化を指向したISDN用ユーザ・網インタフェース構成法”、信学論 B-1 vol.J72-B-1, JAN.1989.
- [3] Y.DAVID、“Interface board for PCs providing SO interface with voice and data communications capabilities.”ICCC 1988 pp.175-180.
- [4] 中野、印藤、岡崎、“マルチメディア通信を実現するパソコン用ISDNカードの構成”、信学情報ネットワーク研資IN89-74,NOV.1989.
- [5] 飯作、石倉、加藤、鈴木、“OSIプロトコルを実装するパソコン用ISDNボードの開発”、信学情報ネットワーク研資IN89-67,SEP.1989.
- [6] 石倉、井戸上、加藤、飯作、鈴木、“OSI対応のパソコン用ISDNボードの開発”、1989年信学秋季全大B-311、SEP.1989.
- [7] 加藤、井戸上、鈴木、“パソコン用OSI5層ボードの開発”、信学情報ネットワーク研資IN89-22,JUN.1989.