The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Hi-Performance Computing に対応したCampus-Wide Intranet Infrastructure に関する研究
Author(s)	東田, 学
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3129103
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Hi-Performance Computing に対応した Campus-wide Intranet Infrastructure に関する研究

東田 学

大阪大学 大型計算機センター 研究開発部

3204

Hi-Performance Computing に対応した Campus-wide Intranet Infrastructure に関する研究

東田 学

大阪大学 大型計算機センター 研究開発部

概要

Hi-Performance Computing において、PVM (Parallel Virtual Machine) や MPI (Message Passing Interface) に代表されるネットワーク上で並列分散処理を行うためのライブラリを用いたアプリケーション実装が標準となっている。それらのライブラリが安定して高い実行性能を生むためには、広帯域かつ遅延の低いネットワーク・アーキテクチャの検討とその実現は欠くことはできない。本研究では、キャンパス規模にも対応可能なネットワーク構成手法の検討を行い、その手法の大阪大学総合情報通信網 ODINS への適用を通して、さまざまな知見を得た。

大阪大学では、総合情報通信網 ODINS の第一期整備と第二期整備を通じて、大型計算機センターを中心に吹田と豊中の二つのキャンパスに ATM による高速ネットワークの整備を行った。1993 年から 1994 年にかけて行われた第一期整備では、ネットワークの広帯域化の要求に応えるために、バックボーンを構成するルータの相互接続のための伝送媒体として ATM を採用した。OC-3c (156Mbps) 回線による ATM 接続は、それまでの LAN 媒体と比較してより広い帯域をもつと同時に、交換型集線装置である ATM 交換機によって相互接続されるため、ルータ間の通信において帯域を占有することが可能となり、高速な基幹網が構築された。しかしその一方で、支線ネットワークは、既存の帯域共有型の LAN 媒体である Ethernet により構成されるセグメントで集線したため、この部分がボトルネックとなり、端末から端末への通信において、基幹網が有する処理能力を生かすことができなかった。

交換型集線装置の導入による LAN 構築において、古典的なインターネット構築手法である、ルータによる LAN セグメントの相互接続では、キャンパスネットワーク全体としてみると効率的ではない。交換型集線装置のもつ処理能力を引き出すためには、古典的にルータの果たしていた機能を、経路制御機能と、集線およびパケット転送機能に分割することが可能な設計を行う必要がある。1995 年から 1996 年にかけて行われた第二期整備では、ATM の提供する多重化機能により、集線機能をルータから切り離すことにより機能分化を行った。

まず、第一期整備での固定接続型仮想回線 (PVC) による運用から、キャンパス規模で可変接続型仮想回線 (SVC) による運用が可能なネットワークとするための設計を行った。ATM アドレス割当て方式、物理接続の構成、ATM 経路情報交換の方式、上位レイヤである IP の経路制御と効果的に相互作用するための VC 設計の検討を行い、可用性が高く、柔軟なネットワーク構成を可能とした。この結果、LAN Emulation 方式による仮想 LAN セグメントの構築が可能となり、既存の LAN 媒体を LAN スイッチを経由して ATM ネットワークへ融合させ、これまでルータで行っていた集線機能を LAN スイッチに移転することが可能となった。また、LAN Emulation 方式により構成される仮想 LAN セグメントは、ルータが行っていたパケット転送機能の一部を代替可能であり、仮想 LAN セグメント内では Hi-Performance Computing で必要となる端末間での広帯域かつ低遅延な回線の提供を可能とした。

目次

第 1 章 はじめに 5
1. ダウンサイジングとキャンパス・ネットワークの整備 5
2. ダウンサイジングの弊害とネットワークの信頼性への要求 5
3. Web コンピューティングと "イントラネット" の整備 6
4. 新しいインターネット・インフラストラクチャ 7
第 2 章 ATM によるキャンパスネットワークの構成 9
1. LAN スイッチによる構内ネットワークの広帯域化 10
2. 非 LAN 系の広帯域伝送媒体の導入 11
3. LAN Emulation による支線ネットワークの集線 11
4. 集中型パケット交換 12
5. まとめ 13
第 3 章 Hi-Performance Computing のためのネットワーク設計手法 14
1. PVC による第一期整備の運用 15
2. ATM アドレスの割当て 15
3. 物理的構成 17
4. 経路情報交換 18
5. 動的な VC の設定 20
6. 上位層の経路制御との連携 21
7. まとめ 22
第 4 章 設計手法の適用–1 23
1. "創世期" から ODINS 第一期整備へ 24
2. 第一期整備の導入コンセプト 25
3. 第一期整備の構成 26
第 5 章 設計手法の適用–2 32
1. クラスター構成 32
2. ATM 基幹ネットワーク・システム 33
3. 超高速バックボーン・システム 38
4. 対外接続システム 39
あとがき 40
謝辞 43
参考文献 44
付録目次 45

図目次

図 1: 大型計算機センターの機種更新と ODINS 導入 5
図 2: 単一の FDDI リングによりルータを集線した構成 9
図 3: FDDI リングを細分化しクラスター化した構成 9
図 4: FDDI スイッチによりクラスター間の伝送を広帯域化 10
図 5: FDDI スイッチへ Dual Homed 接続 10
図 6: ATM スイッチによりクラスター間の伝送を広帯域化 11
図 7: ルータによる基幹と支線ネットワークの接続 11
図 8: ATM 交換機による基幹と支線ネットワークの接続 12
図 9: ODINS 第一期整備の支線ネットワークの構成 12
図 10: ODINS 第二期整備の支線ネットワークの構成 12
図 11: FDDI によるルータのクラスター化 13
図 12: ルータを集線機能から開放 13
図 13: ATM による LAN 媒体の集線 13
図 14: ATM 用アドレス形式私設網 16
図 15: ODINS での ATM アドレスの階層構造 17
図 16: 基幹網用交換機の接続構成 18
図 17: IISP-正常系 19
図 18: IISP の経路設定を効率的に行うための物理構成 19
図 19: IISP-代替系 2 20
図 20: IISP-代替系 1 20
図 21: 論理構成を元にした物理接続構成 20
図 22: 論理構成の基本概念 21
図 23: バックボーン・ルータの一個所に障害が起こったとき 21
図 24: クラスター・バックボーンを含めて障害が起こったとき 21
図 25: OSPF のエリア分割の構成 22
図 28: 第一期整備の基幹網の概略図 23
図 29: Genesis ネットワークの最終構成図 25
図 30: 第一期整備の全体構成 26
図 31: ATM セルの構造 27
図 32: 仮想パスと仮想サーキットの関係 27
図 33: 第一期整備 ATM 交換機の接続状況 27
図 34: 第一期整備クラスターの構成 28
図 35: 第一期整備の対外接続の状況 29
図 36: キャンパス内配線状況 30
図 37: NetVisor の画面-1 31
図 38: NetVisor の画面-2 31
図 39: ATM 交換機の階層構造 35
図 40: ATM 交換機の接続構成 36
図 41: 支線ネットワークの収容方法 37
図 42: 第二期整備でのクラスター・バックボーンの構成 38
図 43: 第一期整備でのクラスター・バックボーンの構成 38

表目次

表 1: IP ルータと ATM 交換機の経路制御機能の比較 14
表 2: ATM アドレス採番規則 17
表 3: 第一期整備までの道のり 24
表 4: 機器配置状況 26
表 5: ODINS 第二期整備の日程 32
表 6: ODINS クラスター構成 33
表 7: ATM 交換機の設置場所と構成の一覧 34
表 8: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成 37

第１章

はじめに

1. ダウンサイジングとキャンパス・ネットワークの整備

1980 年代中頃に、Unix オペレーティング・システムを採用したワークステーションが登場し、汎用コンピュータによる集中型コンピューティングから、Unix ワークステーションによる分散型コンピューティングへ、いわゆるダウンサイジングの波が起こった。この流れを支えた一因として、Ethernet による LAN (Local Area Network) の導入が挙げられる。Unix ワークステーションの普及と同時に、Ethernet による LAN が敷設され、TCP/IP (Transmission Control Protocol and Internet Protocol) Protocol Suits によるマルチベンダー・マルチプラットフォーム環境で相互運用性を有する通信が行われるようになった。やがて、Unix ワークステーションをパケット中継装置として LAN と LAN を相互接続するインター・ネットワークが構築されるようになり、ルータと呼ばれるパケット中継専用装置が誕生し広く導入されるようになった。このような連鎖的な相互接続が、ついに世界規模のインターネットをもたらすことになった。

大阪大学でも、1985 年から、Genesis ネットワークという名前の草の根キャンパス・ネットワークが構築され、ボランティアによって運用された。この創世期のネットワークは、汎用コンピュータに専用端末を接続するためにキャンパス内に敷設されたシリアル回線を流用し、その上に SLIP (Serial Line IP) プロトコルにより IP パケットを乗せて構内インター・ネットワークを構築していった。ここでは、IP によるインターネット構築の有効性が実証され、汎用大型コンピュータを中心に敷設されていた構内回線が、次々に SLIP による IP 運用に再利用されることになった。この運用で得られた実績をふまえて、1994 年に、正式なキャンパス・ネットワークである ODINS (Osaka Daigaku Information Network System) が整備されることになった。Genesis ネットワークにおいて実績を作った Ethernet による LAN を支線ネットワークとして全学的に導入し、また、多組織のキャンパス・ネットワークのバックボーンとして実績のある FDDI をバックボーン・ネットワークとしてルータ・クラスターを構成した。そして、クラスター間の相互接続を行う基幹ネットワークの技術として、広域で広帯域ネットワークを実現可能な ATM を世界に先駆けてを基幹ネットワークに採用した。

2. ダウンサイジングの弊害とネットワークの信頼性への要求

ネットワーク・コンピューティング環境のプラットフォームとなったワークステーションであるが、その標準的なオペレーティングシステムである Unix は、本来は汎用コンピュータ用のオペレーティング・システムとして開発された MULTIX の余分な機能を削ぎ落として設計されている。規模こそ小さくなったものの、運用・管理の点からは汎用コンピュータの枠組みを強く受け継ぐものである。ネットワークによるコンピューティング機能の分散化は、必然的に汎用コンピュータ上で行われて

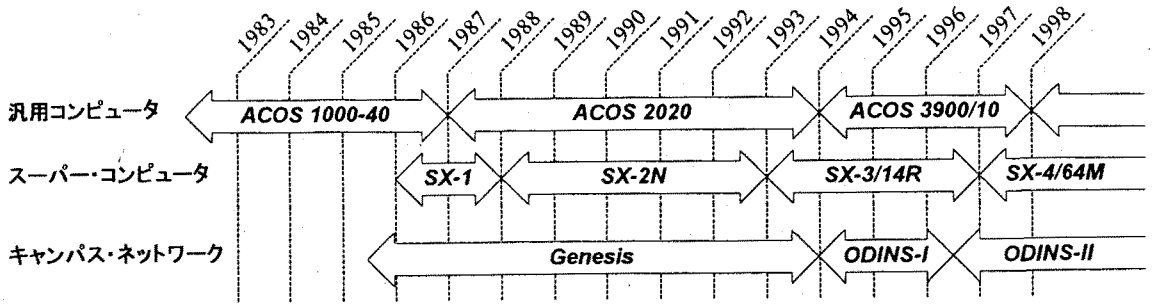


図1: 大型計算機センターの機種更新と ODINS 導入

いた運用・管理の分散化を伴うものであった。分散化に伴う多極化の結果、確かに各々の運用・管理コストは減ったものの、大局的にそれを合わせれば運用・管理コストは増大することになってしまった。つまり、ネットワークごとに運用・管理者が必要となり、同じ機能のものを別々の場所でそれぞれ保守しなくてはならない矛盾を生んだのである。

また、ワークステーションにより大型汎用コンピュータの持つ機能を小型化、分散配置する一方で、大型汎用コンピュータの持つ高可用性、高信頼性に比べて、ワークステーションのオペレーティング・システムは、単純化とハードウェアの低コスト化の要求から、冗長性を有しておらず、可用性・信頼性は高くなかった。この結果、分散されたホストのどれかに障害が生じると、ネットワーク全体の機能に障害が波及し、インターネットにより相互接続されたどこかで常に障害が起こっているという、見かけ上の信頼性の低下を招くこととなった。

一方、ODINS 第一期整備で構築されたネットワークは冗長性が欠如しており、安定したネットワークだが障害に弱いという側面があった。この点が、ワークステーションの信頼性の問題とあいまって、コンピューティング環境全体の信頼性の低下をもたらしてしまった。もっとも致命的な点は、基幹ネットワークのトポロジーをATM交換機を中心とするスター型とし、基幹網の経路制御を静的に設定したため、障害時、または定期保守時に中心となる ATM 交換機のサービスが停止すると、影響がネットワーク全体に波及してしまうことである。これは、二重化構成とした FDDI による古典的な構内ネットワークと比較して、冗長性の点から後退している。インターネットは、本来、動的に経路情報の交換を行い、パケット交換の経路を動的に選択する。この特徴を生かすためには代替経路の敷設が前提となる。ODINS の第二期整備にあたり、インターネット本来の特徴を生かすことのできる、障害に強く負荷に強い動的なネットワークへの脱皮が必要となった。

また、インターネットが浸透するにつれ、教育・研究活動のインフラストラクチャとしてODINSが提供するサービスの信頼性向上がより強く求められるようになった。研究者間のコミュニケーション手段が、電話や手紙から電子メールを中心としたものに変わり、WWW による全世界への情報公開、さらに情報処理教育センターでの教育活動や、事務処理などの要求に応えるには、第一期整備の構成には冗長性に関して上述のような不満が残った。サービスが浸透し、ユーザの依存度が高まるにつれ、キャンパス間の回線、および対外接続セグメントへの経路をふくめて、障害に強い冗長構成とすることが要求されるようになった。

3. Web コンピューティングと "イントラネット" の整備

ネットワーク・コンピューティング環境のアプリケーションは、まず LAN 上への展開を主眼に開発が行われた。特筆すべき流れは、MIT を中心に開発されたネットワーク透過型ウィンドウ・システムである X Window System によるグラフィカル・インターフェイスの統一である。X プロトコルを実装した端末装置が導入され、ユーザインターフェイスの統一を促進するとともに、分散コンピューティング環境においてサーバへの演算機能を集中するためのインターフェイスとなった。しかし、この流れは、マルチメディア・アプリケーションの開発の必要性が増すにつれ急速に勢いを失うこととなった。音声や動画像の処理、さらにグラフィクス・アプリケーションが新たに要求するようになった 2D ベクトルや 3D ポリゴンに対する座標変換処理へのアクセラレーションが必須となると、X プロトコルと Ethernet などを伝送媒体とするデータ転送処理では、十分な帯域と応答速度を提供できなくなったのである。

その一方で、PC (Personal Computer) の高機能化が進み、ワークステーション用の RISC プロセッサの技術が PC へ移転されるようになった。また、業界標準のバス・インターフェイスとして PCI (Peripheral Component Interconnect) 仕様が実装されるようになり、ワークステーションとの処理能力にほとんど差がなくなりつつある。それまでも通常のコンピューティングを手元のパソコンで行うスタイルを固持するユーザは多かったが、World-Wide Web によるインターネット上の情報共有の爆発的な普及とそれに応じた Web ブラウザの高機能化により、ネットワーク・コンピューティングのプラットフォームとして PC 上の Web コンピューティングが主流となった。Web ブラウザは、HTML 形式でマークアップされた文書を整形し、その中に含まれるリンク情報によりインターネット上のリソースを次々に参照するためのユーザ・インターフェイスを提供する。NCSA の開発した Mosaic の普及とともに、この枠組みの有効性が実証されると、Web ブラウザはインターネットにおける「戦略商品」となり、OS ネイティブなアプリケーション実行を支援するプラグイン実行環境として、また、JAVA に代表される抽象化されたアプレットと呼ばれるアプリケーションの実行環境として、総合的なネットワーク・アプリケーション・プラットフォームへと進化した。Web コンピューティングによる組織内に限定したインターネットを "イントラネット (Intranet)" と呼ぶ

ことがある。

この流れの中で、Unix ワークステーションは、可用性を有する高機能製品と、価格的なスケーラビリティを提供するためのPCクラスの廉価製品に二極化した。PCに対して、ファイルやプリンタ共有、データベース機能などを提供するサーバは単機能化し、汎用コンピュータと同程度の信頼性の向上を達成しつつある。この流れを支えるためにも、ネットワークの信頼性の向上が急務となっている。

ODINS 第一期整備当時は、まだ電子メールに代表される文字型の通信が主流であり、通信に必要とされる帯域 (通信速度) は、共有型の 10Mbps Ethernet でも十分まかなえるものであった。しかし、第二期整備の仕様が検討された 1995 年を前後して、静止画や動画像そして音声を混在させ、要求に応じてサーバからユーザの手元に転送する形のマルチメディア通信が一般的になり、特にサーバ用の回線において 100Mbps 以上の帯域が必要となり始めた。上述の WWW の普及がこの傾向に拍車をかけた。

このように、ネットワークの高帯域化は必然であるが、第二期整備の設計にあたっては、単に帯域を拡大するだけではなく、基幹網と支線を含めてネットワーク構成そのものを見直し、支線から基幹ネットワークまで交換型集線装置 (LAN スイッチと ATM スイッチ) を導入することにより ODINS 全体を帯域占有型構成とする検討を行った。インターネットの利用状況を踏まえると、マルチキャストに代表される一対多点間通信よりも、一対一点間通信の需要は遥かに高い。これは、古典的な遠隔アクセスによる集中的資源管理から、サーバ・クライアント型のアプリケーション開発が主流となり、データ通信はクライアントからの要求に応じてサーバから配送されるという枠組みが定着したことによる。一方で、インターネット上でのマルチキャスト技術の開発が一向に需要に見合わないことも影響している。インターネットのバックボーンの帯域不足とともに、共有型媒体における同報通信は、すべての端末に負荷をあたえるため避けられてきたことも一因であろう。キャンパスネットワーク全体に、帯域占有型媒体を導入し、すべての端末に十分な帯域を提供するとともに、通信が不必要な影響を与えない構成とする必要が生じた。

4. 新しいインターネット・インフラストラクチャ

ODINS 第一期整備の完了した後も、ATM Forum や ITU-T で新しく仕様化され実装された機能を絶え間なく盛り込み続け、ATM の持つ運用上の問題を実証的に明らかにしてきた。その中でもっとも致命的な問題は、上で述べたように、固定的な呼接続によってルータ間の接続を行ったためインターネットの高い可用性を生かすことができず、運用上もさまざまな煩雑な管理を強いることとなった点である。1995 年度第二次補正予算で行われることになった ODINS 第二期整備では、高帯域化、信頼性の向上のための ATM 基幹網の拡充を第一目的とし、その当時に ATM が仕様として取り入れている機能をできる限り実装し、その時点で潜在的に有する機能をすべて発揮できる環境の実現を目指した。さらに、既存の LAN 媒体との融合により支線までを含めた帯域占有型構成とした高速キャンパスネットワークシステムの構築し、超高速バックボーンシステム、対外接続システムも ATM 回線により継ぎ目なく埋め込むことを目指した。

そこでの鍵となったコンセプトは次の 8 つである。

1. 端末間での帯域占有 (Dedicated Bandwidth)
2. 品質保証 (Guaranteed Quality)
3. 動的なネットワーク網管理 (Dynamic Routing)
4. 可用性、耐障害性 (Availability and Fault Tolerance)
5. 保守時の運用 (Non-Stop Operation while Maintenance)
6. ルーティング機能の集中管理 (Centralized Routing)
7. ブルータによる集線から LAN スイッチによる集線
8. 仮想 LAN (Virtual LAN)

第二期整備では、ATM 交換機と LAN スイッチを組み合わせて運用することにより、端末間での帯域の占有を可能とするとともに、ATM による品質保証を行う構成を採り入れた。また、第一期整備での安定を重視した静的経路制御による設

計を見直し、全面的に動的な経路制御を行う設計とすることとした。これにより、障害時の可用性を高め、保守時にも運用可能な構成とした。さらに、支線ネットワーク構成において、ルータによる第三層でのセグメント化手法から、LAN スイッチによる第二層でのセグメント化手法に切り替えた設計を行った。ルータは、経路制御に徹し、LAN スイッチ間の直接通信により仮想 LAN の構築を可能とした。

第二期整備は、1996 年 9 月いっぱいで無事完了し、既存のネットワークからの移行も 11 月までにすべて完了した。代替系を盛り込んだ動的呼接続は完全に機能しており、その上に論理的に構築されたキャンパス内インターネット (イントラネット) と協調して、広帯域かつ低遅延で、非常に障害に強いネットワークを実現した。

本論文の第 2 章では、キャンパス・ネットワークの広帯域化、低遅延化とともに高可用性を提供することが可能な構成について述べる。第 3 章では、ATM を効果的にキャンパス・ネットワークに採り入れるための設計手法について述べる。第 4 章では、前章で論じた設計手法の ODINS 第一期整備への適用例を述べ、第 5 章では、ODINS 第二期整備への適用例を述べる。

第２章

ATMによるキャンパスネットワークの構成

ネットワーク基幹部分の広帯域化の要求は古くから存在する。ルータにより、ネットワークを相互接続して構築されるインターネットにおいても同様である。ODINS 第一期整備は 1993 年から 1995 年にかけて行われたが、それ以前に他大学や他組織で先行して行われていた構内ネットワークの整備では、100Mbps の帯域を有する FDDI によるリング型トポロジーでルータを集線することにより基幹ネットワークを構成する手法が一般的であった (図 2)。

この構成では、各ルータで複数の支線ネットワークを集線し、FDDI リング上で支線ネットワーク間のパケット交換を行う。支線ネットワークは、帯域共有型媒体である10Mbps Ethernetをバックプレーンとする構成が主流であり、このとき、支線ネットワーク上のトラフィックはたかだか10Mbpsに制限される。そのトラフィックすべてが基幹ネットワークへ乗り込んだとしても、100Mbpsの帯域を持つFDDIならば、少なくとも 10 個の支線ネットワークのトラフィックを処理することが可能であり、Ethernet の実効性能と運用時の支線内トラフィックと支線外へのトラフィックの比を小さく見積もれば、単一の FDDI リングに数十の支線ネットワークを集線する構成とすることも可能である。ODINS 第一期整備の初期の計画は、吹田と豊中の両キャンパスにそれぞれ単一の FDDI リングを敷設し、支線ネットワークを集線する構成であった。

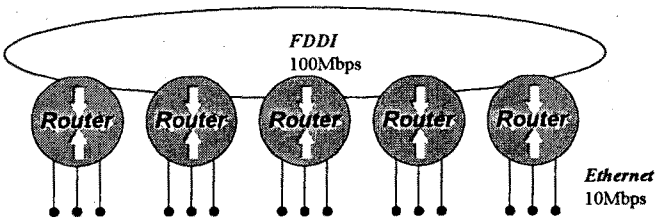


図2: 単一の FDDI リングによりルータを集線した構成

FDDI は、Token Passing 方式の共有型媒体である。上記の構成では、すべての支線ネットワーク間のトラフィックが、基幹ネットワークである FDDI リング上で共有されることになり、伝送効率が低下する。これを避けるため、実際の設計では、トラフィックの不要な伝播を避けるため、運用時に予想される支線ネットワーク間のトラフィックを見積もり、必要ならば FDDI リングをルータにより細分化したクラスター構成とする設計が一般的である。このような FDDI リングの細分化を行うにあたり、細分化して生じるクラスター間のトラフィックの見積もりが低ければ、再び FDDI リングによりクラスター間接続を行い、図 3のようなツリー状の階層構造とすることも可能である。

一方、クラスター間接続に、より広い帯域を提供する必要がある場合、その手段として、次の二つの選択肢が挙げられる。ひとつは、非 LAN 系のより広帯域な伝送媒体の導入であり、もうひとつは、いわゆる LAN スイッチに代表される交換型集線装置の導入による帯域の占有化である。

ODINS 第一期整備では、公衆網ネットワーク用の技術である ATM を構内私設ネットワークに応用した機器 (ATM 交換機と ATM ルータ) の導入を行い、当時として世界的にも先端のネットワークの構築を行った。ATM は、156Mbps から 622Mbps といった伝送路に対応しており既存の LAN 媒体と比較して帯域は十分広い。さらに、交換型集線装

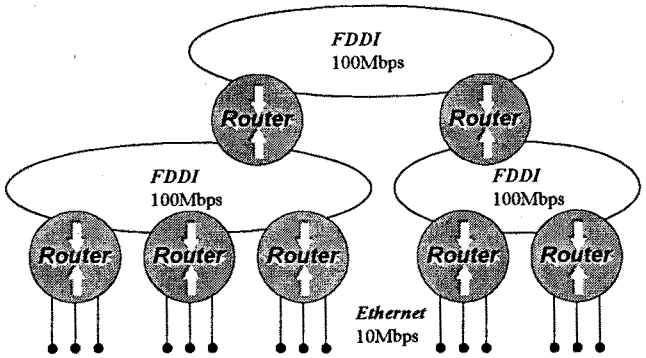


図3: FDDI リングを細分化しクラスター化した構成

置により機器の接続を行うため、同時に帯域の占有化を行うことも可能である。

ODINS 第一期整備の成果と、学術情報センターの持つ広域ネットワークの ATM 化の促進を受けて、1995 年度補正予算で、数十の大学に ATM ネットワークの導入が行われることになった。そこでの機器調達のコンセプトは、東京大学 (UTnet) や東北大学 (TAINS) などように既存の LAN 媒体によるネットワークの強化を行った大学と、北海道大学 (HINES) や名古屋大学 (NICE)、九州大学 (KITE) のように、ODINS 第一期整備のコンセプトと同様の ATM 基幹網の導入を行った大学、また、京都大学 (KUINS) など ATM 構内網を新規に導入した大学とに大きく分けられる。ODINS では、より進んだコンセプトの下で、ATM 構内網と既存の LAN 媒体との融合を目指した。この章ではそのコンセプトを述べ、LAN スイッチによる構内ネットワークの構成と、ATM スイッチによる構内ネットワークの構成の比較を行い、それらを融合することによる優位性を述べる。

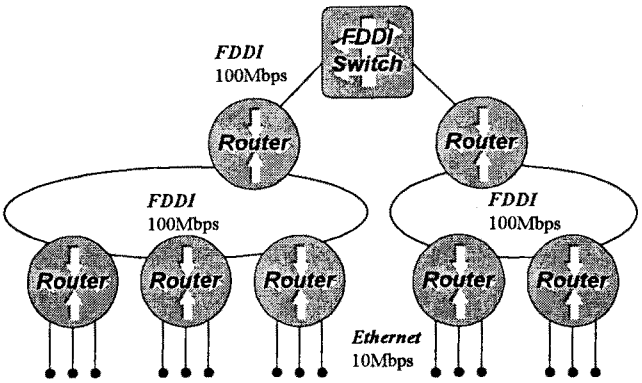


図4: FDDI スイッチによりクラスター間の伝送を広帯域化

1. LAN スイッチによる構内ネットワークの広帯域化

LAN スイッチは、既存の LAN 媒体を接続ポート毎にセグメント化し、独自のバックプレーンを介して、ポート間のトラフィックに対してフレームごとの交換を行うことにより帯域占有型の伝送路を提供する装置である。LAN スイッチで基幹ネットワークのルータを集線することにより、既存のネットワーク機器間の帯域を LAN スイッチの交換容量[1]まで広げることが可能となる。すなわち、クラスター間のデータ転送を LAN スイッチのバックプレーン上で行うことにより、他のクラスター間のデータ転送の影響を受けない構成とすることが可能になる (図 4)。

ただし、図 4のような階層型の構成では、クラスターを FDDI スイッチに接続するルータが冗長ホップとなり、クラスター内のルータは上位層の FDDI スイッチのバックプレーンの処理能力を生かすことができない。これを解消するため、すべてのルータを FDDI スイッチに直収する構成が望ましい。このとき、FDDI スイッチ一台による集線では、デュアル・リングによる冗長化機能を活用できず、FDDI スイッチに障害が起こった際にネットワークのすべての機能が停止してしまう。これを避けるには、もう一台の集線装置を用意し、図 5のようにルータを Dual Homed 接続とする構成が望ましい[2]。

また、Ethernet でも敷設半径の大きい光媒体を利用することにより、十分単一構内を覆うネットワークを構築することができる。低価格で FDDI と同じ 100Mbps の帯域を有する Fast Ethernet (10Base-TX/FX) が急速に普及しており、また、仕様化が進んでいる Gigabit Ethernet が登場すれば、Ethernet スイッチによる基幹ネットワーク構築も今後の主流のひとつになると考えられる。

LAN スイッチによる基幹ネットワークの広帯域化は、既存の LAN 媒体による構成と完全な互換性を有する。LAN スイッチ導入の際のコスト以外に特

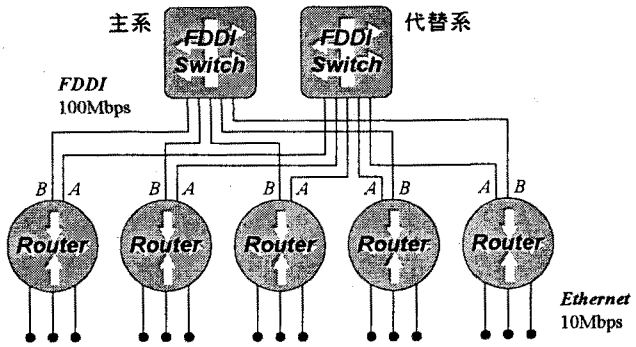


図5: FDDI スイッチへ Dual Homed 接続

[1] 数百 Mbps から数 Gbps まで。これに対して、ATM 交換機の容量は一桁から二桁大きい。

[2] 主系の B ポートの接続のみをスイッチとし、代替系の A ポートは通常のコンセントレータとして導入コストを下げることもできる。

に欠点はなく、公衆網インターフェイスを持つルータの相互接続ポイントであるインターネット交換局 (Internet Exchange Point) を始め、キャンパス・ネットワークでも広く導入が行われている。

2. 非 LAN 系の広帯域伝送媒体の導入

ODINS 第一期整備では、既存の LAN 媒体にとらわれない構内ネットワーク構築のため、伝送媒体として、広域公衆網用の広帯域伝送媒体である ATM の導入と、スーパー・コンピュータや汎用コンピュータなどのチャネル用の広帯域媒体である HiPPI や UltraNet などの導入が検討対象となった。

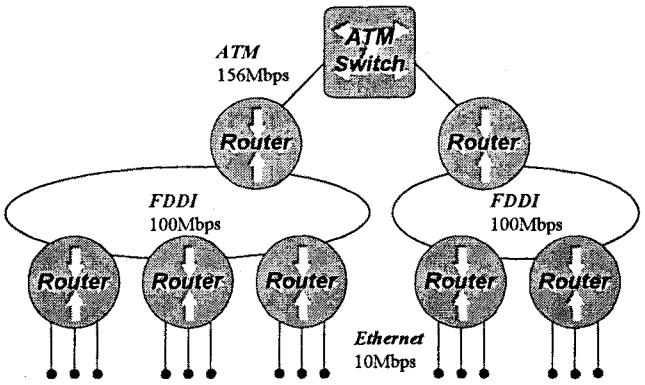


図6: ATM スイッチによりクラスター間の伝送を広帯域化

後者は、インターフェイスとして実装するルータが少なく、特に UltraNet 関連の製品が製造中止となったため、ギガビット・オーダーの回線帯域を有するルータは、NetStar 社 (現 Ascend 社) の GigaRouter のみとなってしまった。第一期整備では、大型計算機センターのスーパーコンピュータを中心とする超高速バックボーンという形で、独立して HiPPI と UltraNet によるネットワークの構築を行った。このネットワークは、基幹ネットワークとは完全に独立していた。第二期整備において、OC-12 回線により ATM ネットワークへの統合を行った。

他方、ATM であるが、公衆網と私設網の双方に接続可能なインターフェイスとして、ほとんどすべてのルータが実装を行い、私設網用 ATM 交換機の登場により、ODINS 第一期整備で導入したように、図 4の FDDI スイッチを ATM スイッチで置き換える形で、広帯域回線の交換型集線装置として構内ネットワークのクラスター化に利用することが可能となった (図6)。ATM は、広域ネットワーク用の媒体として開発された特徴を生かして、キャンパスを跨ぐ基幹ネットワークのクラスター化に利用することができる。その反面、FDDI のような冗長化機能は持っていないため、交換機が機能停止したときの代替経路を提供するためには、インターフェイスを含めて、もう一系統の代替系ネットワークを構築する必要が生じる。そのための設計手法の詳細は、次章で述べる。

3. LAN Emulation による支線ネットワークの集線

ATM は、多重化装置としてネットワーク構築においてさまざまな柔軟性を提供することができる。その一つの応用が、LAN Emulation のように、既存の LAN 媒体、特に LAN スイッチと相互接続するための規格である。広く実装されるようになり、構内ネットワークの基盤として、新しい接続形態による設計が可能となった。

LAN スイッチによる構内ネットワークの構築では、最終的に支線ネットワークと基幹ネットワークをルータにより相互接続する際に、ルータのもつ回線インターフェイスの帯域がボトルネックとなってしまう (図 7)。

ルータによる IP パケット交換は、ここ数年の間ほとんど性能が向上していないが、ATM 交換機によるセル交換は、回線インターフェイスの帯域が 156Mbps から 622Mbps、さらには 2.4Gbps となり、それにともなってバックプレーンの交換能力も上がっている。これまでのように、ルータによる支線ネットワークと基幹ネットワークの物理接続から、ATM 交換機で接続をする設計に変更することにより、このボトルネックの解消の可能性が生まれる (図 8)。第二期整備にあたっては、基幹ネットワーク用の媒体として ATM を拡張すると同時に、支線ネットワークに LAN スイッチを導入し、LAN Emulation により既存の支線ネットワークを ATM ネットワークへ融合して運用可能な環境の構築を目指した。

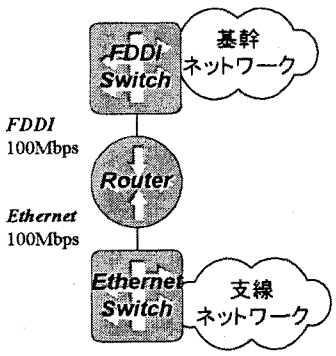


図7: ルータによる基幹と支線ネットワークの接続

また、ODINS 第一期整備では、ユーザの端末を収容する支線ネットワークのバックプレーンとして10Base 5 Ethernet (いわゆる「イエロー・ケーブル」)の敷設と、10Base-T Ethernet の集線のために共有型ハブを設置した (図10)。これらの媒体は共有型のため、10Mbps という帯域を支線ネットワーク上のユーザが共有して利用せざるを得ず、156Mbps ATM 回線による基幹網を生かしきっていなかった。具体的には、支線ネットワーク収容用に導入したルータは、2から8つの10Base 5 Ethernetを集線する構成になっていたが、この構成では最大20Mbpsから80Mbps、Ethernetの実行性能を考えればその6割以下のトラフィックしか基幹網に乗り込まない。ATM ルータを集線するATM交換機はノンブロッキングで2.5Gbpsのトラフィックを交換可能にもかかわらず、このような構成上から本来の性能を生かすことはできない。

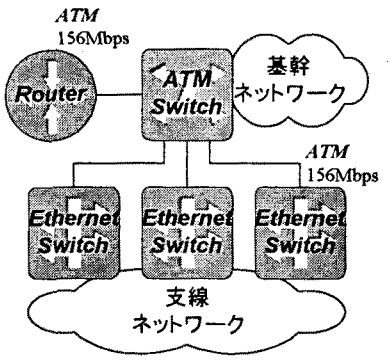


図8: ATM 交換機による基幹と支線ネットワークの接続

第二期整備では、支線ネットワークがEthernetやFDDIのような伝送媒体をバックプレーンとする構成を見直し、支線ネットワークのバックプレーンがLAN交換機もしくはATM交換機のようなスイッチ型デバイスとなるように設計を行うこととした (図9)。

ATM基幹網の帯域を156Mbpsから622Mbpsへ増強するとともに、ユーザ端末収容用のATM 交換機の導入や、既存のEthernetやFDDIを帯域占有型媒体としてATM基幹網へ収容するためのLANスイッチの導入を行い、支線ネットワークを含めて基幹網が有効活用可能なネットワーク構成となるように設計を行った。

また、既設ATMルータを含めたこれらの機器を協調して運用することにより仮想LAN機能を提供し、場所的に離れた研究室や講義棟なども同一のLANセグメントとして扱えるようにした。同時に、研究・教育支援用ネットワークなど、セキュリティを必要とするネットワークへの要求にも応えられるものとした。このため、第二期整備ではLAN Emulation 方式を導入することとした。その設計手法の詳細は次章で述べる。

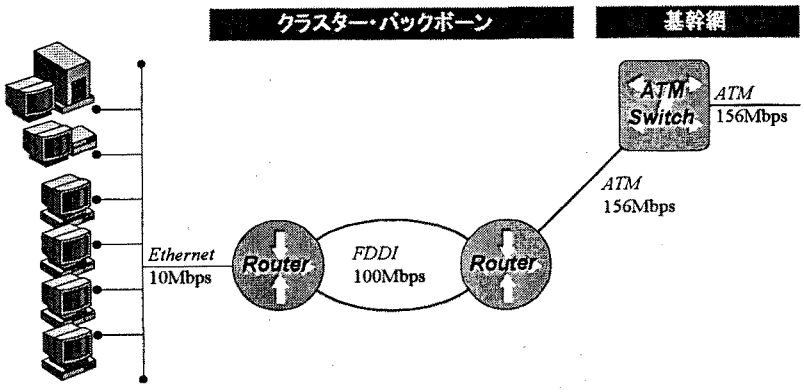


図10: ODINS 第一期整備の支線ネットワークの構成

4. 集中型パケット交換

ATM インターフェイスを持つLAN スイッチを導入し、LAN Emulation による運用を行うことにより、既存のLAN媒体とATMを継ぎ目なく運用することが可能となる。この際、これまでルータに持たせていた集線機能は、ルータとLANスイッチ間がATMによって多重化されるため、ルータは集線機能から開放することが可能となる。

これまでのクラスター・バックボーンは、FDDI をバックプレー

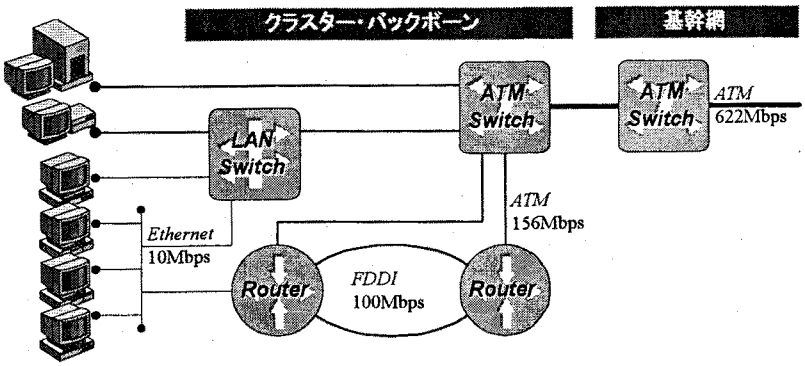


図9: ODINS 第二期整備の支線ネットワークの構成

ンとしてルータ・クラスターを構成し、各々のルータによって複数の Ethernet を集線していた (図 11)。第一期整備で導入した Cisco 社製 7000 シリーズのルータは、ルータ単体で 500Mbps のパケット交換能力を持つが、FDDI をバックプレーンとしたことにより、クラスターあたりのパケット交換能力は、FDDI の媒体の上限である 100Mbps で押さえられてしまう。

ルータのバックプレーンの交換能力を有効に利用するには、例えば、図 12のように、アップリンクにビッグパイプを持つ LAN スイッチを用意して、集線機能をルータから切り離す構成とする。この例では、ルータに最大 300Mbps (全二重リンクならば 600Mbps) のトラフィックが集約することになり、ほぼルータのバックプレーンの能力と一致する。

第二期整備では、図 13のように、LANスイッチをATM交換機によりクラスタリングする構成を採用した。この構成では、ルータには最大 ATM 回線の速度である 156Mbps (全二重なので 312Mbps) のトラフィックが集約する。LAN スイッチのアップリンクは 156Mbps 回線なので、ルータの処理能力が不足するが、クラスター内に複数のルータが配置されており、分散してパケット交換が行えるようになっている。

5. まとめ

本章では、交換型集線装置によるキャンパス・ネットワーク構成の有用性を示し、LANスイッチとATM交換機を導入した場合の比較を行った。また、ATM交換機を導入した場合に得られる、ルータからの集線機能の分化の可能性と、集中型パケット交換の有効性を述べた。次章では、これらの機能を生かすために、ODINS 第二期整備で採り入れた ATM 経路制御について述べる。

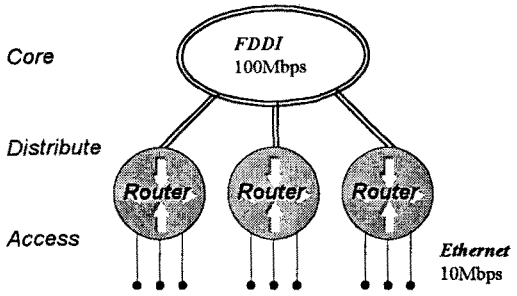


図11: FDDI によるルータのクラスター化

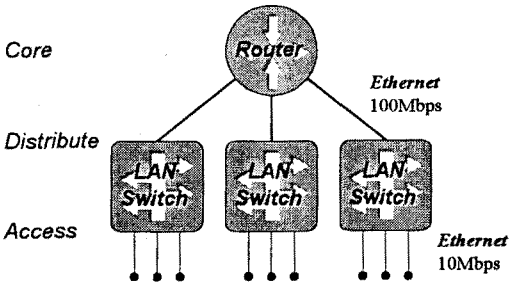


図12: ルータを集線機能から開放

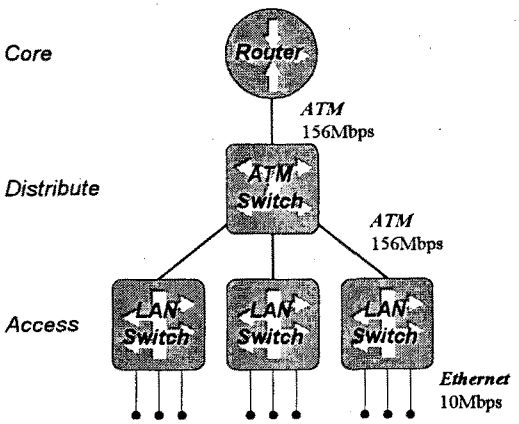


図13: ATM による LAN 媒体の集線

第 3 章

Hi-Performance Computing のためのネットワーク設計手法

ODINS 第二期整備では、可用性が高く、構成に柔軟性を有するネットワーク構築を目標とした。このために、第一期整備での PVC による呼接続方式から、SVC による呼接続方式への全面的な移行を行い、完全に機能する構内規模の ATM ネットワークを構築することを目指した。このために検討が必要となったのが、アドレス割当てと経路制御である。さらに、そのために必要となる上位、下位のレイヤーの検討も同時に行った。具体的には物理的な配線接続構成と、IP 層での経路制御である。

ATM ネットワークは、セル交換機が多段にカスケードされて構成される。ユーザ端末から指定先のユーザ端末にセルを送信するには、あらかじめ経由する交換機上に VC (Virtual Circuit) を設定しなくてはならない。端末から端末へ VC を設定するにあたり、固定的に各交換機へ経路の投入を行う方式と、端末間で必要に応じて動的に経路の投入を行う方式がある。前者を、固定接続型 VC (PVC: Permanent Virtual Circuit) と呼び、後者を可変接続型 VC (Switched Virtual Circuit) と呼ぶ。

ATM セルのヘッダには、多重化されたセルを識別するための識別子 (identifier) が設定される。識別子は、VPI (Virtual Path Identifier) と VCI (Virtual Circuit Identifier) に階層化されている。VPI (NNI では 12bit、UNI では 8bit) と VCI (16bit)である。VC の設定は、経由する交換機上にセル交換のための経路表 (入力ポート:VPI:VCI と出力ポート:VPI:VCI の組み合せテーブル) の設定を行うことである。セル識別子の有効範囲 (スコープ) は、各々の交換機ごとに局所的であり、交換機を経由するごとに経路表に基づいて変更が行われる。そのため広域での端末識別を行うために、別途、大域的な有効範囲を有する別の識別子を導入する必要がある。これはATMアドレスと呼ばれる。ATMアドレスは、局所的スコープの VPI/VCI に変わり、端末を管理するための帯域的な資源であり、経路情報交換の効率を考慮して階層構造を与えて割当て管理を行うのが一般的である。経路制御において装置が属するグループを階層の深さに対応するネットワーク・プレフィクスで表す。

経路情報の投入は、ATM アドレスのトポロジー情報を、このネットワーク・プレフィクスはこのポートの先に位置する、という形で経路表に記録される。情報を静的に投入する方式 (IISP: Interim Inter-Switch Protocol) と、動的に投入する方式 (P-NNI Phase 1) が存在する。後者では、網の境界に位置する装置が、収容しているネットワーク情報を基幹網へ供給し、基幹網の装置は、ネットワーク情報を集約しながら上位へ伝播することによって、経路情報の交換を行う。

端末から端末へ呼接続を行うためには、ATM アドレスから各装置の VPI/VCI への写像が必要となる。

$$f: \{(ATMAddress,\ ATMAddress)\} \rightarrow \{Switch(In_Port{:}VPI{:}VCI,\ Out_Port{:}VPI{:}VCI)\}$$

この VPI/VCI の投入によるパス・セットアップをシグナリングと呼ぶ。ATM では、経路表に基づき、送信側から順次 VC が設定される。

IP ルータが、パケットごとに経路表を参照しパケットを転送するのに対して、ATM 交換機は、あらかじめ経路上の各装

Equipment	Category	Addressing	Scope	Routing Table
IP Router	Paket Forwarding	IP Address	Global	Network Prefix->Port
ATM Switch	Cell Relay	VPI/VCI	Local	IN-Port:VPI:VCI->OUT-Port:VPI:VCI
		ATM Address	Global	Network Prefix->Port

表1: IP ルータと ATM 交換機の経路制御機能の比較

置に経路表に基づくパスを確保し、セル交換を局所的な経路表により行う。このため、同程度のハードウェア設計であればより高速な実装を行うことができる。この章では、ATM によるネットワーク構築にあたり、上述の枠組みをいかに実装し、可用性が高く、柔軟性を有する構成としることができるかを述べる。

1. PVC による第一期整備の運用

ODINS 第一期整備では、あらかじめ各交換機に静的な VC (PVC) を設定した。品質クラスは UBR として、VPI/VCI を、6 台の交換機間で大域的なスコープとみなして、必要となると思われるポート間にはすべてフルメッシュで VC を設定した。

ATOMIS-5 は 16 個のポートを持ち、各ポートに対して VPI と VCI の合計 12 bit (4,096 channels) のパスを設定できる。第一期整備では、各ポートに接続されたユーザ端末間では、VPI を 0 に固定し、VCI の上位 4bit で 6 台導入されている交換機に与えた ID (8h、9h、Ah、Ch、Dh、Eh) を、下位 4bit でポート番号 (0h-Fh) を指定すると通信が行なえるように仮想サーキットを設定した。また、スイッチ間の接続においては、VPI を 4bit 割り当てて交換機の ID を指定し、VCI の上位 4bit で送信側のポートを、下位 4bit で受信側のポート (0h-Fh) をあらわすように設定した。

このような実装では、スケーラビリティがなく、QoS を設定することもできない。

2. ATM アドレスの割当て

2.1. 階層型割当ての必要性

アドレスの割当ては、経路制御情報の交換の効率化を前提としたものでなくてはならなず、なんらかのトポロジー情報のマッピングが必要である。

IPv4 では、破綻をきたし、インターネット全体の経路制御情報の氾濫によるルータの負荷がスケーラビリティを阻害する最大の要因となっている。この問題に対処するため、IPv4 の基本設計要因であるクラス分けの再考が行われた。

IP アドレスは、設計時は、クラスベースの割当てを行っていたが、Class A アドレス空間が 7bit=128 個、Class B アドレス空間が 14bit=16,384 個、Class C アドレス空間が 21bit= 2,097,152 個、総計 2,113,664 個の要素を持つ経路制御表が潜在的に生成される可能性があった[3]。このオーダーはまったく現実的ではなく、特に Class C アドレス空間をブロック割当てにより圧縮する方針が打ち出され、CIDR (Classless Inter-Domain Routing) として実装が行われた。

これは現時点でほぼすべての端末に普及し、アドレス空間は、クラスではなくネットワーク・プレフィクス長によって `AA.BB.CC.DD/X` のようにあらわされるようになった。第二期整備では、基幹ネットワークはクラスレスな実装とし、支線ネットワークのサブネット・マスク長を 24bit 固定から可変長に対応可能とした。

2.2. 二つの標準による混乱

ATM では、広域ネットワーク用と構内ネットワーク用の二つの標準が存在する。それぞれのスケーラビリティはあるが、政治的な問題から統合は不可能と思われる。送信端末からの設定要求に応じて経路をインストールする手順は標準化され、実装されつつあるが、一方では、これだけ実装が行われ、導入が行われるようになっても、標準的なアドレス割当て方法が提案されていない現状がある。再割当てを前提に設計を行わざるを得ない。さらに、ITU-T[4]と ATM Forum[5]により二つのアドレス形式の標準が生まれてしまった。二つの標準の間には仕様として本質的に有為な差はないものの、経路情報交換の方式に互換性はなく、私設網制御用の経路制御手順は公衆網では利用できず、公衆網と私設網との境界にアドレス変換ゲートウェイを設けなければならない状況を生んでしまった。

ベンダーが、キャリア系 (ITU-T 勧告の実装を行う) と LAN 系 (ATM Forum 仕様の実装を行う) に別れたことによって、

---

[3] 1997 年 2 月時点でのインターネットバックボーン情報の経路情報は、約 4 万である。

[4] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector. "http://www.itu.ch/".

[5] "http://www.atmforum.com/".

両者でアドレス形式や経路制御が異なり、継ぎ目のない運用は不可能な状態となっている。国内の学術系のネットワークでは、平成 7 年度補正予算により、ATM ネットワーク導入という名目で予算が執行され、すべての組織で構内網用に ATM Forum 仕様の交換機を導入したにも関わらず、学術系組織の相互接続を行うという役目を負った学術情報センターで ITU-T 仕様の交換機の導入を前提に仕様策定が行われたため、ATM アドレス変換機能の実装が不可欠となってしまっている。

このアドレス体系は、公衆網用に ITU-T で規定された E.164 形式とはまったく互換性がなく、私設網と公衆網でアドレス体系がまったく異なる "dual standard" となった。構内網用として導入の対象となる製品は、ATM Forum 仕様であり、一方、学術情報センターの運用することになる「公衆網」が、ITU-T 仕様を対象として調達を行ったため、境界となる交換機でのアドレス変換が必要となった。この部分のインターフェイスは、Public UNI として規定されているが、アドレス変換の仕様などはいまだ標準化されておらず、学術情報センターの提案する暫定仕様をもとに私設網側の交換機でアドレス変換を独自仕様で行うこととなった。

2.3. ネームサービスの必要性

ATM アドレスは、20 オクテットと、IPv4 アドレスの 4 オクテットと比べると圧倒的に長いにもかかわらず、ネーム・サービスは提供されない。IP over ATM での ARP サーバや、LAN Emulation での各種サーバを指定する際は、この 20 オクテットを入力する必要がある。LAN Emulation では、well-known 番号によるサービスとしてサーバの指定が行えるが、すべてのベンダーがそのような実装を取り入れているわけではない。前述のような事情により、アドレスの再割当ては必至という状況を考慮すれば、残念ながら現段階で積極的に IP over ATM や LAN Emulation による ATM 直収端末の普及を推進できない状況にあると言わざるを得ない。

2.4. ODINS での対応

ATM Forum では、呼接続時にユーザ端末を識別するためのアドレス割当て方式として、IP や IPX、AppleTalk など既存の上位レイヤのアドレスを利用し ATM 層では独自のアドレス割当ては行わない peer-model と、呼接続を上位レイヤに一切依存しないプロトコル・スタックとするために独自のアドレス割当てを行う overlay-model を検討し、後者を採択した。

私設網用アドレス形式 (ATM Forum ATM Private Network Address Format、以下では単に ATM アドレスとして参照する) として、ISO 8348 [21] で規定される OSI NSAP (Network Service Access Point) 形式 [19] の 20 octets 長のアドレス体系を流用している。ここで ATM Forum が採用した形式は、図 14の三つの形式である。

正式な NSAP 形式では、図 14中の HO-DSP (High-Order Domain Specific Part) 部は部分領域に分割されているが、ATM Forum 形式ではこの部分の形式は一切規定されておらず、ユーザが自由に割当ててよいことになっている。上位 13 オクテットは、Network-Prefix 部と呼ばれ、交換機に割当てる。ユーザ端末は、接続された交換機から ILMI プロトコルにより Network-Prefix 部を取得し、ESI 部[6]と SEL 部を組み合わせて ATM アドレスを生成する。

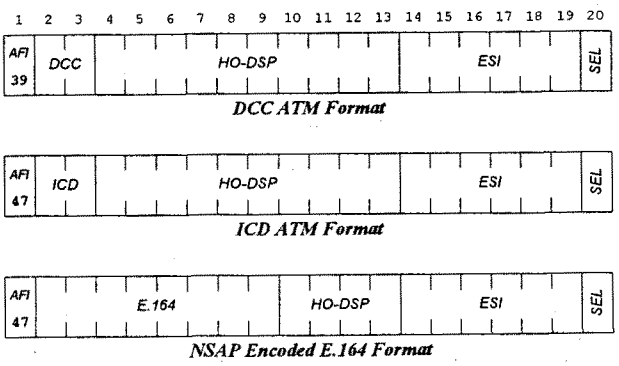


図14: ATM 用アドレス形式私設網

[6] 通常は、インターフェイスにベンダーが割当てる MAC アドレスをそのまま用いる。

ODINS では、大阪大学ATM構内網のアドレス体系として、ATM Forum が推奨する NSAP DCC 形式を採用することとした。この形式のOSIオブジェクトは、日本国内では、通産省系の JIPDEC (Japan Information Processing Development Center: 日本情報処理開発協会産業情報化推進センター[7]、DCC=392) と郵政省系の TTC (Telecommunication Technology Committee: 電信電話技術委員会[8]、DCC=440) が管理している。このうち、JIPDEC では、4-6 の 3 オクテットを JDI (Japanese Domain Identifier、日本国内固有部) として組織ごとに割当て組織の一意性を保証し、7-13 の 7 オクテットを JDSP (Japanese Domain Specific Part) として各組織が自由に利用できる領域としている。

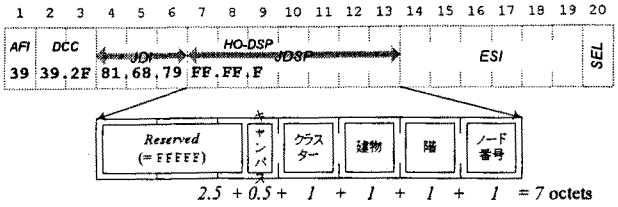


図15: ODINS での ATM アドレスの階層構造

キャンパス	クラスター		建物	階	ノード番号
吹田 : 0H	大計	: 00H		B1F : 00H	
	微研	: 01H		1F : 01H	
	核物理	: 02H		2F : 02H	
	歯学部	: 03H		3F : 03H	
	工学部電気系	: 04H		4F : 04H	
	工学部機械系	: 05H		5F : 05H	
	医学部	: 06H		...	
	レーザー核融合	: 07H			
	情教 (吹田)	: 08H			
豊中 : 1H	大計	: 00H			
	基礎工	: 01H			
	文系	: 02H			
	理学部	: 03H			
	情教 (豊中)	: 04H			

表2: ATM アドレス採番規則

学術情報センターの ATM 網との相互接続と広域運用を考慮したとき、JDI 部は学術情報センターが取得し、JDSP 部を学術情報センター網の運用のための領域と大学構内網運用のための領域に分割するという割当て方式が望ましかったが、学術情報センターATM のアドレス形式が、ATM Forum 私設網形式ではなく、将来の P-NNI 対応を予定はしているものの、公衆網用の E.164 形式を採用したため、導入時点でのルール化は無意味なものとなってしまった。将来の再割当てを覚悟して暫定的に図 15のような交換機の設置場所に対応する階層構造でアドレス割当てを行った。JDI は JIPDEC からの取得が間に合わず、暫定的に **816879** (公衆網電話番号の国コード (81) と吹田キャンパスの局番 06-897 から割当てた) を採用した。各階層での採番規則は表 2の通りである。

3. 物理的構成

ATM によるネットワーク構築では、物理的な接続構成に縛られることなく論理的な接続構成を柔軟に設計できるが、物理的な接続トポロジーは、あくまで交換機を中心とするスター型となるため、接続機器に冗長性を与えるための論理接続構成とするためには、これまでのネットワーク設計とは異なる技法が必要となる。クラスター単位での運用の独立性とキャンパス単位での運用の独立性を考慮して可用性を高める設計を行った。

ATM 交換機の主系回線の接続構成は、単純ツリー状であるが、第二期整備では、このツリーに次のケースを考慮して冗長性を持たす構成を取り入れた。

1. 伝送路障害
2. 回線パッケージ障害
3. 交換機障害 (または保守による停止)

まず、回線障害を、光ファイバの断線やコネクタ劣化や汚れによる伝送路の障害と、交換機の回線パッケージのハードウェア障害に切り分け、いずれにも対応可能な構成を目指した。このために、幹線の伝送路は、第一期整備で敷設した多芯光ファイバとは別系統で、新たに多芯光ファイバの敷設を行い、事故等で一系統に断線が起こった際にも他系統が生存し得る構成とした。また、第二期整備で導入した ATM 交換機 NEC ATOMIS-7 は、622Mbps では 1 回線が 1 パッケージに、156Mbps では 4 回線が 1 パッケージに実装さているが、同一パッケージに複数回線が実装されている場合は、代替系の回線は別パッケージの回線インターフェイスを利用するように割当てを行い、一つの回線パッケージに障害が

[7] "http://www.gip.jipdec.or.jp/jipdec/general.html".

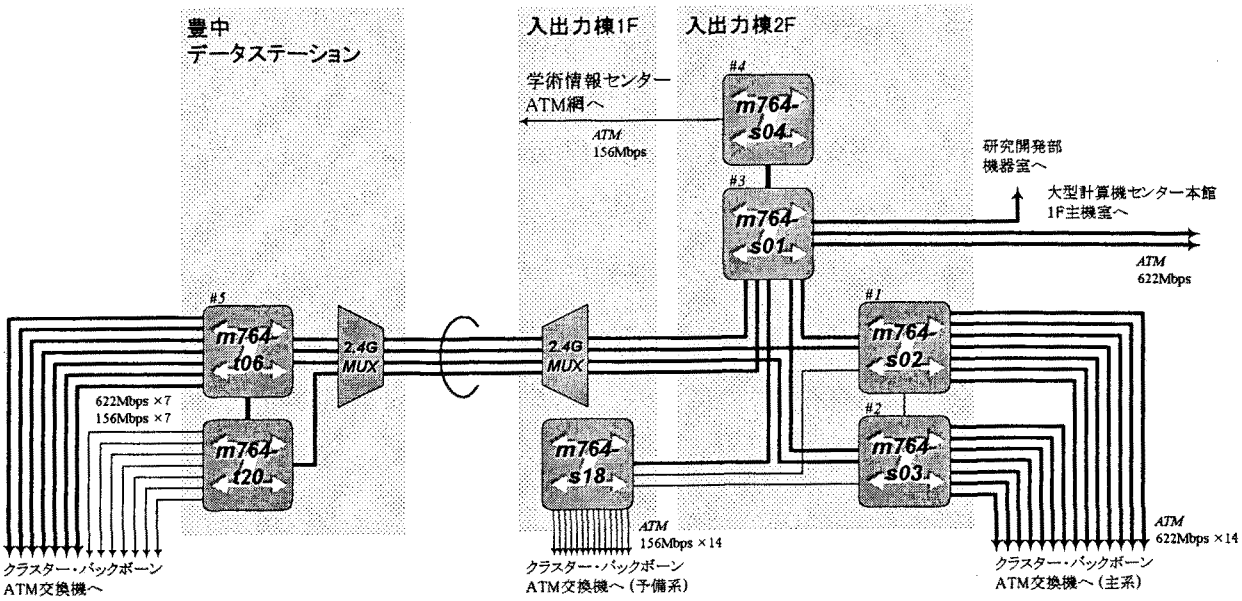


図16: 基幹網用交換機の接続構成

起こり、主系、代替系とも機能しない、という状況にならないよう配慮した。

さらに、交換機の障害に対処するため、キャンパス・ノード交換機の階層に代替系の回線を提供するための交換機を両キャンパスに一台ずつ設け、すべてのクラスター・ノード交換機とユーザ端末収容用交換機を接続した（実装では、この代替系の交換機は、第一期整備で導入したキャンパス・ノード交換機とした)。回線は、第一期整備でキャンパス・ノード交換機と ATM ルータを接続した 156Mbps の回線を流用している。回線流用に際して、ATM ルータはクラスター・ノード交換機に接続替えをしている。キャンパス間接続用交換機、キャンパス・ノード交換機および代替系交換機は、当初の設計とは異なり、図 16のように接続している。

これは、交換機そのものが障害を起こしたり保守の際に機能停止した場合も IISP による代替経路選択により運用が行えるように配慮した構成である。その際の経路制御についてはで以下で述べる。

以上のように、基幹網は、伝送路障害、回線パッケージ障害、交換機障害などが生じても運用可能なように設計されている。なお、ルータや LAN スイッチのような末端機器の上位リンクは主系統のみである。これらの機器の冗長性は以下で述べる。第二期整備の物理的な全体構成を付録として添付した。

4. 経路情報交換

第一期整備における ATM の導入は、構内全域を ATM 回線でカバーしたという点で確かに目新しかったものの、単一ベンダーのルータを PVC（固定接続仮想回線）によりフルメッシュで接続しルータクラスターを構成するという手法は、当時としても既に「枯れた[9]」ものであり、技術的な目新しさはなかった。

第一期整備では、固定的な呼接続方式である PVC によるネットワーク構築における、交換機や NIC の設定の繁雑さがクローズアップされることになった。前述したように 6 台の交換機を導入し、ツリー型の接続を行ったが、導入当時は、動的呼接続のための仕様が標準化されておらず、ベンダー独自の実装も行われていなかった[10]。また、接続するユーザ端末

---

[8] "http://www.infoweb.or.jp/ttc/".

[9] 1994 年当時、複数ベンダー間の相互接続においては、AAL の型（AAL3/4 or AAL5）やプロトコル・カプセル化の方式（VC Multiplexing or LLC/SNAP）への対応が異なり通信ができないという非常に初歩的な問題が残っていた。例えば、ヨーロッパ市場を志向した Bay Networks 社や Retix 社製のルータは AAL3/4 にしか対応しておらず、一方 Cisco 社は AAL3/4 への対応を公表していたものの、AAL5 しか実装されておらず、これらのルータ間では通信が行えなかった。

[10] 第一期整備当時、FORE 社の SPANS に代表されるベンダー独自仕様の可変接続方式が実装されていたが、Cisco 社製のルータは対応していなかった。

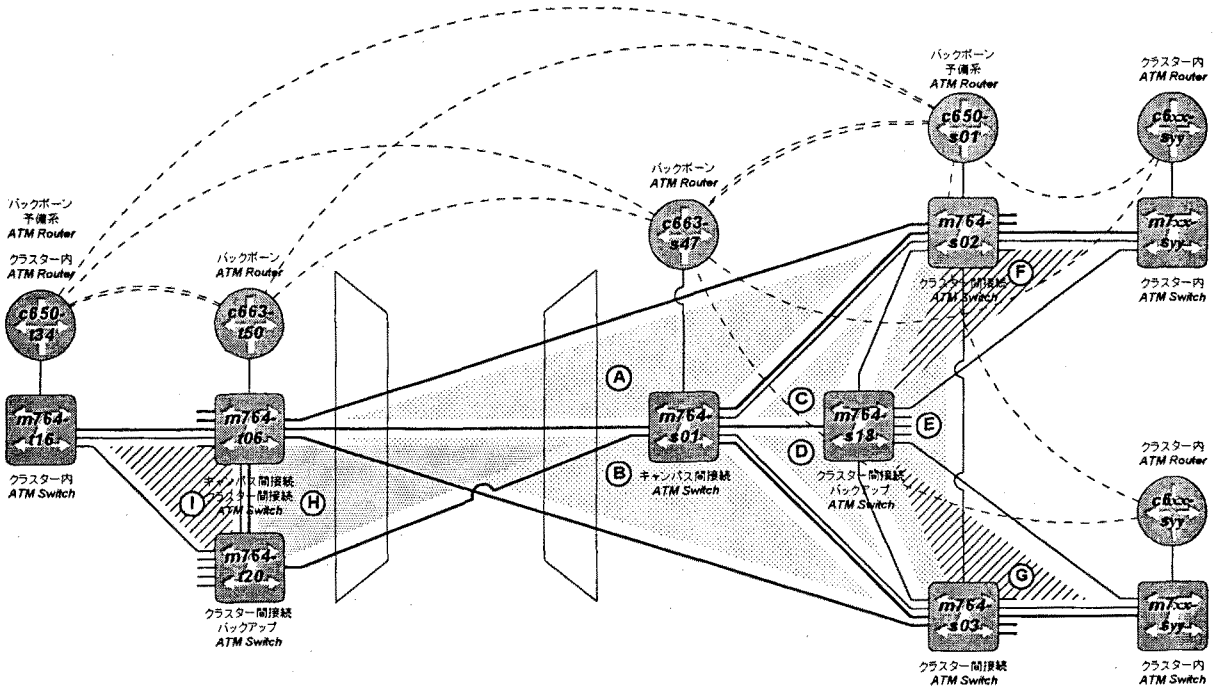


図18: IISP の経路設定を効率的に行うための物理構成

が、ルータが 14 台、NIC (Network Interface Card) が 13 台と規模が小さかったこともあり、あらかじめ必要な PVC をフルメッシュで設定することにしたが、この規模ですら手動で設定をした双方向 VC は千弱になった。この網へルータを 1 台追加する場合は、数十の PVC を設定する必要が生じ、管理のコストは並大抵ではない。

各ベンダーにおける UNI3.0 [15] と 3.1 [16] への対応の分散化から SVC 対応が大幅に遅れ、また、交換機間動的経路情報交換プロトコルである P-NNI の標準化は大幅に遅れ、場つなぎのために静的経路設定手順として IISP (Interim Inter-Switch Signaling Protocol、提案当初は P-NNI Phase 0 と呼ばれた [14]、[17]) が提案されることとなった。第二期整備の仕様策定時には、ATM Forum UNI3.0/3.1 を実装した交換機が広く市場に出荷されており、また、交換機間で静的な経路情報を設定するための仕様である IISP や、動的な経路情報交換プロトコルである P-NNI Phase 1 も標準化の目処が立ち、呼設定がユーザ端末から動的に行える環境が整いはじめていた。

第二期整備では、これらの標準をできる限り取り入れ、導入時点で最大限の ATM による優位性を発揮できるネットワークとし、そこから改めて ATM の方式そのものの是非を問い、完全に機能する (full-functional) ATM 構内網の実現を目指した。

経路制御は、経路情報の交換と、呼接続時の経路選択に大別できる。

現段階では、経路情報交換のプロトコルである P-NNI Phase 1 の実装が間に合っていないため、階層型に割当てたアドレス構成を元に、すべての交換機に静的に経路情報の登録を行い、経路情報の動的な交換は行っていない。静的な経路情報の設定の際、主系と代替系のポートを指定し、主系に障害が発生した際は IISP (Interim Inter-Switch Signaling Protocol) により代替系に経路を迂回するように設定した。

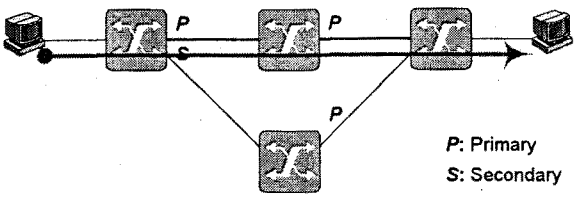


図17: IISP-正常系

IISP は、動的経路制御プロトコルの実装が大幅に遅れたため暫定的に策定されたプロトコルであり、静的経路情報を設定することにより複数の交換機を経由した呼接続に必要となる仕様を規定している。もっとも特徴的な機能は、経路上に何らかの障害が発生すると、障害を検出した交換機から、呼設定の要求を行った交換機に crank back メッセージが返信され、代替経路を持つ交換機まで障害が伝播し、代替経路選択が行われる点である (図 17、図 20、図 19)。

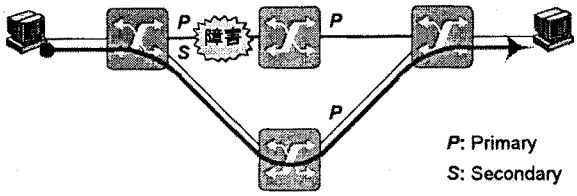


図20: IISP-代替系 1

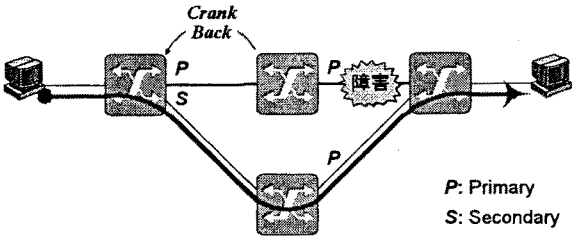


図19: IISP-代替系 2

Crank back メッセージがループを起こさない構成とするための効率の良い設計は、主系の経路と代替系の経路を三角形分割により構成する手法である。このため、仕様策定時の設計を図 16、図 18のように変更している。図 18では、網掛部が基幹網の代替経路選択のための三角形分割で、斜線部がクラスター・ノード交換機への代替経路選択のための分割である。ルータ間に設定した ATM 網上の VC を点線で示した。これらの VC は、ルータからは PVC のように利用できるが、SoftPVCC 機能を使って片端の交換機から SVC により呼設定しており、主系の経路に障害がある場合は、自動的に代替系の経路により VC を設定するようになっている。

なお、ユーザ端末からの呼設定のプロトコルは、一部の調達機器で UNI3.1 の実装が間に合わなかったため、UNI3.0 を採用している。

5. 動的な VC の設定

一般的に、仮想回線 (VC: Virtual Circuit) を用いたネットワーク構築において、物理的な接続構成と、論理的な接続

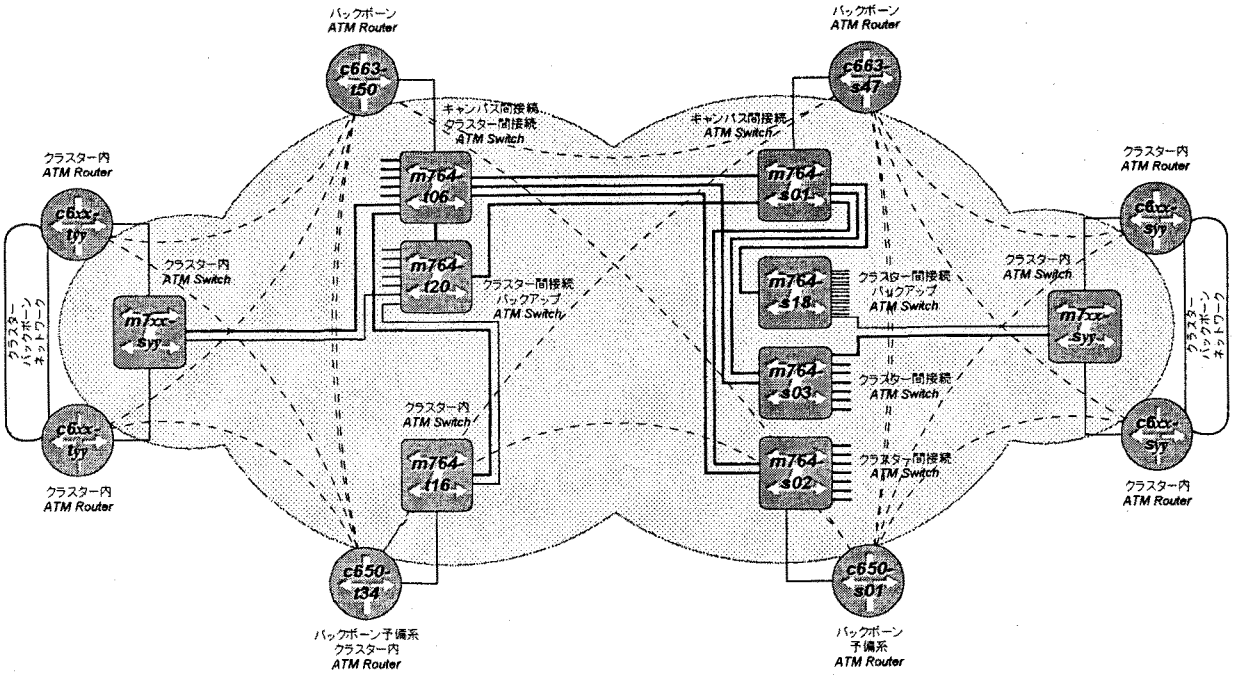


図21: 論理構成を元にした物理接続構成

構成は独立して設計を行うことが可能である。

ODINS 第一期整備では、ATM ネットワークを単一の網として捉えて、第三層にも反映させて設計を行ったが、第二期整備でも、ATM ネットワークは単一の網として捉え、冗長性については第二層と第三層で独立して提供することとした。すなわち、第二層は、設計で要求される VC を、網として機能する限り提供することとした。図 18、図 21における点線が基幹網上で主となる VC であるが、これらの VC は頂点となるノード交換機が機能停止した場合に消滅する。

両キャンパスにバックボーン ATM ルータを用意し、これらのルータから各クラスターの ATM ルータに対してスター型に VC の設定を行った。前節でも述べたように、この VC は SoftPVCC 機能を使って設定している。キャンパス・バックボーンに冗長性を提供するため、各キャンパスに代替系のルータを二台設定し (既存のクラスター・ルータを流用)、主系の二台のルータ間にフルメッシュの VC を設定するとともに、クラスター・バックボーン・ルータへもスター型の VC を設定した (図 22)。

この論理接続構成において、障害が発生すると、図 23 のように障害発生個所を端点とする VC は消滅するが、代替系のルータの VC は影響を受けない。

主系と代替系の双方が同時に障害を起こさない限り、図 24のように経路が保証される。

6. 上位層の経路制御との連携

第一期整備での第三層の設計は、ネットワークを基幹ネットワーク、クラスター・バックボーン・ネットワーク、支線ネットワークそして対外接続セグメントに領域分けした。すべてのネットワークは、24 ビット幅に固定したプレフィクス長のサブネットワークであり、それらをルータにより相互接続し構成した。

支線ネットワークは、単一のセグメント、もしくは複数のセグメントをあるセグメントに集線して構成されている。クラスター・バックボーン・ネットワークと支線ネットワークの境界ルータは、それらのセグメントの接続情報を静的に設定し、クラスター・バックボーン・ネットワークに対して RIP により接続情報を伝えた。

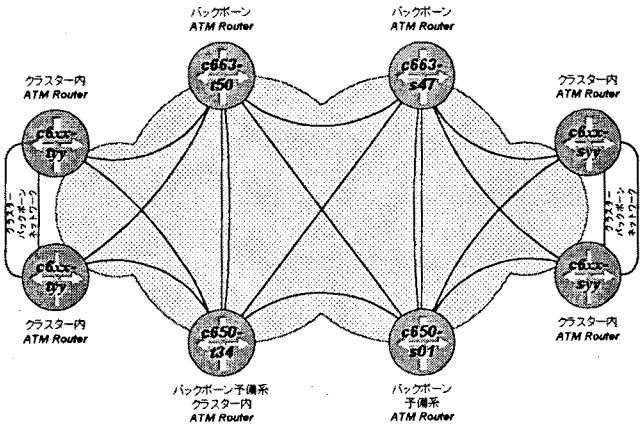


図22: 論理構成の基本概念

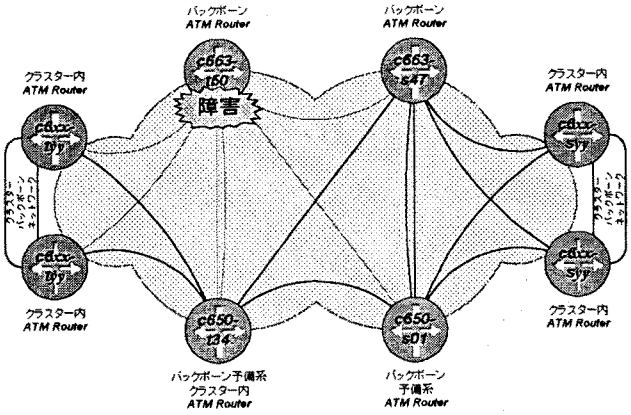


図23: バックボーン・ルータの一個所に障害が起こったとき

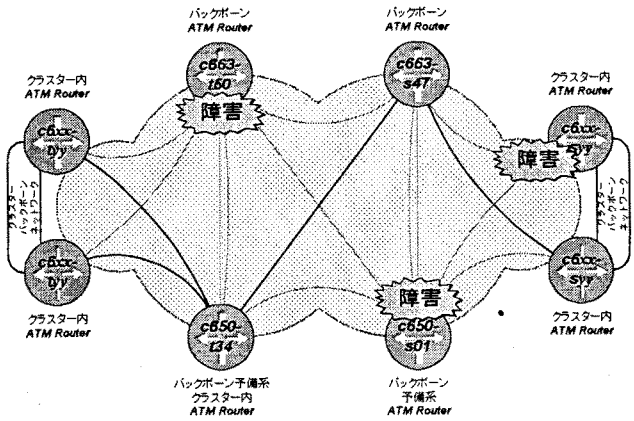


図24: クラスター・バックボーンを含めて障害が起こったとき

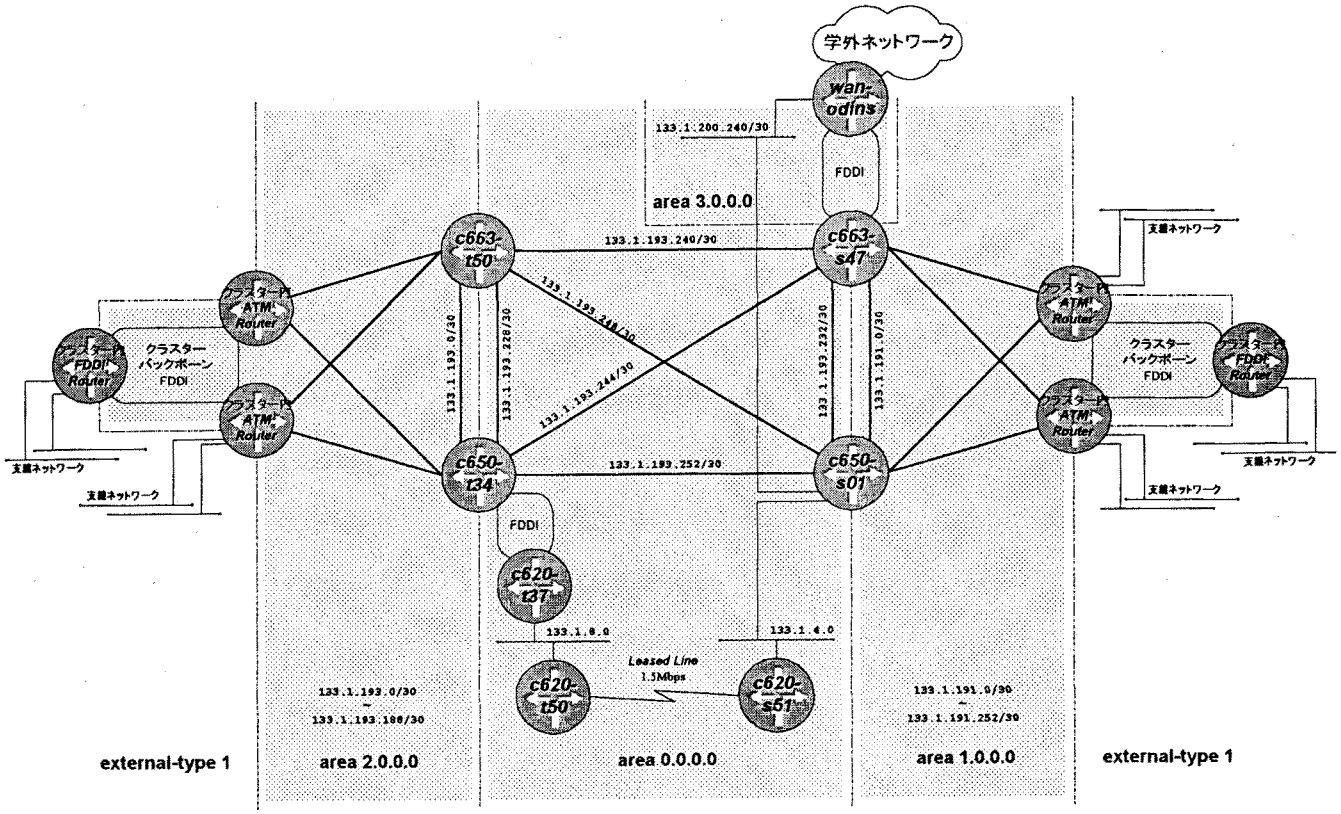


図25: OSPF のエリア分割の構成

クラスター・バックボーン・ネットワークの経路情報は、クラスター・バックボーン・ネットワークと基幹ネットワークの境界ルータによって基幹ネットワークに伝えた。基幹ネットワークは、ATM を伝送媒体とするツリー型のトポロジーであるが、14 台の ATM ルータ間に 14 × (14 − 1) = 182 本の VC を設定し、IP 同報通信をエミュレートし RIP により経路情報の交換を行った。

この構成は、クラスター単位での独立性が高く、基幹の ATM 網が一切の機能を停止しても、独立して稼動可能である。基幹ネットワークは、単一のサブネットを模倣する形で構成されており、キャンパス間の接続が切れている場合でも、クラスター間の通信が可能である。

このように、第一期整備の構成は、単純ながらも可用性の高いものであったが、運用において次の二つの問題が顕在化した。

1. クラスター・バックボーン・ネットワークと基幹ネットワークの境界ルータの代替がなく、障害が起こると通信不能となってしまう。
2. ATM 交換機が障害を起こすと、キャンパス全体の運用に支障が生じ、キャンパス間の ATM 回線に障害が起こった際の代替経路がない。

第二期整備では、これらの問題を解消可能な構成をおこなった。

基幹網をクラスレスとしたため、柔軟なネットワーク構築が可能となった。経路制御プロトコルは、OSPF を採用し、図 25 のようなエリア分割を行った。area 0 は、キャンパス間のリンクを冗長構成とするために必要となったエリアである。ここでは、ATM 回線に障害が起こったときに、1.5Mbps 専用線を代替経路として IP パケットの転送を行うように設計している。

7. まとめ

以上の設計手法を適用したキャンパス・ネットワーク構築の過程と有効性を、第 4 章と第 5 章で述べる。

第 4 章

設計手法の適用–1

大阪大学は、37 の部局からなる総合大学であり、約 5,000 人の教職員と約 1,2000 人の学部学生、そして約 5,000 人の大学院学生が所属している (1995 年 8 月現在)。キャンパスは 2 つあり、大阪府吹田市と豊中市の中国自動車道沿いにそれぞれ約 10 km 離れて位置している。このキャンパスに総合情報通信システム (ODINS: Osaka Daigaku Information Network System) を導入するための概算要求が始まったのは 1987 年である。以降、諸般の事情から 6 回の要求が受け入れられず、その間、「Genesis ネットワーク」と呼ばれた草の根ネットワークがボランティアによって構築され、運営された。

そのような状況から一転して、景気対策の一環として行われた「新社会資本整備」の追い風を受け、1993 年度第一次補正予算により ODINS が導入される運びとなった。本来の概算要求が 3 年を費やして整備する計画だったにもかかわらず、補正予算という性質から単年度ですべてを整備することになり、1 年足らずの期間で仕様策定 (1993 年 5 月～7 月)、入札 (1993 年 9 月)、導入 (1993 年 10 月～1994 年 3 月) を行うことになった。平成 6 年度、1994 年 4 月から既存の Genesis ネットワークからの移行を開始し、5 月には披露式を行い、6 月から正式に運用を開始した。

ODINS 第一期整備では、世界に先駆けて構内基幹網に ATM (Asynchronous Transfer Mode) を導入した。吹田と豊中の両キャンパスに、2 台の ATM 交換機 (NEC 社製 ATOMIS-UN5、容量 2.5Gbps、156Mbps×16 回線対応) を置いた。この ATM 交換機を中心に、両キャンパスを 13 の「クラスター」と呼ぶ管理ドメインに分割し、クラスターごとに ATM ルータ (Cisco 社製 Cisco7000、156Mbps ATM 回線対応) を配置した。これらの ATM 交換機と ATM ルータにより「ATM 基幹網」を構成した (図 1)。各クラスターには、「クラスター・バックボーン」とよぶ総計 21 個の FDDI ループを敷設し、さらに、ループ上に配置された FDDI ルータにより、10Mbps Ethernet による各部局の支線 LAN を接続し、クラスター・バックボーンを経由して各支線を ATM 基幹網に収容した。ATM による基幹網には、ATM アダプタを持つ SBus 対応ワークステーションや TV 会議システムを直収し、さらに HiPPI-TA によってスーパコンピュータやグラフィクスワークステーションも収容し、「超高速バックボーン」を構成した。ATM 交換機と ATM ルータにより FDDI や Ethernet といった既存の LAN 媒体を集線する構成は、非常に安定して稼働し、その後の他大学や他組織におけるキャンパス・ネットワーク構築の標準的手法となった。

ODINS の利用状況だが、コンピュータ・サイエンスに関係する研究者はもちろんのこと、国内でも「インターネット」がブームとなったこともあり、当初想定していた以上に幅広い部局のユーザを獲得し、1995 年 8 月現在、5 千台以上の端末を収容した。ODINS 上に分散したコンピュータの相互利用や、共有資源の効率的利用、学内の図書館や情報処理教育センターや大型計算機センター、さらには学外の全国共同利用施設の遠隔利用、そして電子メールを中心と

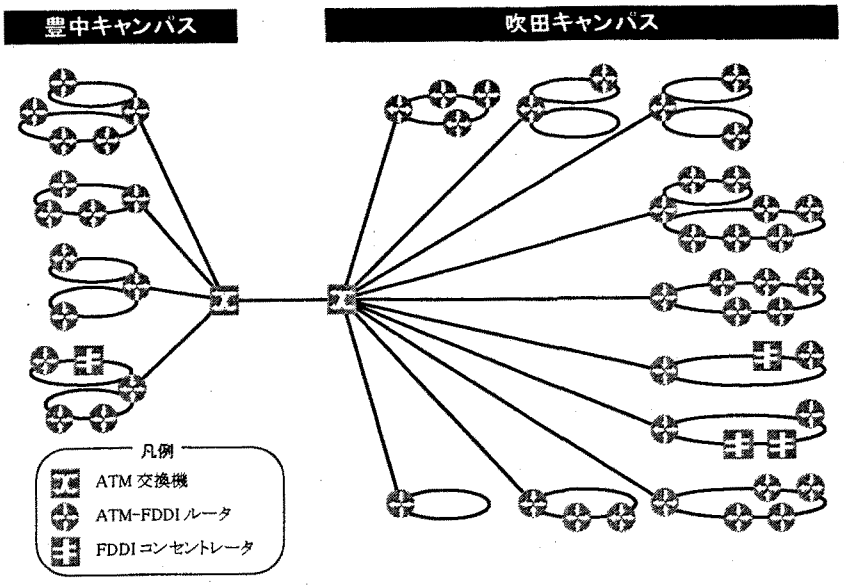


図26: 第一期整備の基幹網の概略図

する文字型のデータ・コミュニケーションに止まらず、最近ではインターネット・ブームの火付け役ともなったWWW (World-Wide Web) に代表される、いわゆる「マルチメディア」コミュニケーションの利用も多くなった。また、ODINSの特徴のひとつである「超高速バックボーン」により、大型計算機センターのスーパーコンピュータでの演算結果をレーザー核融合研究センター、工学部、そして別キャンパスにある基礎工学部で遠隔可視化することが可能となり、センターの遠隔利用のニーズにも応えた。

インターネットを経由して、全世界と通信可能なコミュニケーションのためのインフラストラクチャを提供しているODINSは、研究・教育およびその支援のための通信基盤として、電話網などと同様に欠かすことのできない存在となった。

1. “創世期” から ODINS 第一期整備へ

ODINSの最初の概算要求から遡ること2年前の1985年5月、基礎工学部情報工学科に大阪大学としては初のEthernetによるLANが敷設された。その翌月には、NTT武蔵野通研と公衆電話回線上でUUCPプロトコルによる接続が行われ、日本のインターネットの草分けであるJUNETに参加した。これを起源として、広域コンピュータ・ネットワークによるコミュニケーションを必要とする研究者の草の根のボランティア活動によって大阪大学の “創世紀ネットワーク” (Genesis Network) が構築されていった。

Genesis ネットワークは、大型計算機センターの持つ運用LANである吹田本館と豊中データステーションの建物内Ethernetと、キャンパス間の64Kbps専用線による相互接続を「バックボーン」としていた。そのうちODINSが整備されるのだから、という楽観的な観測もあって、資本投資は最小限に抑えられた。ほとんどの部局は、もともと大型計算機センターの汎用機をアクセスするために敷設されていた専用線を再利用して、9.6Kbpsから64Kbpsシリアル回線によるSLIP接続、または64Kbpsリモートブリッジで「バックボーン」ネットワークに乗り入れて相互接続を行なった。ただし、基礎工学部と豊中情報教育処理センターは、光リピータにより10Mbps Ethernetを豊中データステーションまで延長して接続を行なった。このように構築されたネットワーク・インフラストラクチャは、当時としても貧相なも

1986年（昭和61年）	
6月	「大阪大学総合情報通信システム検討・推進委員会」設置
7月	「大阪大学総合情報通信システム検討・推進委員会」のもとに「大阪大学総合情報通信システム検討・推進委員会専門委員会」を設置し，具体的な検討を開始
1987年（昭和62年）	
1月	「大阪大学総合情報通信システム検討・推進委員会」において大阪大学総合情報通信システムをODINS (Osaka Daigaku Information Network System) と命名
3月	「大阪大学総合情報通信システム検討・推進委員会」において ODINS 構想案および同概算要求案を立案
6月	大阪大学総合情報通信システム整備を概算要求
1988年（昭和63年）	
6月	大阪大学総合情報通信システム整備を概算要求
1989年（平成元年）	
6月	大阪大学総合情報通信システム整備を概算要求
1990年（平成2年）	
6月	大阪大学総合情報通信システム整備を概算要求
1991年（平成3年）	
6月	大阪大学総合情報通信システム整備を概算要求
1992年（平成4年）	
6月	大阪大学総合情報通信システム整備を概算要求
1993年（平成5年）	
1月22日	第1回 ODINS シンポジウム
4月	ODINS 構築のための予算が承認される。 「大阪大学総合情報通信システム検討・推進委員会」を発展的解消し、「大阪大学総合情報通信システム整備委員会」を設置
5月	第1回 ODINS 技術専門委員会を開催， 具体的な技術検討を開始「ODINS 技術専門委員会」のもとに，諸問題を検討するための「ODINS ワーキンググループ」を設置，第1期整備仕様を策定
6月	「大阪大学総合情報通信システム整備本部事務室」を設置
7月22日	入札公告
9月27日	日本電気 設備落札
9月30日	NTT 工事落札
10月5日	第2回 ODINS シンポジウム
11月9日	特別講演会 (Tracy Laquey)
12月	第1回 ODINS 組織企画専門委員会開催 第1回 ODINS 学術資料情報専門委員会開催
1994年（平成6年）	
3月末	整備完了，移行開始
5月18日	第1回完成披露式
6月末	ほぼ移行を完了，運用開始
11月29日	第2回完成披露式

表3: 第一期整備までの道のり

のだった。その一方で、接続にあたって、すべての部局セグメントはゲートウェイ装置によって切り分けられIPサブネットのインターネットワークとして構成された。これは、サブネット化を行わず、フラットなネットワーク構築を行っていた当時の日本の他大学の傾向をみても画期的な方針であり、その後のキャンパス・ネットワークの運用において問題の切り分けを容易にした。また、各部局ではネーム・サーバ、メール・サーバやネットニュース・サーバがボランティア管理者の努力で立ち上がり、初期のインターネット・サービスを提供した。

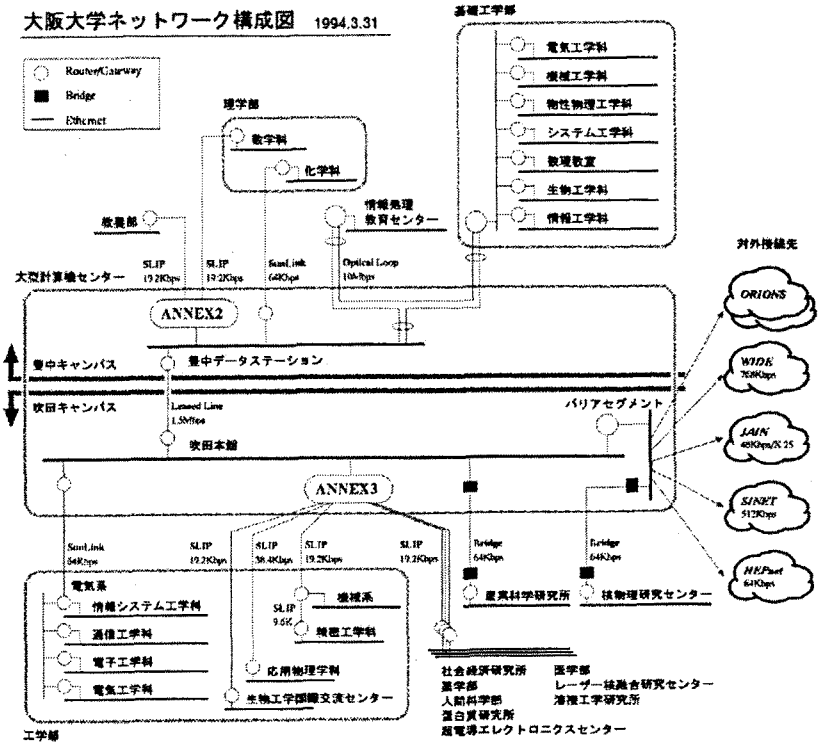


図27: Genesis ネットワークの最終構成図

このようなボランティア管理者の尽力にもかかわらず、大型計算機センターへ接続するための回線が十分な容量を持たなかったため、Genesis ネットワークでは帯域不足による輻輳や低速シリアル回線での遅延に由来するさまざまな通信障害が起こった。大型計算機センターのもつキャンパス間のサービス用の回線が、最後の半年になるまでリモート・ブリッジで切り分けられていたため、この 64Kbps 回線に乗る不要なトラフィック（特に冗長な経路制御情報のブロードキャスト）が「バックボーン」ネットワーク全体を圧迫していた。このような苦労を味わった経緯から、管理者の間でネットワークの信頼性に対する不信感が根づき、ODINS の整備計画にあたって、ほとんどの部局がバックアップ回線を要求する事態に陥ったほどである。

Genesis ネットワークは、最終的に（1994 年 3 月まで）図 27のように、30 部局、64 のサブネットワークが接続された。この草の根ネットワークの運用から得られた貴重な経験をもとに、ODINS の設計にあたっては、次節のようなコンセプトが立てられた。

2. 第一期整備の導入コンセプト

ODINS 導入にあたって、Genesis ネットワーク運用の経験を踏まえて、次の 5 つのコンセプトを立てられた。

1. **すべての人に対して公平にネットワークをアクセスする環境が与えられること**

   すべての研究室の手前の廊下まで 10Base 5 Ethernet が敷設されること、または各建物で簡単に UTP (Unshielded Twisted Pair) ケーブルが敷設できるところに 10Base-T Hub を設置すること、を目標とした。

2. **吹田–豊中のキャンパス間の差異をなくすこと**

   Genesis ネットワークでは、対外接続をもつ吹田キャンパスと、64Kbps のかつ不安定な回線を経由しないと学外をアクセスできなかった豊中キャンパスの環境の差が著しかった。すべての端末から、対外接続セグメントへ到達する際のボトルネックが 10Mbps 以上となるような回線を保証することを目標とした。

3. **さまざまな速度で接続される機器を収容できること**

   研究開発環境においてネットワークに接続される機器は、パーソナルコンピュータからワークステーション、スーパコンピュータまで様々である。Ethernet (10Mbps) に始まって、FDDI (100Mbps)、ATM (156Mbps)、UltraNet (1Gbps) など、

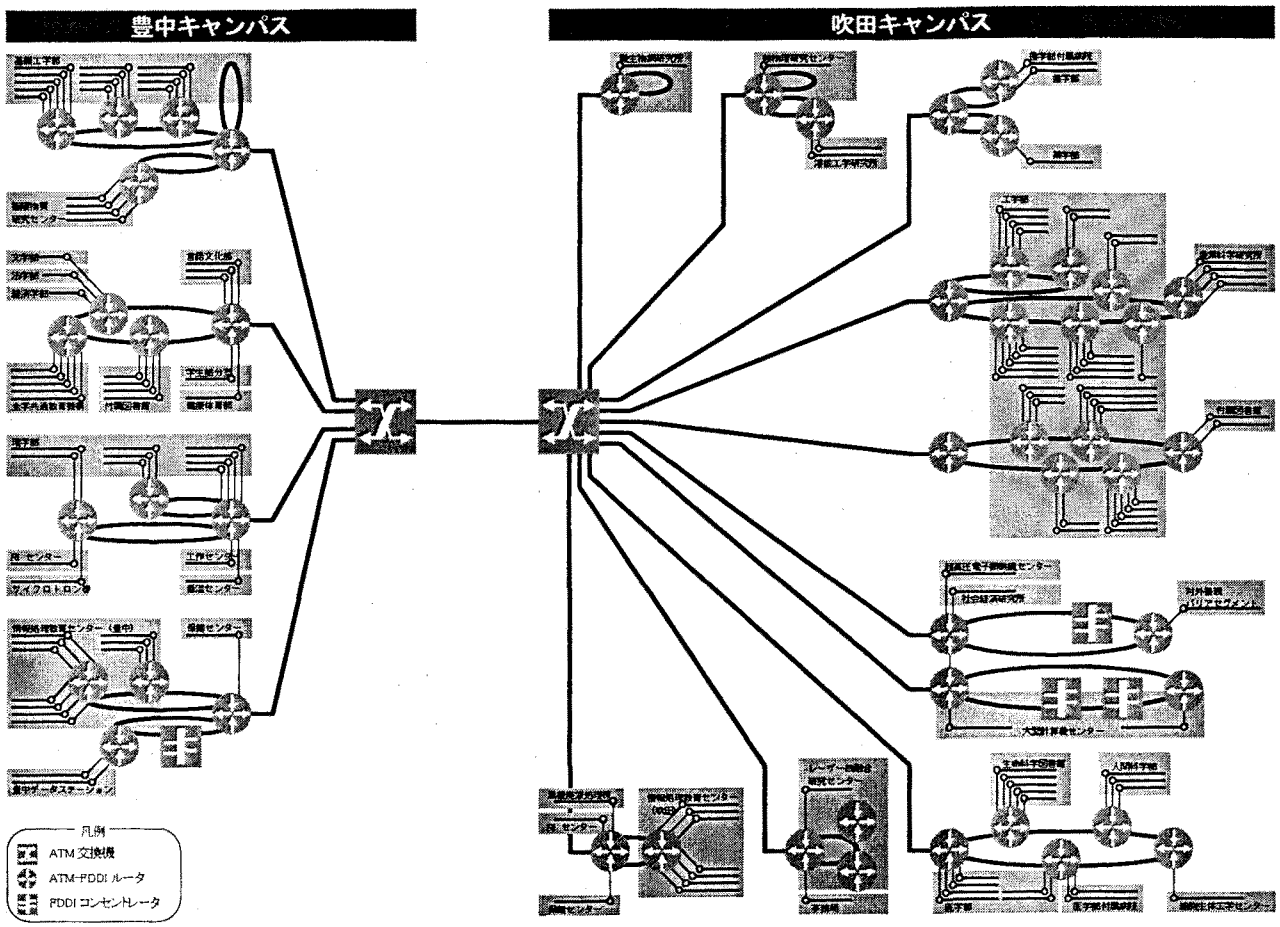


図28: 第一期整備の全体構成

端末の必要に応じたさまざまな帯域の接続口を用意できるようにした。

4. **多くの人にとって使いやすいネットワークであること**

まったくのエンドユーザの立場からも簡単にネットワークをアクセスできる環境の構築を目指さなくてはならない。そのために DOS/Windows PC や Macintosh からのアクセスを積極的にプロモートすることを目標とした。

5. **しっかりした管理体制を作ること**

Genesis ネットワークでの「使いたい人がつなぐ」というポリシーは、必然的に自主的な参加を促し、多くのボランティア管理者が知識を共有しノウハウを蓄積することになった。反面、ネットワークを使いたいという本来の目的とは異なる、ネットワーク管理の負担を彼らに強いることにもなってしまっていた。ODINS 導入を契機に、研究者にネットワーク管理の負担をかけない運用体制の確立を目標とした。

3. 第一期整備の構成

第一期整備の基本構成は、吹田と豊中の両キャンパスに 1 台ずつ配置した ATM 交換機を中心にしたスター型のトポロジーである (図 28)。クラスターと呼ぶ部局の集合

クラスター	ATM/FDD Router	FDDI Router	Ethernet Bridge	ATM Nic	FDDI LANs	Ethernet LANs	Hub	Terminal Server
基礎工学部	5	-	-	2	3	21	3	2
文系	4	-	3	2	1	18	55	6
理学部	3	-	2	1	2	13	14	-
豊中情報処理教育センター	3	1	-	1	2	17	-	-
微生物研究所	1	1	2	1	1	9	26	-
核物理研究センター	1	1	-	1	2	9	11	2
歯学部	2	1	1	1	2	8	21	-
工学部電気系	4	3	2	1	2	22	14	-
工学部機会系	4	2	2	-	1	18	14	1
大型計算機センター	3	-	-	1	2	7	4	-
医学部	4	1	2	2	1	17	72	2
レーザー核融合研究センター	1	1	-	-	1	6	12	-
吹田情報処理研究センター	2	-	-	-	1	12	3	-
	37	11	14	13	21	177	249	13

表4: 機器配置状況

へ ATM ルータへを配置し、ATM 交換機とマルチモード光ファイバにより 156Mbps で接続した。各クラスターには、FDDI による 100Mbps のクラスター・バックボーンを敷設し、FDDI ルータによって各部局の支線ネットワークである Ethernet セグメントを収容した。クラスターは、ネットワークの運用・管理の単位ともなっており、クラスターごとに運用責任者と技術責任者を置く体制をとっている。

1994 年度整備完了時点で、クラスターの総数は 13 であり、ATM ルータは 14 台、FDDI ルータは 34 台、FDDI は 21 ループ、Ethernet が 177 セグメント、各部局に配布した 12port 10Base-T Hub は 249 台を導入した (表 4)。

3.1. 第一期整備の基幹網

第一期整備の仕様を策定する時期に、ちょうど次世代の LAN の伝送技術として ATM (Asynchronous Transfer Mode) が注目を浴び始めた。ATM は、本来は広域ネットワークのための伝送技術であり、音声、画像、データなどの情報をすべてセルと呼ばれる 53 バイト (ヘッダが 5 バイト、ペイロードが 48 バイト) の固定長の単位に分割して、マルチメディア情報の転送を多重化するコネクション指向のサービス方式である。

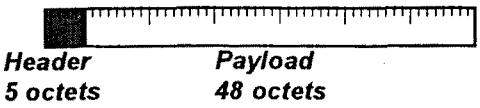


図29: ATM セルの構造

回線は、仮想パス (Virtual Path) と仮想サーキット (Virtual Circuit) によって論理的に多重化され、仮想サーキットが、基本的なコネクションの単位となる。仮想パスは、仮想サーキットの仮想的な専用線と捉えることができ、公衆網での相互接続などの場合に、仮想サーキットを透過的に交換網内へ通過させるために用いられる。また、LAN/WAN を論理的な部分網に分ける場合にも用いることができる (図 30)。

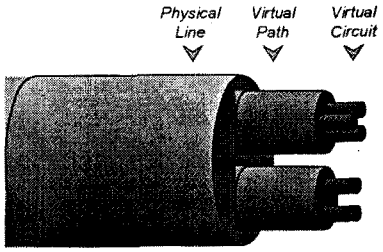


図30: 仮想パスと仮想サーキットの関係

3.2. ATM 交換機

ATM セルのヘッダに記述されている VPI (Virtual Path Identifier) と VCI (Virtual Circuit Identifier) により宛先を識別してセル交換を行なう装置が ATM 交換機である。ATM によるネットワークでは、交換機を中心にスター型トポロジーで配線し、端末または交換機を接続し、point-to-point 型または point-to-multipoint 型仮想サーキットによる通信を提供する。共有媒体型の Ethernet や FDDI では、10Mbps または 100Mbps の帯域を装置間で共有していたが、ATM 交換機による接続では、端末間で仮想的な回線を設定し、帯域を占有して利用できる。

第一期整備では、6 台の ATOMIS-5 を導入して、図 31のように、3 台ずつを吹田と豊中の両キャンパスに配置した。うち 1 台を ATM ルータの収容に、2 台を SBus 対応ワークステーション用の ATM-NIC (Network Interface Card) 収容に割り当てている。導入当初は、すべてのポートに

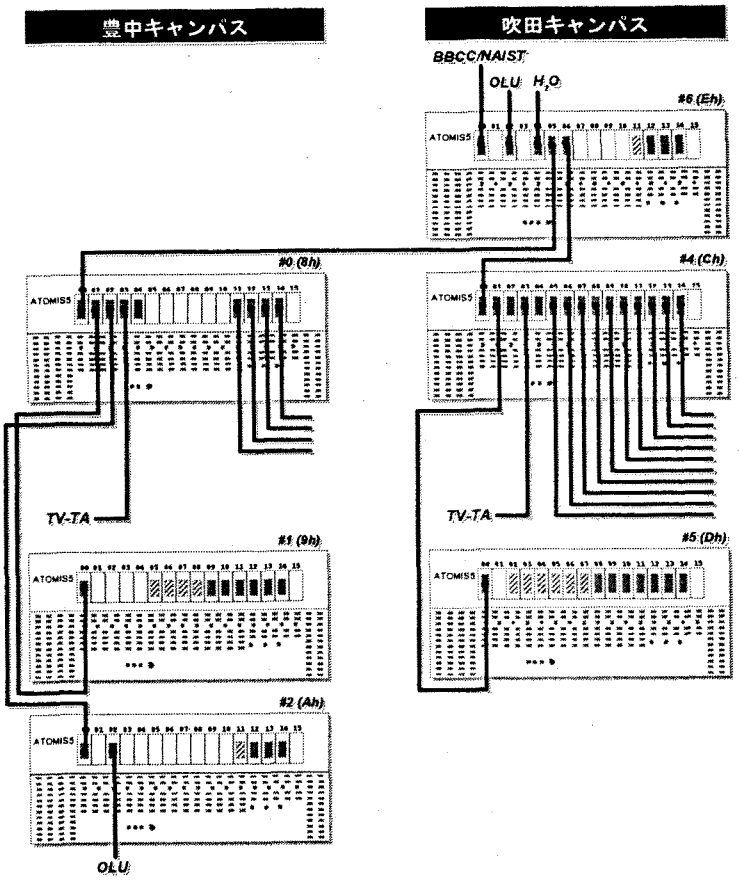


図31: 第一期整備 ATM 交換機の接続状況

対してフルメッシュで固定接続 (PVC: Permanent Virtual connection) を設定した。

ATOMIS-5 は 16 個のポートを持ち、各ポートに対して VPI と VCI の合計 12 bit (4,096 channels) のパスを設定できる。第一期整備では、各ポートに接続されたユーザ端末間では、VPI を 0 に固定し、VCI の上位 4bit で 6 台導入されている交換機に与えた ID (8h、9h、Ah、Ch、Dh、Eh) を、下位 4bit でポート番号 (0h-Fh) を指定すると通信が行なえるように仮想サーキットを設定した。また、スイッチ間の接続においては、VPI を 4bit 割り当てて交換機の ID を指定し、VCI の上位 4bit で送信側のポートを、下位 4bit で受信側のポート (0h-Fh) をあらわすように設定した。

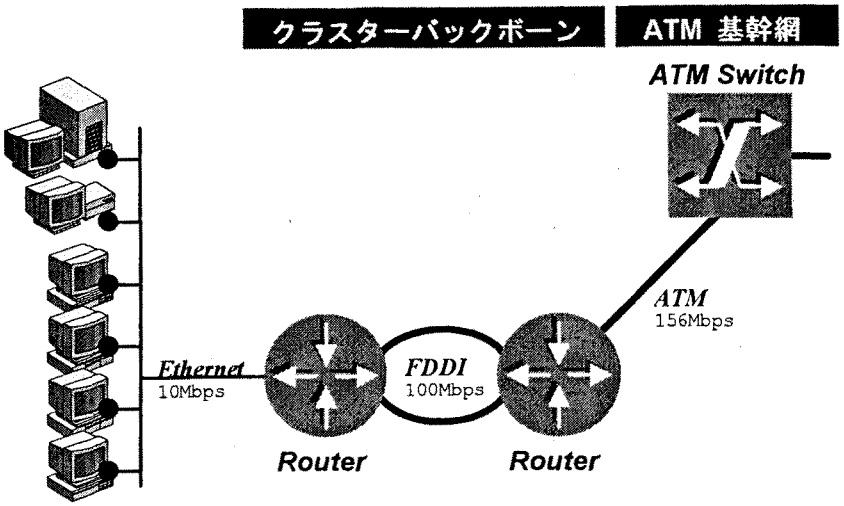


図32: 第一期整備クラスターの構成

このようなルールによる PVC の管理は煩雑であり、ユーザの ATM 網への直接接続を促すには、可変型呼接続による運用が強く求められ、装置が対応し次第、 P-NNI (Public Network Node Interface) による可変型呼接続方式 (SVC: Switched Virtual Connection) へ切替えるために検討を継続して行い、その成果は、第二期整備に反映した。

3.3. ATM ルータ

第一期整備では、ネットワークの物理層が ATM、FDDI そして Ethernet の三つの媒体により、それぞれが、基幹、クラスター・バックボーン、支線ネットワークの三階層に対応して構成されている。これらの媒体を、物理的あるいは論理的に相互接続する重要な役割を果たすのが ATM/FDDI ルータであり、Cisco 社製 7000 シリーズの OEM 製品である NEC 社製 IP45/650 を導入した。論理的には、基幹ネットワーク、クラスター・バックボーン・ネットワーク、支線ネットワーク (図 32) そして対外接続セグメントに領域分けし、すべてのネットワークは、24 ビット幅に固定したプレフィクス長のサブネットワークとした。

このうち、支線ネットワークは、単一の Ethernet セグメント、もしくは複数の Ethernet セグメントを、ルータによりあるセグメントに集線して構成されたネットワークである。FDDI ルータにより、これらのセグメントをクラスター・バックボーン・ネットワークへ集線し、さらに ATM ルータにより基幹ネットワークへ接続した。

基幹ネットワークは、ATM を伝送媒体とするツリー型のトポロジーであり、ATM 交換機と ATM ルータを、マルチモード・ファイバによって 156Mbps で接続した。14 台の ATM ルータ間に $14 \times (14-1) = 182$ 本の VC を設定し、ATM 網は、ひとつの Class B サブネット (133.1.5.0/24) に見えるように設定した。14 台の ATM ルータがすべて相互接続するためには、ATM 交換機に対してこれらのルータ間にフルメッシュで PVC を設定する必要があり、さらに、すべてのルータに他のルータへの PVC と IP アドレスのマッピングを設定する必要がある。このため、もし ATM ルータを追加する場合は、ATM 交換機に対して PVC の設定を行い、さらに、すべての既存のルータの設定を変更する必要が生じる。この煩雑さを、呼接続方式として SVC を採用することにより解消することが強く望まれた。

3.4. 第一期整備の経路制御

第一期整備では、経路制御情報の交換のプロトコルとして、Genesis ネットワークで運用の実績があり、他のプロトコルと比較して安定して動作することが保証された RIP (Routing Information Protocol) を用いている。

支線ネットワークを収容するルータは、各部局の Ethernet セグメントにデフォルト経路情報のみを供給し、支線からの経路情報を一切受けとらない。支線の Ethernet の接続情報は、すべて静的に設定し RIP により動的にクラスター・バックボー

ン・ネットワークに供給した。クラスター・バックボーン・ネットワークに伝播した経路情報は、基幹ネットワークとの境界ルータによって基幹ネットワークに中継し、キャンパス全体の経路情報交換を行った。基幹網でのデフォルト経路情報は、ファイアウォールに接続されているATMルータから供給され、クラスター・バックボーン・ネットワークへ伝えられる。

この構成は、クラスター単位での独立性が高く、基幹の ATM 網が一切の機能を停止しても、独立して稼動可能である。基幹ネットワークは、単一のサブネットを模倣する形で構成されており、キャンパス間の接続が切れている場合でも、クラスター間の通信が可能である。単純ながらも可用性の高いものであったが、

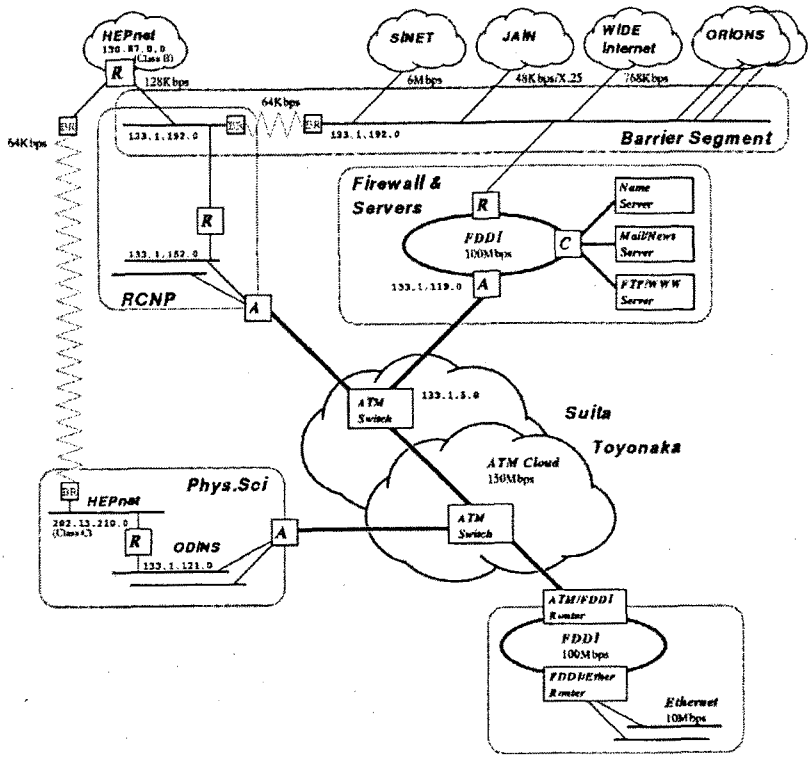


図33: 第一期整備の対外接続の状況

1. クラスター・バックボーン・ネットワークと基幹ネットワークの境界ルータの代替がなく、障害が起こると通信不能となってしまう。
2. ATM 交換機が障害を起こすと、キャンパス全体の運用に支障が生じ、キャンパス間の ATM 回線に障害が起こった際の代替経路がない。

という二つの問題が顕在化した。

3.5. 第一期整備の対外接続

ファイアウォールでは一部のプロトコルに対してフィルタリングを行ない、対外接続を収容するためのバリアセグメンととの「防火壁」となっている。なお、すべての対外トラフィックはファイアウォールを経由してバリアセグメントへ到達することになっているが、一部例外が存在する。歴史的な経緯から吹田と豊中の独立した HEPnet のセグメントを収容するため、特定のサブネットに関してのみ経路を開いている。ただし、この場合もHEPnetへの接続口にファイアウォール・ルータを設けている (図 33)。

3.6. 第一期整備の配線

第一期整備では、光ケーブルを総延長で 43 km、10Base 5 Ethernet ケーブルを総延長で 19 km 敷設している。ファイバーやルータの配置は図 34のようになっている。図中の (A) は ATM ルータを、(R) はそれ以外のルータをあらわす。

図34: キャンパス内配線状況

3.7. 第一期整備の実験

3.7.1. マルチメディア会議システム

ATM の特徴の一つとしてマルチメディア情報が扱えることが挙げられる。第一期整備では、この特徴を生かして、吹田の大型計算機センター小会議室と豊中の基礎工学部Σホールにマルチメディア会議システム NEC 社製 Visualink を導入し、ATM 基幹網でトラフィックを伝送した。このシステムは 32Mbps で NTSC 信号のデジタル符号化を行なう Video CODEC と、ATM CLAD 機能を提供する ATM ターミナルアダプタをバックエンドに持ち、音声と動画を ATM セルに変換して転送する。データは、固定ビットレートストリームとして AAL1 でエンコードされる。

3.7.2. WS を ATM へ直収するアダプタ

第一期整備ではは、SBus 対応のワークステーションを ATM 網へ直接接続するためのアダプタを 13 枚導入し、そのための交換機も準備した。156Mbps の転送能力を生かして、マルチメディア通信を行なったり、遠隔ホストとのデータ共有を行ないながら分散計算を行なう実験を行った。ここでは、固定接続による運用が柔軟さを欠いたことと、アダプタよりもワークステーションのプロセッサやバスの転送能力がボトルネックとなり、本格的な利用を促すには至らなかった。

3.7.3. 超高速バックボーン

工学部、レーザ核融合研究センター、基礎工学部と大型計算機センターの間には UltraNet による 1Gbps の超高速バックボーンを敷設した。ここでは、大型計算機センターのスーパーコンピュータ NEC SX-3R やグラフィクス・スーパーコンピュータ Silicon Graphic 社製 Onyx を HiPPI インターフェイスを介して UltraNet に収容している。これらの部局では、画像表示用のフレームバッファを接続し、スーパーコンピュータの演算結果の画像をリアルタイムで表示することができる。

3.8. 第一期整備の運用管理

第一期整備では、運用を統括管理する ODINS 整備本部事務室を設置し、ネットワーク構成変更などの申請手続きを始めとする事務業務、また技術的な運用業務として SNMP によるネットワーク監視や障害対応などを行なっている。SNMP マネージャは、NEC 社製 NetVisor である。ウィンドウ上にネットワーク機器がアイコンで表示され、障害が発生する

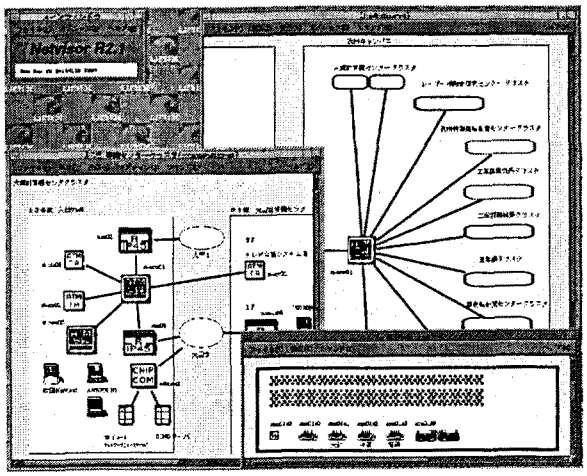


図35: NetVisor の画面-1

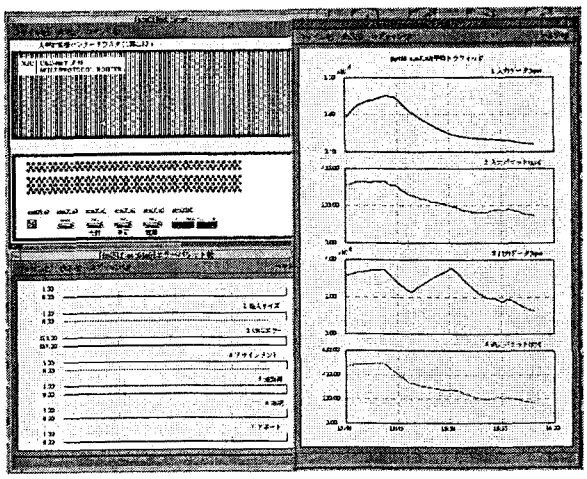


図36: NetVisor の画面-2

とアラームが点滅する (図 35)。また、機器からの障害情報が記録され、必要なときにはトラフィック情報の統計を取ることができる (図 36)。

第5章

設計手法の適用-2

この章では、ODINS 第二期整備における設計方針と、それに基づいて策定した調達物品の仕様を述べる。

第二期整備のコンセプト・ワークは、1995 年 (平成 7 年) 9 月 1 日に開催された ODINS ワーキング・グループにて提案した [11] を基本案としている。このプレゼンテーションは、「Dedicated ODINS」というタイトルで行い、これまでの帯域共有型の支線ネットワークの構成から、スイッチ型装置の導入により、すべてのユーザにマルチメディア型通信のための帯域占有を許し、よりユーザに密着したネットワーク・サービスを提供しようというコンセプトをまとめたものである。

ここでは、ODINS 第一期整備での問題点を

1. 基幹網は非常に安定しているが、ATM 交換機そのもの、およびネットワーク・トポロジー上、障害時や保守時の冗長性が欠けている
2. 末端で 10Base 5 Ethernet を LAN のバックプレーンとしているため、基幹網の帯域を生かしきっていない
3. キャンパス間接続が信頼性に欠ける
4. 対外接続セグメントの構成が過去の経緯を反映した「その場しのぎ」に構築されており、安定的に運用されていない
5. ダイアルアップ IP 接続サービスなど、新しい利用形態を提供可能な設備が欠けている

のようにまとめた。また、第二期整備のコンセプトとして、

1. ATM 基幹網の性能と信頼性の向上、および新しい技術の導入による柔軟な構成の提供
2. 超高速バックボーンの ATM 基幹網への埋め込みによる柔軟性の提供と、接続ポイントの拡張
3. 対外接続セグメントの強化と、ダイアルアップ IP をはじめとする新サービスの提供

という三つの柱を挙げた。

その後、数度のワーキング・グループと技術専門委員会を開催し、11 月には仕様書を [12] としてまとめ公告した。

本章では、第二期整備のコンセプトと、その下で策定された仕様を述べる。

1995 年 (平成 7 年)	
2 月	ODINS 第一期整備が国内での ATM の普及を促したとして郵政省による表彰を受ける
9 月～11 月	第二期整備のための予算が承認される。 仕様策定委員会，技術専門委員会，ワーキング・グループを開催し第 2 期整備仕様を策定
11 月 17 日	入札公告、入札説明会
12 月 26 日	日本電気 設備落札
1996 年 (平成 8 年)	
3 月 14 日	NTT 工事落札
4 月 1 日	工事着工
5 月～	基幹網移行
8 月～	支線移行
8 月末	整備完了
9 月末	ほぼ移行を完了，運用開始
1997 年 (平成 9 年)	
2 月 28 日	第 3 回シンポジウムを開催 (予定)

表5: ODINS 第二期整備の日程

1. クラスター構成

第二期整備でも、第一期整備で導入したクラスター型のネットワーク構成を踏襲することとした。ネットワーク構成的にも運用・管理的にも適当な分割であると判断したためである。なお、クラスターの構成は表 6の通り、吹田キャンパスに 7 つ、豊中キャンパスつ 4 つのクラスターが割当てられている。

第一期整備では、各クラスターの中心となるノードとし

てATMルータを導入したが、第二期整備では、それに加えてATM交換機を導入してクラスター内ATM網を構築し、IP over ATMやLAN EmulationなどのATMサービスを本格的に提供する。

各クラスターに導入するATM交換機やATMルータなどの主要機器は、ラックにマウントして集中管理を行える構成とした。特に、装置の設定を行うためのコンソール・ポートを収容するためのターミナル・サーバをラック内に設置し、各キャンパスごとに光リピータで延長したEthernet (10Base-FL) により敷設する単一のEthernetセグメントにより、基幹網が機能しない場合も遠隔管理が可能な構成とした。また、クラスターの運用・管理担当者が各装置の現場での作業が行えるよう、ラップトップPCを設置した。

2. ATM 基幹ネットワーク・システム

第二期整備の ATM 基幹ネットワークは、性能と信頼性の向上、および新しい技術の導入による柔軟な構成の提供を目標とし、

1. 156Mbpsから622Mbpsへの回線の高帯域化
2. 支線まで含めた帯域占有型構成への進化
3. 機器や回線の多重化・冗長構成化

を満たすスイッチ型ノードの導入とルーティング機能の新技術への対応と強化を検討した。

ここで対象となるスイッチ型ノードとは、ATM 基幹網を構成するための ATM 交換機と、既存の LAN 媒体をATM基幹網に埋め込むためのLANスイッチであり、後者は、10Base-T/100Base-TX EthernetやFDDIなど、さまざまな媒体に対応可能なモジュラー型の筐体の ATM-Multimedia スイッチング・ハブと、10Base-T Ethernetを集線する ATM-Ethernet スイッチング・ハブの二種類からなる。

これらの装置により、IP over ATM **[13]**、**[23]**、**[24]** や、ATM Forum LAN Emulation 1.0 **[18]** による Emulated LAN の構築を行う。各 Emulated LAN は、既存の IP サブネットと一対一で対応するように作成し、既存の 10Base 5 バックプレーンを集線していたルータからLANスイッチへ収容替えすることにより、既存のネットワークすべてを新しい基幹網へ収容する構成とした。

一方で、ルータは、これまでの支線ネットワークの集線機能から開放し、Emulated LAN 間の第三層での通信を提供する機能に集中させる構成とした。Emulated LAN 間のルーティング機能を持たせるために、第一期整備で導入したルータのうち 35 台をアップグレードし、さらに、キャンパス間の通信のために 4 台のルータを導入することとした。

なお、仕様書で要求した各装置の数量は、事前に学内全体に対して行ったアンケートを元に割当てを行ったものである。このアンケートでは、現在利用しているネット

豊中キャンパス	吹田キャンパス
文系	微生物病研究所
言語文化部	微生物病研究所
教養部	遺伝情報実験施設
健康体育部	蛋白質研究所
経済学部	
文学部	核物理研究センター
法学部	核物理研究センター
学生部	溶接工学研究所
附属図書館	
	歯学部
基礎工学部	歯学部
基礎工学部	歯学部附属病院
極限物質研究センター	薬学部
	医学部保健学科
理学部	
理学部	工学部電気系
RIセンター	工学部（電気系）
工作センター	産業科学研究所
低温センター	
	工学部機械系
情報処理教育センター(豊中)	工学部（機械系）
情報処理教育センター	低温センター
豊中データステーション	附属図書館
保健センター	
	大型計算機センター
	大型計算機センター
	社会経済研究所
	超高圧電子顕微鏡センター
	医学部
	医学部
	医学部附属病院
	生命科学図書館
	人間科学部
	細胞生体工学センター
	レーザー核融合研究センター
	レーザー核融合研究センター
	事務局
	情報処理教育センター(吹田)
	情報処理教育センター
	保健センター
	RIセンター
	無機廃液処理棟

表6: ODINS クラスター構成

ワーク装置、1年後および3年後に導入を予定しているネットワーク装置の数量を、10Base-T、100Base-T、FDDI、ATM各媒体ごとに調査した。ここで得られた数量を元に、まず支線ネットワークのバックプレーンとして提供するLANスイッチのポート数と、そのポート数をサポートするために必要となる装置数を割り出し、次に基幹網用として必要となるATM回線数と装置数を割り出した。最終的な装置数は、割当てられた予算額に収まるように、一定の係数を掛けて求めている。

ここでは、各装置の特徴を述べる。

2.1. ATM交換機

ATM交換機には、上記のコンセプトを満たすために、次のような機能を要求した。

1. ITU-T 勧告 I.361 **[22]** に規定された ATM セルを交換することにより、他の ATM 交換機、ATM ルータ、ATM-Multimedia スイッチング・ハブおよび ATM-Ethernet スイッチング・ハブを相互接続するための 156Mbps または 622Mbps ATM 回線を提供すること。
2. 端末装置 (ATMルータ、ATMLANスイッチ、NIC) からの要求に応じてVCの設定 (セル交換経路の設定) を行うための呼接続設定プロトコル (ATM Forum UNI3.0 **[15]** and/or 3.1 **[16]**) および経路制御プロトコル (IISP and/or P-NNI

	設置場所			装置容量 (Gbps)	二重化構成	622Mbps ATM 回線数 (シングルモード光ファイバ)	156Mbps ATM 回線数 (マルチモード光ファイバ)	156Mbps ATM 回線数 (UTP-5)	LANE サーバ機能	NHRP サーバ機能
	クラスタ	部局	建物							
1	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F	10	○	7	28	-	1台	1台
2	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F	10	○	13	12	-	-	-
3	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F (吹田-豊中接続)	10	○	10	12	-	-	-
4	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F (対外接続)	5	○	2	4	-	-	-
5	大計センター	大型計算機センター	豊中 D.S. 1F 機器室	10	○	12	8	-	1台	1台
6	大計センター	大型計算機センター	本館 1F 機器室	10	○	7	8	-	-	-
7	大計センター	大型計算機センター	本館 3F 研究開発部	5	△	1	8	4	1台	1台
8	大計センター	先端科学技術共同研究センター	1F 機器室	5	△	1	4	8	-	-
9	基礎工学部	基礎工学部	本館 ATM 室	10	○	1	48	-	2台	-
10	基礎工学部	基礎工学部	本館 ATM 室	5	△	1	16	8	-	-
11	基礎工学部	基礎工学部	I1F (EPS/機械室)	5	△	1	12	4	-	-
12	文系	言語文化部	研究科棟 5F システム演習室	10	○	1	36	4	1台	-
13	理学部	理学部	本館 2F B249 江尻研究室	5	△	1	4	8	-	-
14	理学部	理学部	F 棟 F116 電源室	10	○	1	32	-	2台	-
15	情教 (豊中)	情報処理教育センター	3F 主計算機室	10	○	1	24	4	1台	-
16	微生物病研究所	微生物病研究所	本館 2F ネットワーク室	5	○	1	20	-	1台	-
17	核物理	核物理研究センター	サイクロトロン棟 3F	10	○	1	20	16	1台	-
18	歯学部	歯学部	附属病院本館 3F 文庫室	5	○	1	20	4	1台	-
19	工学部電気系	工学部	電気系 F 棟 2F 情報処理演習準備室	10	○	1	44	4	2台	-
20	工学部電気系	工学部	電気系 C 棟 3F 白川研究室 E3-314	5	△	1	12	4	-	-
21	工学部電気系	工学部	超高温研究施設実験棟 2F 計算機室	5	△	1	12	4	-	-
22	工学部機械系	工学部	機械系 D 棟 3F 電算機室	10	○	1	40	4	2台	-
23	工学部機械系	工学部	建設系 A 棟 2F 図書室	5	△	1	12	4	-	-
24	工学部機械系	工学部	化学系 C 棟 1F 印刷セミナー室	5	△	1	12	4	-	-
25	医学部	医学部	共同研究棟 8F 文書処理室	10	○	1	28	4	1台	-
26	医学部	人間科学部	1F マルチメディア開発室	10	△	1	24	16	-	-
27	レーザー核融合	レーザー核融合研究センター	研究棟 4F 計測器室	10	○	1	12	4	1台	-
28	情教 (吹田)	情報処理教育センター	2F 計算機室	5	○	1	24	-	1台	-
						73	536	108	18台	3台

表7: ATM交換機の設置場所と構成の一覧

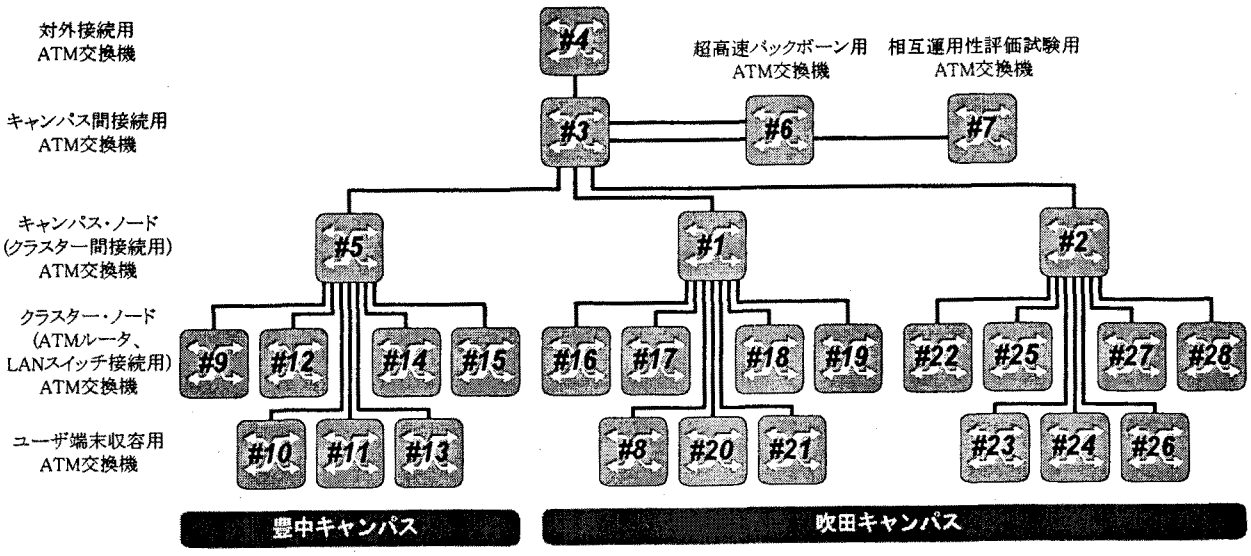


図37: ATM 交換機の階層構造

Phase 1 [14]、[17]) を実装していること。

3. 単にVCを提供するだけではなく、LAN Emulationサーバ機能を提供し、仮想LANの構築 (グループ管理と、同報通信サーバ機能) の支援、および、IP over ATMにおけるLIS (Logical IP Subnet) 間通信のサポートを行うこと。

28台要求したATM交換機は、次の5階層を図37のようにツリー上に相互接続を行う構成とした。ルータやLANスイッチはすべてこれらのスイッチで構成された網に接続される。

1. 対外接続用ATM交換機
2. キャンパス間接続用ATM交換機
3. キャンパス・ノード (クラスター間接続用) ATM交換機
4. クラスター・ノード (ATMルータ、LANスイッチ接続用) ATM交換機
5. ユーザ端末接続用ATM交換機

この階層以外に、大型計算機センターの主機室に設定し、超高速バックボーンのためのノードとする交換機と、相互運用性 (interoperability) 評価を主目的とする研究開発用の交換機を2台設置した。

交換機の設置場所と各交換機の構成は、表7の通りである。また、各交換機の接続 (案) は図38の通りである。

各クラスターには、新たに**クラスター・ノード交換機**として、第一期整備でATMルータを配置した場所に二重化構成のATM交換機を導入した。ここでいう「二重化」とは、交換機のモジュールのうち、電源部と制御プロセッサ部、およびスイッチ・ファブリック部が主系と代替系に冗長構成されており、主系に障害が発生した場合は、代替系へ自動的に切り替わって運用可能な機能である。これらのクラスター・ノード交換機で、各クラスターに配置されるATMルータとLANスイッチを収容することとした。また、LAN EmulationのサーバLECS/LES/BUS) とIP over ATMのNHRPサーバ機能を実装することとした。

クラスター・ノード交換機は、空き容量がある限り ODINS で調達する以外のユーザの準備する ATM 端末の収容も行うが、ユーザからの要求ポートが多かった場合や、配線の都合で別の場所に交換機が必要となった場合は、**ユーザ端末収容用交換機**として別途導入することとした。なお、ユーザ端末収容用の交換機は、クラスター・ノード交換機に収容せず、キャンパス・ノード交換機に収容する構成とした。これは、交換機の多段接続をなるべく避け、スイッチング・バックプレーンの帯域を有効に活用するためである。クラスター・ノード交換機とユーザ端末収容用交換機は、吹田キャンパスに 14 台(クラスター・ノードが 8 台、ユーザ端末収容用が 6 台)、豊中キャンパスに 7 台 (クラスター・ノードが 4 台、ユーザ端末収容用が 3 台) 導入した。なお、大型計算機センター・クラスターは別構成となる。なお、クラスター・ノード交換機は、第一期整備で調達した既存の ATM ルータ用の回線をバックアップ回線として接続する。これにより、今回導入した基幹網に障害が起こった場合も、予備系として機能する構成とした。

クラスター間接続のための**キャンパス・ノード交換機**は、吹田キャンパスに 2 台、豊中キャンパスに 1 台導入した。キャンパス・ノード交換機は、各キャンパスのクラスター・ノード交換機とユーザ端末収容用交換機を収容する。吹田キャンパスの 2 台からなる構成は、スイッチング・バックプレーンの有効活用という観点からは 1 台で構成した方が望ましいが、市場調査の結果、一台あたりの最大収容回線数に上限があったため、2 台構成とせざるをえなかった。

キャンパス・ノード交換機は、**キャンパス間接続用交換機**により複数回線にて相互接続を行う。キャンパス間接続用交換機は**対外接続用交換機**との相互接続も行う構成とした。

2.2. LAN スイッチ

LAN スイッチは、Edge Device として既存の LAN 端末を ATM 網へ継ぎ目なく収容するための装置である。これらの装置は、仮想 LAN 機能により、遠隔装置間で単一のセグメントを仮想的に構築することを可能とする。その際、ATM Forum の LAN Emulation を用いる。

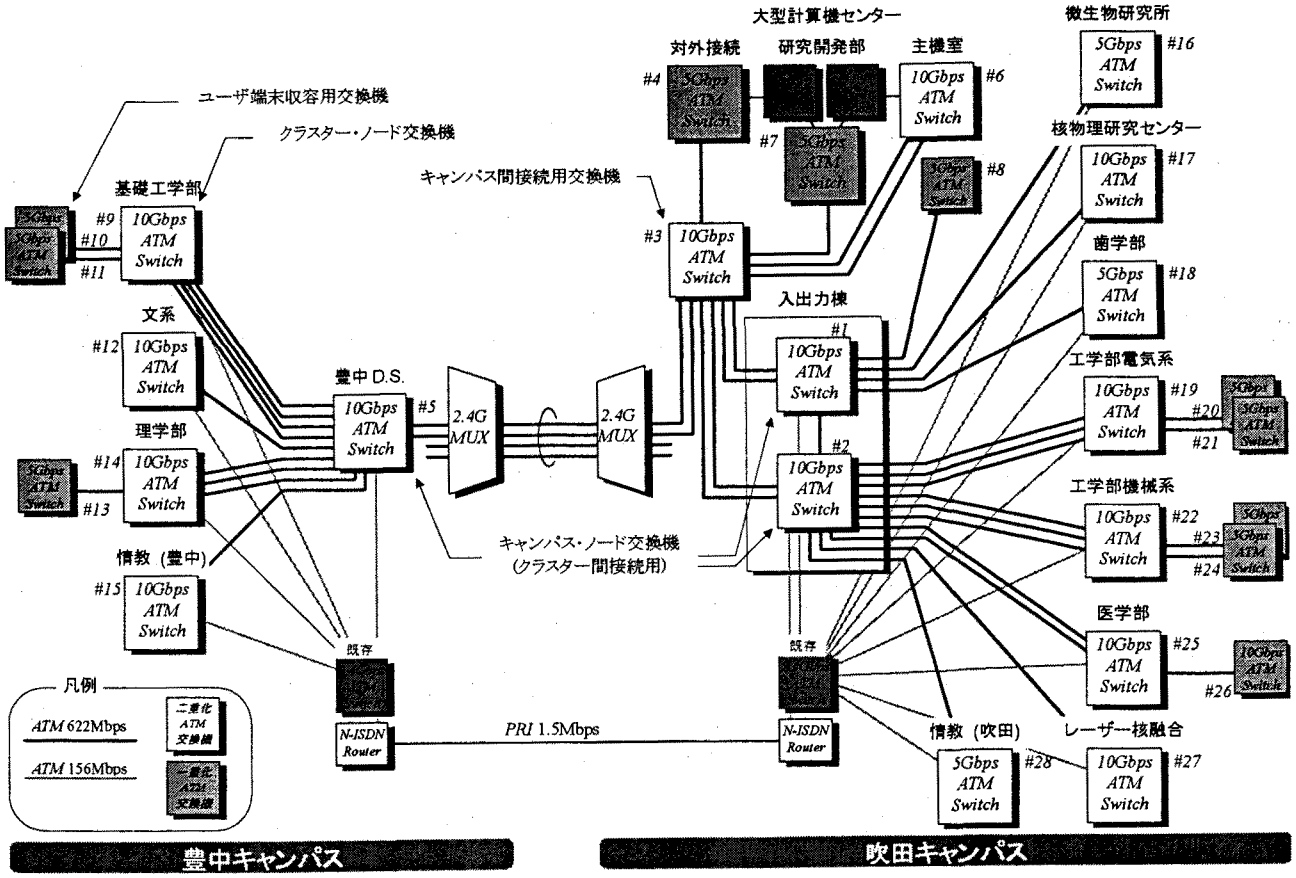


図38: ATM 交換機の接続構成

第二期整備では、第一期整備で敷設した支線ネットワークのバックプレーンである10Base 5セグメントを、これらのLANスイッチへ収容替えする(図39)。このとき、既存のIPサブネットと対応するEmulated LANを構築し、ルータは、LAN EmulationによってATM網側から接続する。ユーザ端末は、配線の済んだものから10Base 5セグメントからLANスイッチ、もしくはLANスイッチから10Base-FLによってカスケードされたDumb Hubへ端末ごとに収容可能な構成とした。

この設計を実装するため、ATM-Multimedia スイッチング・ハブには、次のような機能を要求した。

1. さまざまな伝送媒体を集線し ATM 基幹網へ収容可能なモジュラー型筐体であること。
2. 10Base-T/10Base-FL、100Base-TX/100Base-FX さらにFDDI/CDDIといった伝送媒体に対応可能であり、すべてのポートを帯域占有型媒体として端末に提供可能であること。
3. ATM Forum LAN Emulationクライアント機能に対応し、新設するATM交換機と既設のATMルータと協調して仮想LANを構築可能であること。

		ポート数				
	要求台数	ATM	10Base-T	10Base-FL	100Base-TX	FDDI
	1 台	1	72	-	-	-
	1 台	1	48	12	-	-
	10 台	1	48	-	12	-
	6 台	1	48	-	-	1
	41 台	1	24	12	12	-
	1 台	1	24	12	-	1
	9 台	1	24	-	12	1
	3 台	1	-	24	12	-
	2 台	1	-	12	24	-
	4 台	1	-	12	12	1
	2 台	1	-	-	36	-
合計	80 台					

表8: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成

一方のATM-Ethernet スイッチング・ハブには、次のような機能を要求した。

1. 10Mbps Ethernet および100Mbps Ethernet回線を集線しATM基幹網へ収容可能な小型の筐体であること。
2. すべてのポートを帯域占有型媒体として端末に提供可能であること。
3. ATM Forum LAN Emulationクライアント機能に対応し、新設するATM交換機と既設のATMルータと協調して仮想LANを構築可能であること。

ATM-Multimedia スイッチング・ハブとして要求した 80 台の回線構成は表 8の通りであり、ATM-Ethernet スイッチング・ハブとして要求した103台 (ただし、基礎工学部情報工学科用は、学科内のバックボーンと親和性の高いFDDIをアップリンクとするLANスイッチを10台要求した) の回線構成は、10Base-Tが16回線以上、156Mbps ATMと100Base-TXが1回線ですつである。

2.3. ATMルータ

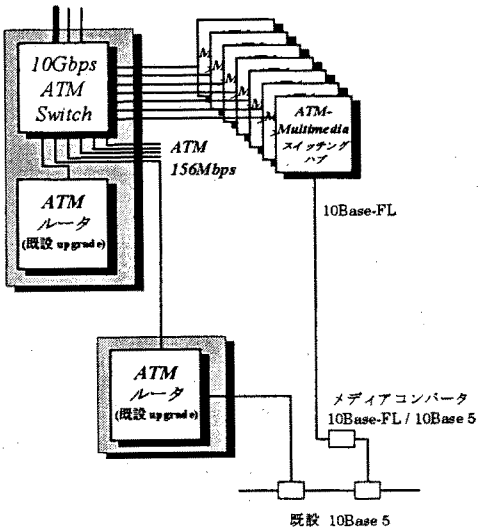


図39: 支線ネットワークの収容方法

ATM ルータは、第一期整備で導入した 34 台の NEC 社製 IP45/650 ATM または FDDI ルータ (Cisco 社製 7000 シリーズの OEM) をアップグレードするとともに、新規に 4 台のルータを調達することとした。

これらのルータでは、ATM-Multimedia スイッチング・ハブ、および ATM-Ethernet スイッチング・ハブに対し、LAN Emulation のサーバ機能を提供し、かつ、LAN Emulation によって構成される ELAN (Emulated LAN) 上の IP サブネットと IP over ATM によって構成される LIS (Logical IP Subnet) 間を相互に経路制御およびパケット交換を行うこととした。また、新規に調達する 4 台のルータによって、吹田キャンパスの LIS、豊中キャンパスの LIS および対外接続セグメントの相互接続を行うこととした。

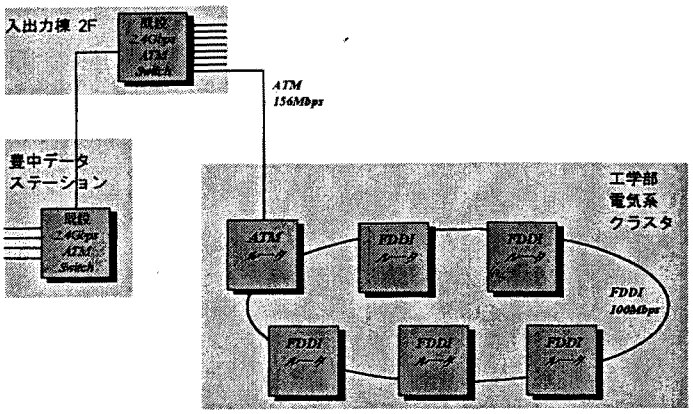


図41: 第一期整備でのクラスター・バックボーンの構成

第二期整備でのクラスタ・バックボーンは、二重化されたクラスター・ノード ATM 交換機を中心に、第三層ルーティングを行う ATM ルータをクラスター・ノード交換機に接続することにより構成される。

クラスター・ノード交換機は、キャンパス内に設置されるクラスタ相互接続用のキャンパス・ノード二重化交換機に OC-12 (622Mbps) 一回線、OC-3 (156Mbps) 二回線でいずれもシングルモード・ファイバにて接続される。このうち OC-3 一回線は、代替系の ATM 交換機に接続され、主系の障害時に利用される。

ODINS 第一期整備では、クラスタ・バックボーンは FDDI により構成されていたが (図 41)、第二期整備では、ATM を主系、FDDI を代替系とする冗長構成となる (図 40)。

また、第一期整備では、基幹ネットワークとクラスタ・バックボーン・ネットワークの境界ルータは、一台のみでかつ静的経路制御によるツリー構造のルーティングを行ったが、第二期整備では、クラスター境界は複数台の ATM ルータによって構成され、動的経路制御によるエリア間フルメッシュ構造のルーティングが行われる。

クラスター内 ATM ルータは、LAN Emulation による支線ネットワークのクラスタ・バックボーン・ネットワークへの収容を行う。

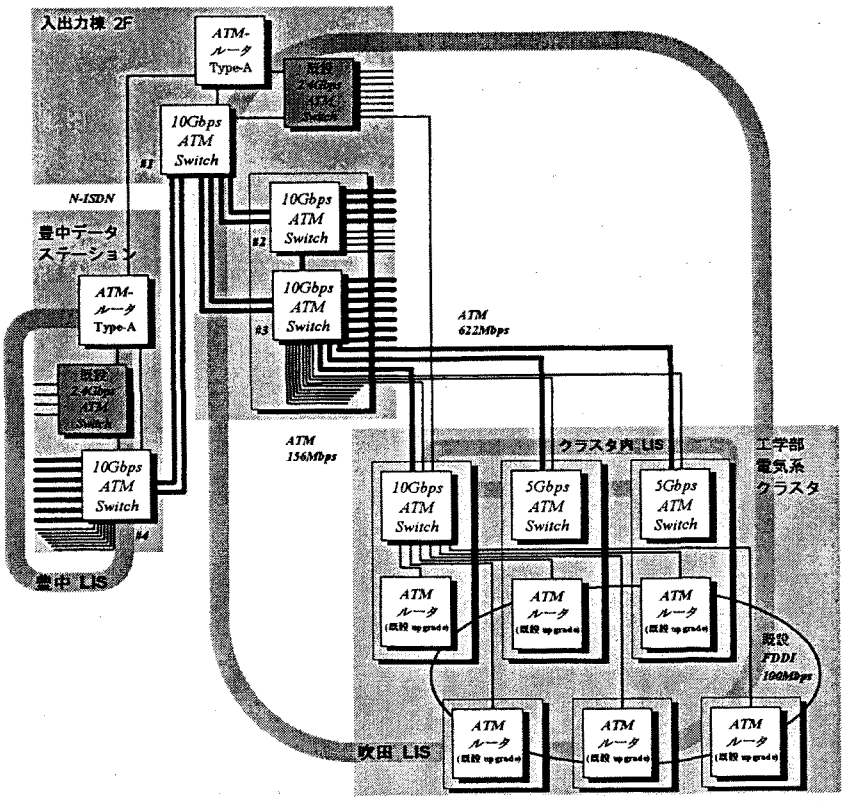


図40: 第二期整備でのクラスター・バックボーンの構成

3. 超高速バックボーン・システム

超高速バックボーンは、大型計算機センターのスーパーコンピュータの HiPPI チャネルを中心に敷設される、1Gbps に近い通信帯域

を提供可能なネットワーク・システムである。

第一期整備では、1Gbps の UltraNet を 800Mbps の HiPPI (Hi-Performance Parallel Interface) 回線で延長することにより、大型計算機センターと、レーザー核融合研究センター、工学部および基礎工学部クラスターを接続し、科学技術計算の遠隔可視化や分散計算環境の提供を行った。UltraNet は、当時、Cisco 社製 AGS ルータがサポートしたことにより、業界唯一のギガビット対応のインターネット・ソリューションであったでが、Cisco 社が次期エンタープライズ向けルータである 7000 シリーズにおいて ATM のサポートを優先し、ついには UltraNet をサポートしなかったこともあって、UltraNet は生産中止、サポートの中断が発表された。これにより、スーパーコンピュータに対応可能なギガビット・インターネット・ソリューションは HiPPI に限定されたことになった。

超高速バックボーンは、UltraNet の生産およびサポートが中止したことを受け、ベンダー独自仕様ではない、開かれた仕様によるギガビット・ネットワークの導入が必要となった。スーパーコンピュータの入出力チャネルとして圧倒的な市場シェアを持つ HiPPI による接続を一つの柱とし、今後ワークステーション用の市場に登場する 622Mbps ATM インターフェイスを先取りして、もう一つの柱とした。また、HiPPI を ATM に媒体変換可能なルータを導入し、ODINS ATM 基幹網を継ぎ目なく超高速バックボーンと接続可能な構成とした。

第二期整備では、HiPPI と 622Mbps ATM 回線により、新たに 6 箇所へ超高速バックボーンの敷設を行うこととした。スーパコンピュータ同士を HiPPI で直結するための HiPPI 交換機と、HiPPI インターフェイスを 156Mbps ATM 回線に変換し、ATM 基幹網と接続するための HiPPI-ATM ルータ機器の調達を行うこととした。物理的な接続構成案、および導入後に行われた大型計算機センターでのスーパコンピュータの機種更新後の構成を付録として添付した。

4. 対外接続システム

対外接続システムは、ODINS を公衆網に接続し、基幹ネットワークと公衆ネットワークとの接続性を提供するための装置群、および、ユーザが学外から ODINS を IP によりシームレスにアクセスするために必要となる装置群で構成される。

学術情報センターATM 網に接続するために必要となる公衆網対応の ATM 交換機の調達を行う。さらに、大阪大学は、学術情報センター・ネットワーク SINET や産官学共同研究プロジェクトである WIDE Internet、および大阪地域大学間ネットワーク ORIONS のハブ・ノードとして関西地域において重要な役割を果たしている。この機能を強化するための対外接続用ルータ装置の増強を行うこととした。

また、第一期整備の時点でも ODINS は、ユーザが学外からアクセスするために必要となる外部通信システムとして、ターミナル・サーバと公衆網用モデムによる公衆電話網からの遠隔利用手段を提供している。今回の調達では、さらに進んで、ダイアルアップ IP による通信方式を提供し、よりユーザの便宜を図る。このために必要となるアカウント管理機能やさまざまなサービスを提供するための外部通信用ネットワーク・サーバも同時に調達することとした。

第一期整備では、各種サーバは、吹田キャンパスと豊中キャンパスに一系統ずつ設置したが、これは管理の手間が倍となり運用上好ましいものではなかった。第二期整備では、ネットワークの冗長性が考慮されており、可用性が高い。このため、サーバは一系統のみの導入とし、障害の起こりやすい電源モジュールなどに冗長構成を取り入れることが可能な機種を調達することとした。

あとがき

ODINS 第一期整備と第二期整備への適用を通して、第2章と第3章で述べた設計手法の有効性が実証された。特に、第二期整備で採り入れた、ATM の多重化機能を活用したルータからの集線機能の分化は、キャンパス・ネットワーク規模での Hi-Performance Computing で必要となる端末間での広帯域かつ低遅延な回線の提供を可能とした。さらに、今後のインターネット環境への適用においても有効性を持つものと考えられる。ここでは、そのために今後検討を行わなければならない課題を述べる。

インターネットは、ルータによりネットワークを相互接続して構成されている。あらかじめルータ間で経路情報の交換を行い、パケット転送を行うための経路表を作成し、Hop-by-Hop でパケット転送を行う。ルータは、連続するパケットに対しても一切の状態を持たず、経路表によってのみ個別にパケットの転送を行う。ルータにおいてパケット交換のポリシーを実装するための仕組みは、二通り存在し、一つは、経路情報交換におけるフィルタリングであり、一つは、パケット交換時におけるサービス・ポートによるフィルタリングである。フィルタリングやアカウンティングを行うために、IP 層でのパケット交換を行うルータにも、TCP や UDP などの上位レイヤーで定義されているサービス・ポートの検出を行うことができるように実装されている。以上の枠組みでは、ルータによって構築されるインターネットが保証可能な品質は、到達するか否か (reachability) であり、サービスの品質クラスは、Best-Effort 型に限られる。

現在のインターネット上でのパケット交換の品質の微細な調整は、ルータにおけるパケット・キューイング (バッファ管理) のアルゴリズムにより実装されている。例えば、Cisco IOS では、サービス・ポートに対して優先制御を行うことができるが、あくまでも低速回線を対象としてパケット欠落に敏感なサービスに対してキューイングの優先順位を上げることができる、という実装であり、ユーザが必要に応じて設定可能なものではない。可変長のパケットを扱うため、効率の良いバッファ管理を行うためには、複数のキューを用意する必要があり、ATM のように固定長のセルを中継する装置でのバッファ管理に比べて、必然的に処理が複雑になる傾向がある。また、さまざまな伝送媒体に対応するために MTU の差を吸収するためのフラグメンテーション処理が遅延を生む大きな要因となっている[11]。

ATM では、Connection-Oriented サービスであり、通信に先立って呼接続を行う。呼接続時に、ユーザが要求する QoS パラメータを伝播し、各スイッチに資源予約をおこない、セル交換のためのパス設定を行う。インターネット上でも、同様の枠組みを提供するために、RSVP (Resource Reservation Setup Protocol) の仕様化が終わり、実装が始まった。RSVP でも、まったく同様に、あらかじめ経路上のルータに呼設定メッセージを送信し、資源予約を行うことが可能となる。しかし、上記の二つの要因 (可変長パケットとフラグメンテーションの処理) から、ルータによる品質保証は非常に難しい。ATM の優位性は、固定長のセル交換による高速性と、バッファ管理の簡素化による QoS 実装の容易さであると言える。

また、これまで、IP パケットをフローとして識別しようとする際は、ペイロードから上位レイヤのヘッダ情報を読み出す以外の手段はなく、処理の負荷を高めていた。IPv6 では、IP ヘッダに 24bit のフロー・ラベル・フィールドが追加され、このフィールドによりフローの識別が可能となった。ATM の VCI/VPI に相当するこのフィールドの導入により、インターネット上で、ATM と連携した高速パケット交換への道が開かれた。

一方で、既に IP は全世界を覆っているという実績から、ATM の経路制御は冗長に思えてくる。ODINS では、ATM Forum における仕様化の流れに基づいた整備を行ってきたが、第2章、第3章で述べたように、いくつかの点で相互運用性に問題が残された点があり、特に ATM アドレスの形式が公衆網と私設網で異なる点と、その相互接続点における経路情報変換のためのインターフェイスがいまだ不明確なまま、これまでの導入が行われてしまった現実を直視しなくてはなら

---

[11] 次世代インターネット・プロトコルである IPv6 (IP Version 6) では、MTU は、あらかじめ経路上の最小の長さに固定して通信を行う。

ない。相互運用性を第一義として発展してきたインターネットでは、アドレス割当て委員会や作業部会は運用当初から機能していた。一方の ATM では、公衆網キャリアと私設網機器ベンダーの関係が不明確なまま、いまだ、世界規模の運用に際してのアドレス割当ての調整の動きは起こっていない。インターネットでは、ATM 網での経路交換は冗長であり、IP 層の経路情報から、ATM 層の VC への写像を行う枠組みこそが必要とされる。

このような背景から、本来連続しているデータから細分化されたパケットをフローとして捉え、フローに着目したパケット交換をインターネット上で運用するための枠組みの提案が求められており、既にいくつかのベンダーからは、仕様化、実装が行われ、製品の出荷が行われているものもある。提案は、次の二つのモデルに代表される。

1 Flow Acceleration Type

いくつかのベンダーからの仕様では、ATM アドレスと ATM 層での動的経路制御を一切使わないモデルの提案が行われている。それらのモデルでは、アドレス割当て、および経路情報の交換は、既存のインターネットの標準を用い、ルータと ATM 交換機を対にしてモデル化を行い、フローの識別をルータで行い、必要な VC をルータから ATM 交換機に設定する、という仕様で提案が行われている。Ipsilon 社の IP Switch や東芝の CSR (Cell Switch Router) がこれに該当する。しかし、現在市場にある ATM 交換機は、デスクトップから非常に限られた範囲をサポートするために設計されており、例えば、ODINS 第二期整備で導入した NEC ATOMIS-7 も、一台あたり同時に設定可能な VC は 4,096 に制限されている。このような機器で、インターネット・バックボーン上のどの範囲までのフローを扱えるかは、特にスケーラビリティに関して検討を行わなくてはならない。これらのモデルのキャンパス・ネットワーク・バックボーンや、インターネット・バックボーンでの導入評価を行うための準備を現在行っている。具体的には、IX (Internet eXchange) や ODINS のキャンパス間接続点でのデータを採取して、フローの特質を解析し、シュミレーションを行った上で、それらの点への機器の実験的導入を行う計画である。

2 Hi-Performance Packet Forwarding Type

ルータの持つ機能を強化するにあたり、上述のモデルのように CO (Connection-Oriented) リンクを動的に確保する方式に対して、純粋なハードウェア化による高速化の道もある。例えば、NetStar 社 (現 Ascend) の GigaRouter では、インターフェイスごとにハードウェアによる経路表の検索をおこない、クロスバー・スイッチ上でパケット交換を行うことにより、基本性能を向上させている。この方式は、基本的に高スループットを提供しているが、既存の媒体 (シリアル回線や、HiPPI、ATM、FDDI など) からパケットを取り出し、クロスバー・スイッチ上で交換する部分の負荷が高く、高速化のためには、上記のモデルに比べて高価なハードウェアを必要とする。

これらの装置を導入対象として統合してネットワークに組み込むことにより、インターネット・バックボーンを束ねる IX や、キャンパス・ネットワークでの運用のためのパケットのフローに着目した統合されたルーティング・アーキテクチャの検討をはじめている。このアーキテクチャでは、中継装置でフローの識別を行い、広域の経路制御情報を検索してネットワーク内を高速にパケット転送する。また、パケットの送出を行う端末が、中継装置と協調して、ネットワーク全体の負荷を下げ、スケーラビリティを確保する。特に、リアル・タイムにデータを送出するアプリケーションとの協調や、ネットワーク上のデータ転送を I/O としてではなく DMA (Direct Memory Access) として行うためのキャッシュ技術との統合も考慮し、ルータの並列分散協調運用、特に分散型ルーティングテーブルの実装を行う。ここで検討を行うモデルは、実際のキャンパス・ネットワークである ODINS や、WIDE Internet が関わる IX へ導入を行い評価を行う予定である。

また、バックボーン上の高速なパケット交換の手段が必要とされているのと同時に、広帯域を必要とする Hi-Performance Computing アプリケーションのために、端末のネットワーク・インターフェイスの高速化も求められている。第一期整備のときの実験では、ワークステーションでデスクトップ・ビデオ会議を行う際、ATM インターフェイスの処理能力の不足以前に、ビデオ符号化・復号化のために必要となるプロセッサ能力がより必要とされていた。しかし、現在では、ビデオ処理のハードウェア化、またはプロセッサに直接シグナル・プロセッシング用の命令が追加されるようになり、再び、ネットワーク・インターフェイスのパフォーマンスに注目が移ってきた。とは、いうものの、例えば、ATM の AAL 層での処理や ATM 層での処理は、現時点でもすべてハードウェア処理が行われるようになっており、むしろ問題は、オペレーティングシステム内の IP 層の実装上の問題になっている。現在、IP 層から見た第二層は API として抽象化されているが、ここに制御プレ

ーンを設け、上位層から直接ハードウェア層の属性を操作する枠組みが必要である。また、この制御プレーンを用いて、ネットワークインターフェイス上での IP パケット転送のハードウェア・アクセラレータや、プロセッサ・バスに直結可能なインターコネクトなどに対応することにより、より緊密なノード間結合を可能とするアーキテクチャの検討も行わなくてはならない。その結果、Hi-Performance Computing のための並列分散コンピュータが構築可能となり、また、インターネット・ルータの高機能化の要求にも対応可能なプラットフォームともなる。そこでは、並列分散処理のためのメタ・サーバの実装が可能になると考えている。これらの成果を、ODINS にも還元するために、広く実装の普及を行っていく計画である。

謝辞

本研究を推進するにあたり、ご指導をいただいた伊達 悦朗教授、宮原 秀夫教授、稲垣 宣生教授、中村 佳正教授に感謝いたします。また、日々、貴重な助言をいただいた、大阪大学総合情報通信網研究開発部の村上 考三教授、下條 真司助教授をはじめとする部員の方々に感謝いたします。

キャンパス・ネットワークへの適用に際して、ご協力をいただいた、大阪大学総合情報通信網ワーキンググループのメンバーの方々、および大阪大学総合情報通信網事務室の方々に感謝いたします。

参考文献

[1]「大阪大学総合情報通信システム仕様書」, 平成5年7月.

[2] ODINS Working Group 編,「ODINS 運用に関するガイドライン」, March 1994.

[3] 大阪大学総合情報通信システム整備本部事務室,「ODINS 広報」, No.1, 1994.

[4] 下條 真司, 宮原 秀夫,「大阪大学総合情報通信システム (ODINS) の概要」, 大阪大学大型計算機センターニュース Vol.23 No.2,3 合併号, pp.39-48, November 1993.

[5] 東田 学, 下條 真司,「大阪大学キャンパス・ネットワークの構築-ODINS とは」, UNIX MAGAZINE Vol.9 No.5, pp.27-31, May 1994.

[6] 東田 学, 下條 真司,「大阪大学キャンパス・ネットワークの構築-1991 年度の Genesis Network」, UNIX MAGAZINE Vol.9 No.6, pp.55-61, June 1994.

[7] 東田 学, 下條 真司,「大阪大学キャンパス・ネットワークの構築-ODINS 完成披露」, UNIX MAGAZINE Vol.9 No.7, pp.57-66, July 1994.

[8] 下條 真司ほか,「ATM をバックボーンに マルチメディア・アプリケーションを実現した大阪大学」, コンピュータ & ネットワーク LAN Vol.12 No.9, pp.23-31, September 1994.

[9] 福井 昭ほか,「大阪大学殿向け ATM キャンパスネットワーク」, NEC 技報 Vol.47 No.7, pp.75-79, 1994.

[10] 東田学,「大阪大学キャンパス・ネットワークの概要」, 1994 年 8 月.

[11] 東田 学,「Dedicated ODINS–ODINS 拡張計画案–」, 1995 年 9 月 1 日.

[12]「高速キャンパスネットワークシステム仕様書」, 1995 年 11 月.

[13] Atkinson, R., "RFC 1626: Default IP MTU for use over ATM AAL 5", May 1994.

[14] Alles, A., et al., "ATM Forum 94-0568: Proposal for a Phase 0 P-NNI Protocol", June 1994.

[15] ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification Version 3.0", ATM Forum Specification, September 1993, Prentice Hall.

[16] ATM Forum, "ATM User-Network Interface Specification Version 3.1", ATM Forum Specification, September 1994, Prentice Hall.

[17] ATM Forum, "Interim Inter-Switch Signaling Protocol", ATM Forum Specification, February 1995.

[18] ATM Forum, "LAN Emulation Over ATM Specification–Version 1", ATM Forum Specification, February 1995.

[19] Colella, R., "RFC 1629: Guidelines for OSI NSAP Allocation in the Internet", May 1994.

[20] Heinanen, J., "RFC 1483: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5", December 1994.

[21] ISO/IEC, "International Standard 8348: Information Processing Systems–Data Communications–Network Service Definition", 1992.

[22] ITU-T, "I.361: B-ISDN ATM layer specification", ITU-T Recommendation Protocol layer requirements.

[23] Laubach, M., "RFC 1577: Classical IP and ARP over ATM", January 1994.

[24] Perez, M. et al, "RFC 1755: ATM Signaling Support for IP over ATM", February 1995.

付録目次

1. ODINS 第二期整備物理構成図

2. ODINS 第二期整備物理構成図

3. 大型計算機センター内構成および超高速バックボーンの構成

4. 大型計算機センターのスーパーコンピュータの更新 (1996 年 12 月) に伴う超高速バックボーンの構成

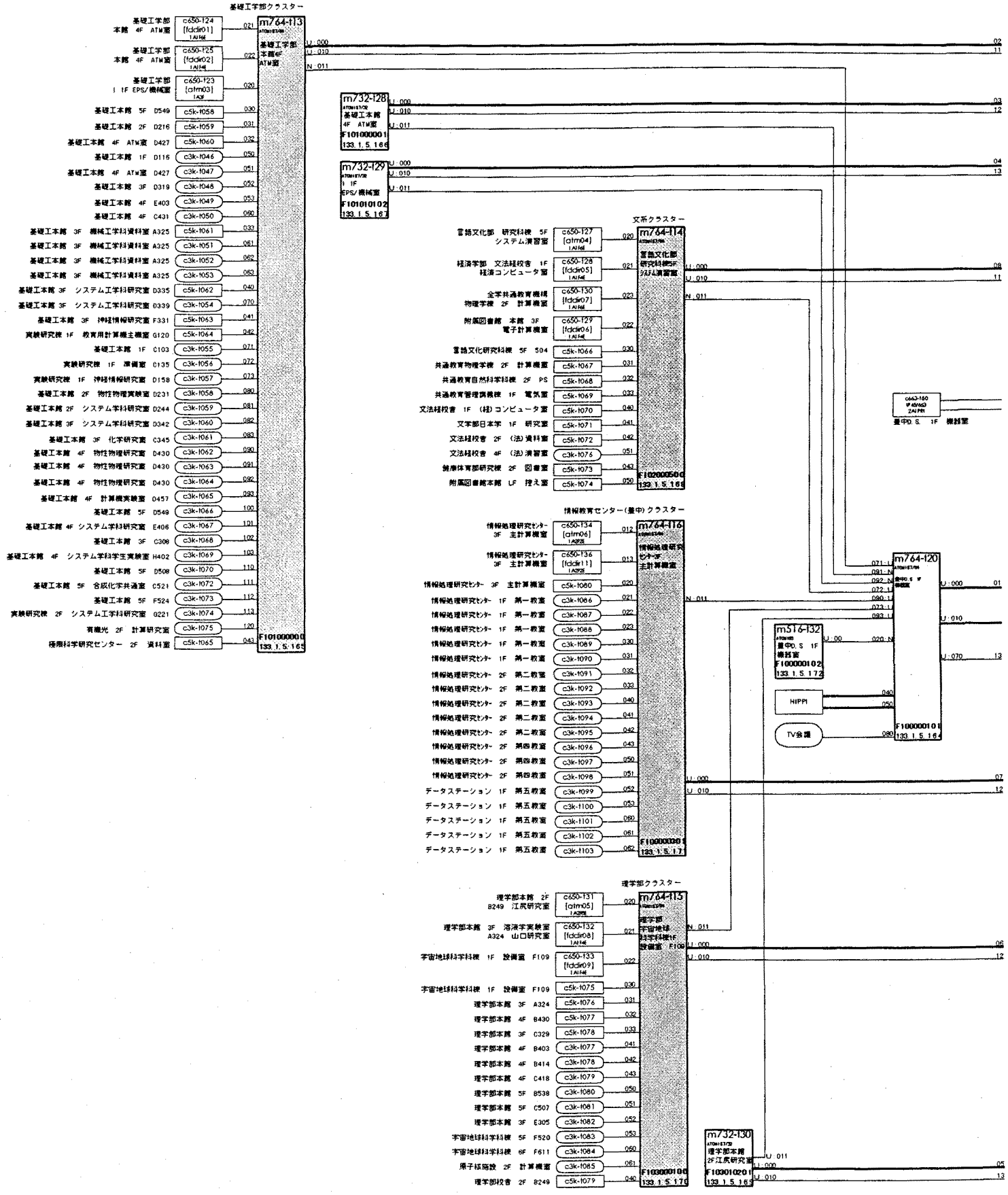
3. ODINS 第二期整備仕様書

「高速キャンパスネットワークシステム仕様書」

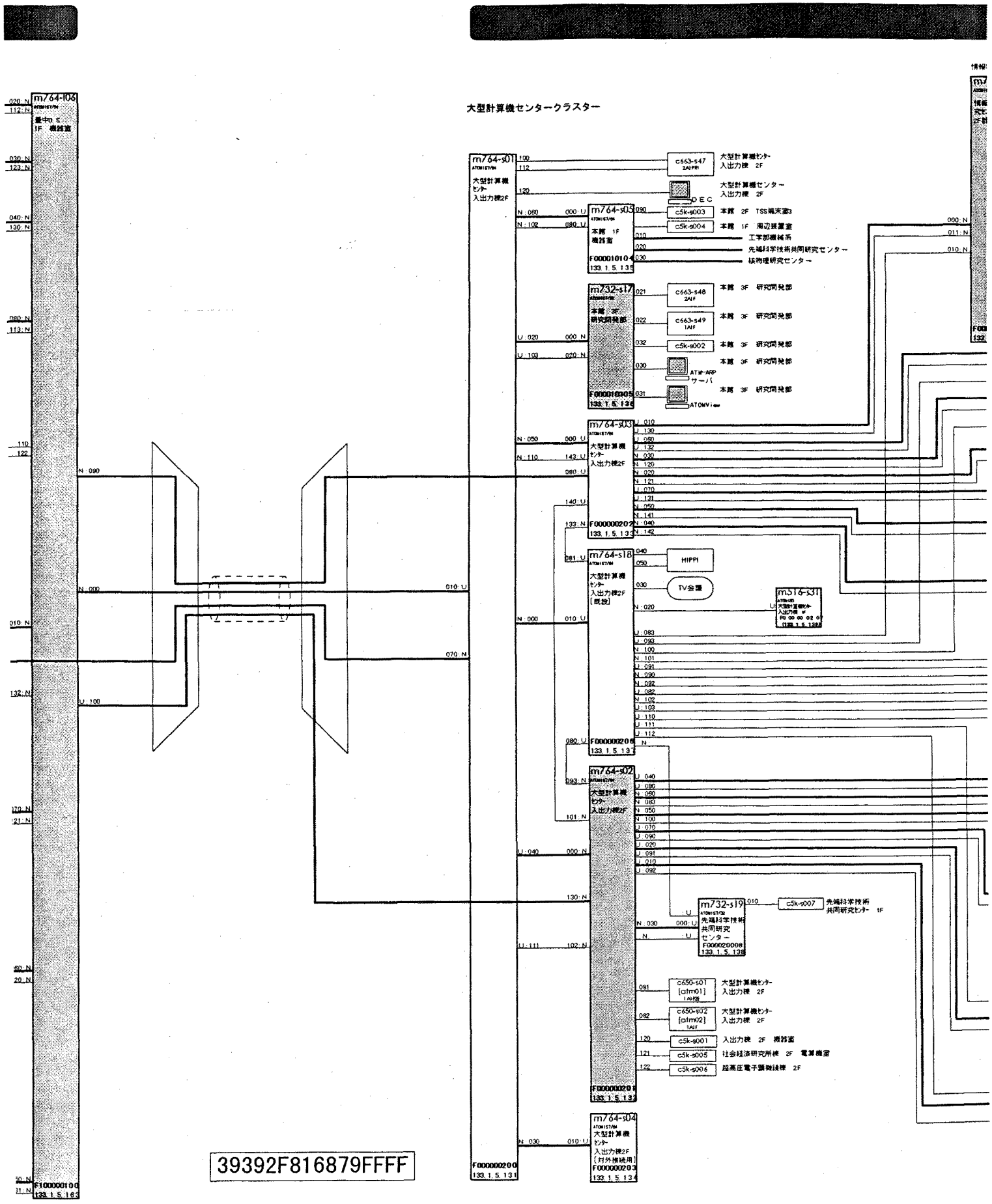
大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
物理構成全体図 [1 of 3]

1 2 3

豊中キャンパス



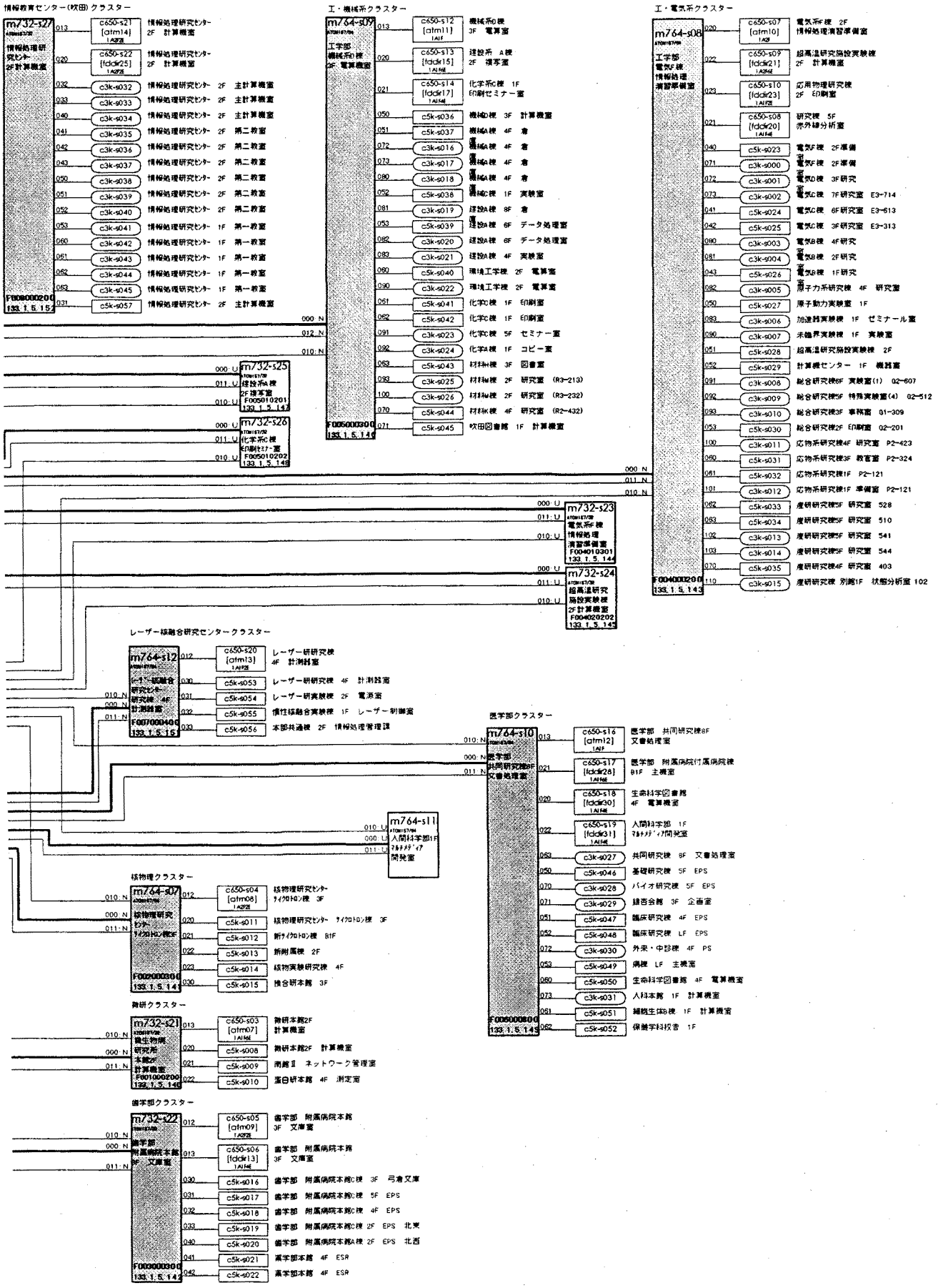
大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
物理構成全体図 [2 of 3]



大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
物理構成全体図 [3 of 3]

1 2 3

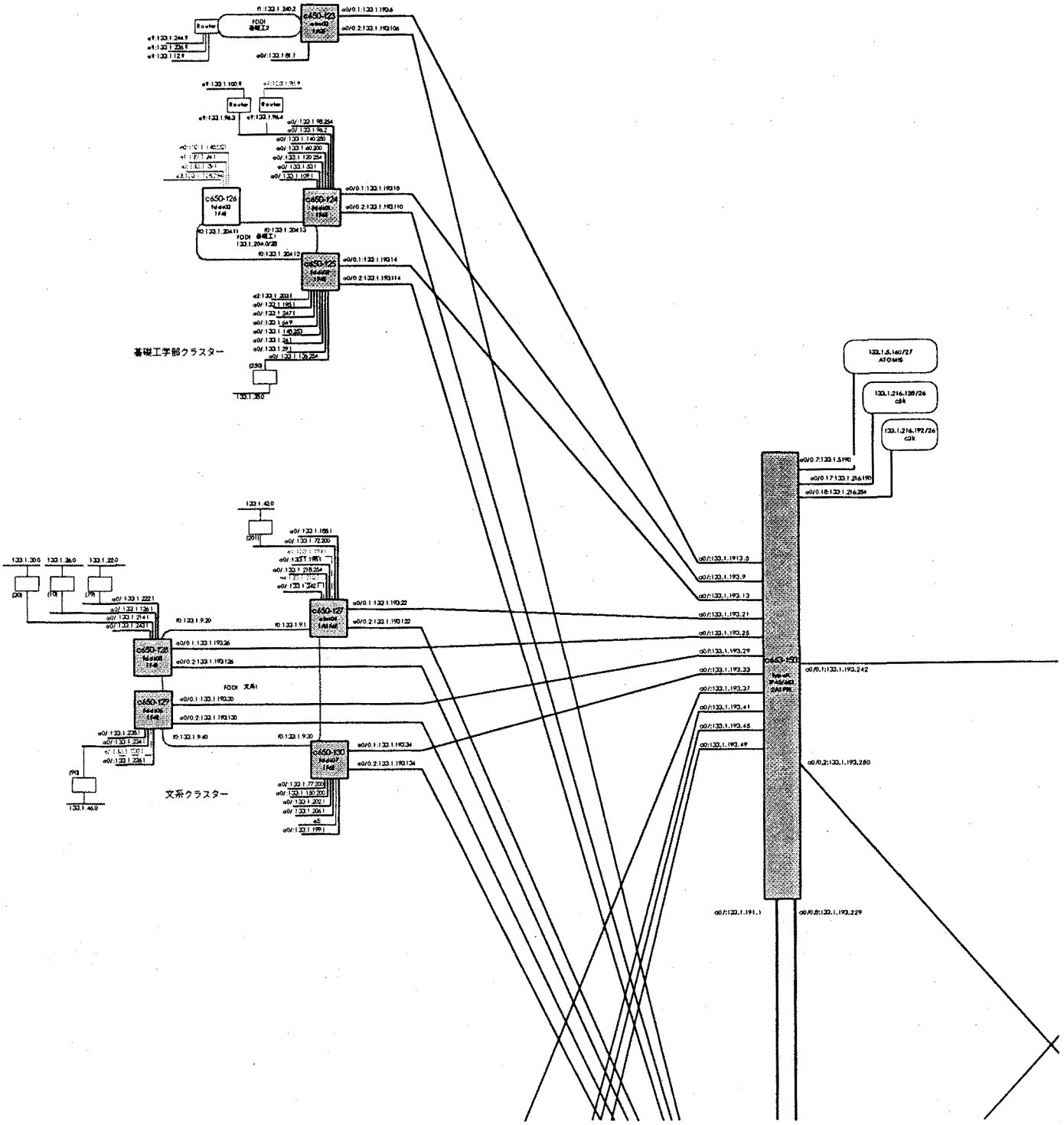
吹田キャンパス



大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
論理構成全体図 [1 of 4]

1	2
3	4

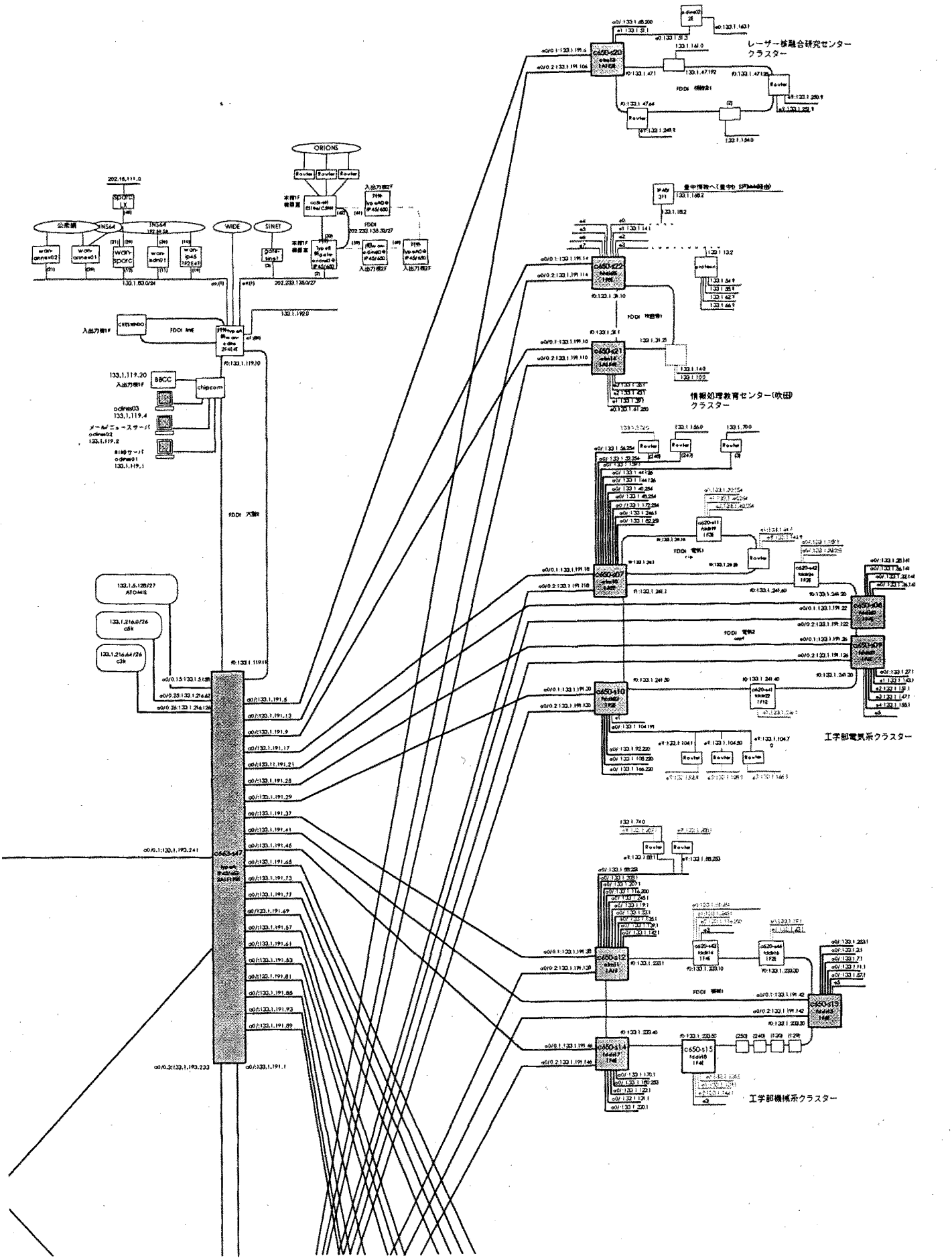
豊中キャンパス

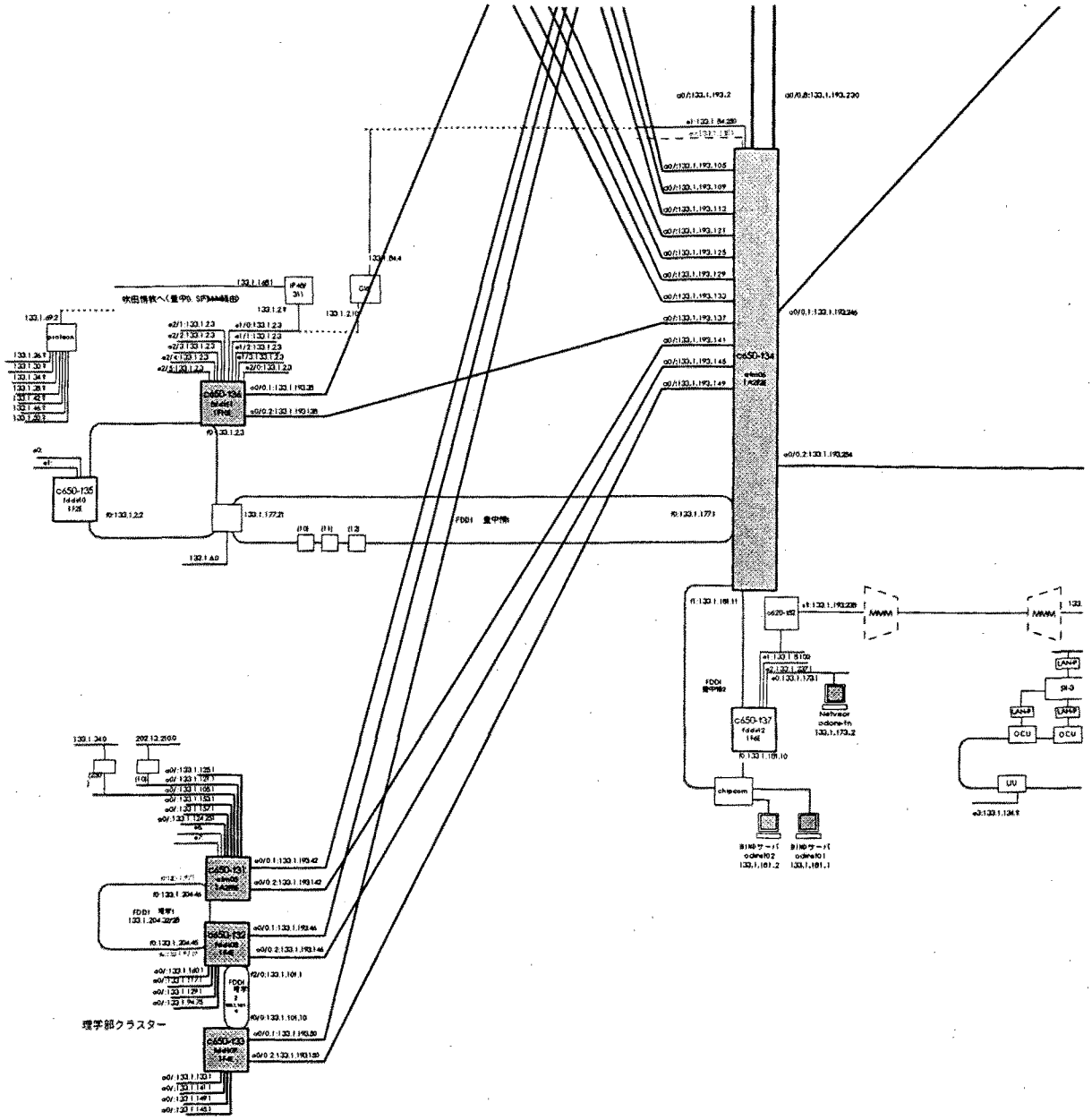


大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
論理構成全体図 [2 of 4]

1	2
3	4

吹田キャンパス

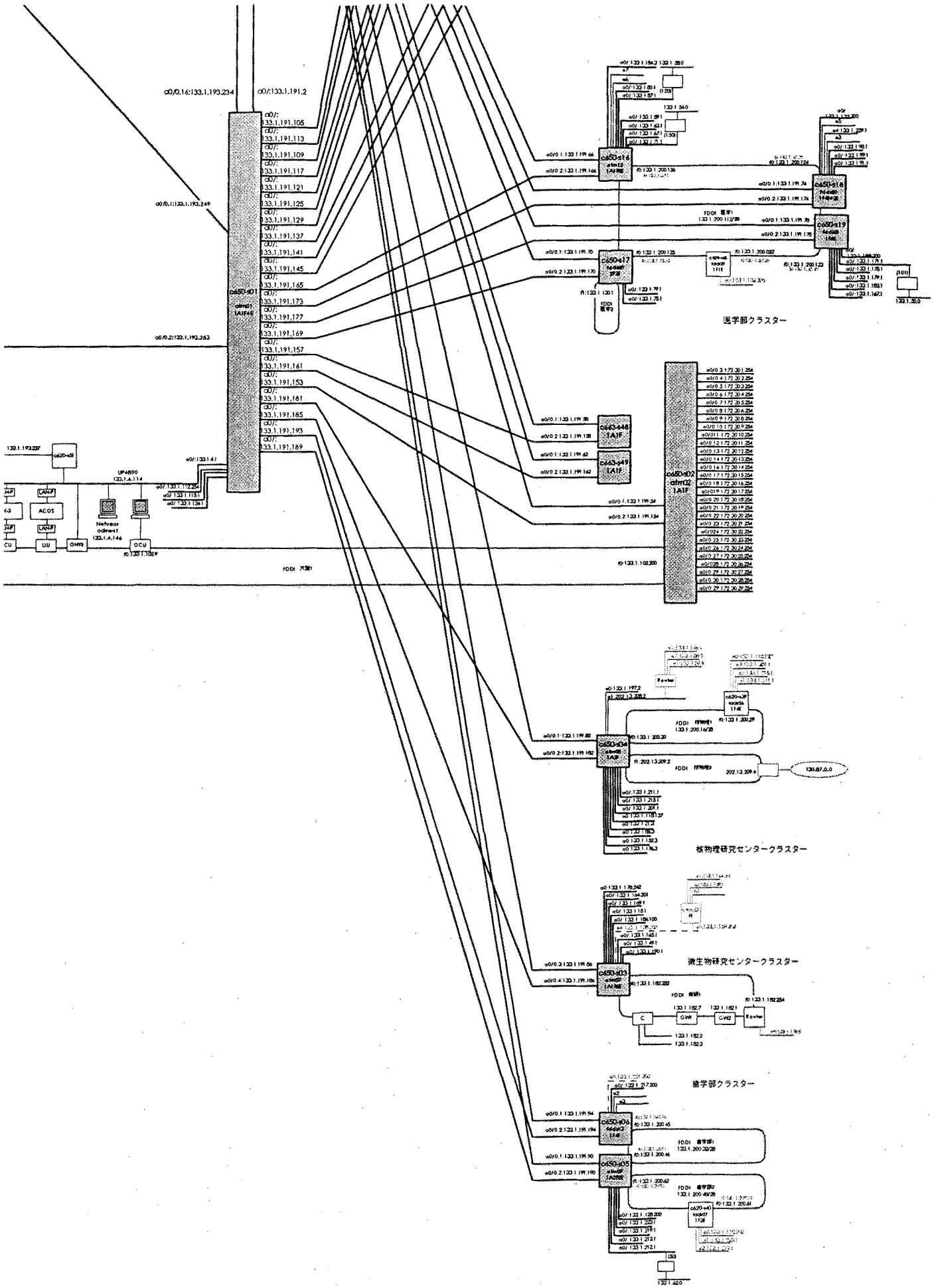




豊中キャンパス

大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
論理構成全体図 [3 of 4]

1	2
3	4

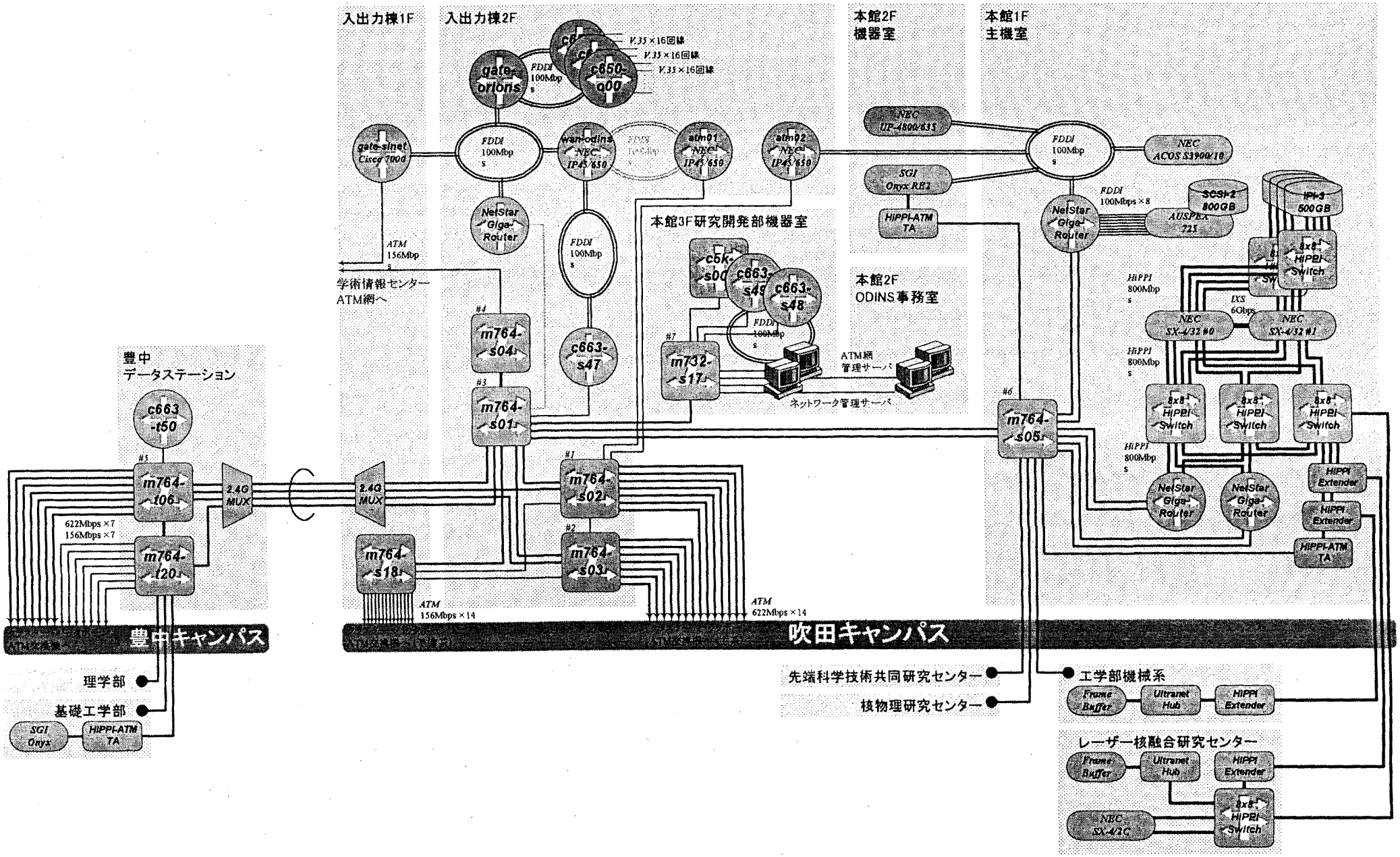


吹田キャンパス

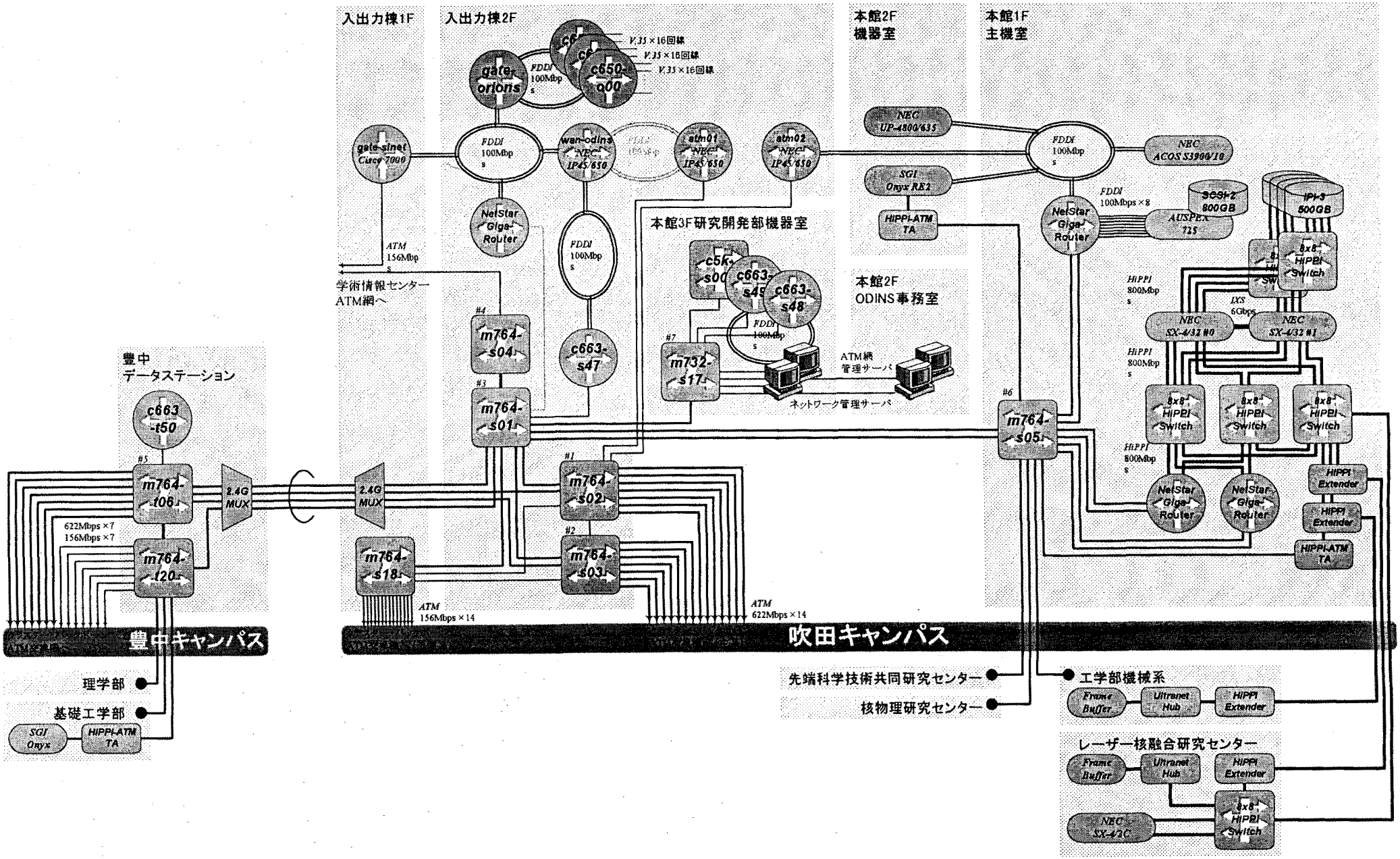
大阪大学総合情報通信システム (ODINS) 第二期整備
論理構成全体図 [4 of 4]

1	2
3	4

大型計算機センター内構成および超高速バックボーンの構成



大型計算機センターのスーパーコンピュータの更新（1996年12月）に伴う超高速バックボーンの構成



高速キャンパスネットワークシステム
(High Speed Campus Network System)
仕様書

平成 7 年 11 月

大阪大学

1. 高速キャンパスネットワークシステム調達の背景及び目的

1.1. 既存システムの概要

大阪大学総合情報通信システム ODINS (Osaka University Digital Information Network System) は、平成 5 年度の第一次補正予算により、世界に先駆けて基幹網に ATM (Asynchronous Transfer Mode) を導入し、平成 6 年度から運用を開始した。ODINS では、吹田と豊中の両キャンパスに、2 台の ATM 交換機 (総容量 2.4Gbps、156Mbps × 16 回線対応) を置き、この ATM 交換機を中心に、両キャンパスを「クラスター」と呼ぶ管理ドメインに分割した。クラスターごとに ATM ルータ (156Mbps ATM 回線対応) を配置し、これらの ATM 交換機と ATM ルータにより「ATM 基幹網」を構成した。さらに、各クラスターには、「クラスター・バックボーン」とよぶ FDDI ループを敷設し、FDDI ルータにより、10Mbps Ethernet による各部局の支線 LAN を接続し、クラスター・バックボーンを経由して ATM 基幹網に収容した。ATM 交換機と ATM ルータにより FDDI や Ethernet といった既存の LAN 媒体を集線する構成は、現在まで非常に安定して稼働しており、その後のキャンパス・ネットワーク構築の標準的手法ともなった。

ODINS の利用状況は、コンピュータ・サイエンスに関係する研究者はもちろんのこと、国内でも「インターネット」がブームとなったこともあり、当初想定していた以上に幅広い部局のユーザを獲得し、平成 7 年 10 月現在、5 千台以上の端末を収容している。ODINS 上に分散したコンピュータの相互利用や、共有資源の効率的利用、学内の図書館や情報処理教育センターや大型計算機センター、さらには学外の全国共同利用施設の遠隔利用、そして電子メールを中心とする文字型のデータ・コミュニケーションに留まらず、最近ではインターネット・ブームの火付け役ともなった WWW (World-Wide Web) に代表される、いわゆる「マルチメディア」コミュニケーションの利用も多くなってきている。また、ODINS の特徴のひとつである「超高速バックボーン」により、大型計算機センターのスーパーコンピュータでの演算結果をレーザー核融合研究センター、工学部、そして別キャンパスにある基礎工学部で遠隔可視化することが可能となり、センターの遠隔利用のニーズにも応えている。インターネットを経由して、全世界と通信可能なコミュニケーション手段を提供している ODINS は、今や研究・教育およびその支援のための通信インフラストラクチャとして、電話網などと同様に欠かすことのできない存在となっている。

1.2. 高速キャンパスネットワークシステムの導入目的

既存システムの導入当時は、まだ文字型の通信が主流であり、通信に必要とされる帯域 (通信速度) は、共有型の 10Mbps Ethernet でも十分まかなえるものであった。しかし、最近では、静止画や動画像そして音声を混在させ、要求に応じてサーバから手元に転送する形のマルチメディア通信が一般的になりつつあり、特にサーバ用の回線において 100Mbps 以上の帯域が必要となっている。支線を含めてネットワーク構成を見直し、基幹網の帯域増強とともに、支線においても帯域占有型構成への移行が必要となった。これには、前回導入を行った超高速バックボーンの拡充も含んでいる。また、学術情報センター・ネットワーク SINET がバックボーンとしての ATM 網を拡充することになり、本学でも受け入れ体制を整え、キャンパス内に留まらない ATM 網の積極的な利用を推進し、大学間でのマルチメディア型の研究・教育情報通信の普及を促す必要がある。

本仕様書は、以上述べた点を考慮して、大阪大学における高速キャンパス・ネットワーク・システムが具備すべき機能、仕様等をまとめたものである。

1.3. 導入システムの概要

今回導入予定のシステムは、ATM 基幹網の拡充を中心とし、支線までを含めた帯域占有型構成の高速キャンパスネットワークシステムである。また超高速バックボーンシステム、対外接続システムの拡充も同時に行う。

1.3.1. ATM 基幹ネットワークシステム

前回の導入では、ユーザの端末を収容する支線 LAN として 10Base 5 Ethernet (いわゆる「イエロー・ケーブル」) の敷設と、共有型ハブによる 10Base-T Ethernet の敷設を行った。これらの媒体は共有型のため、10Mbps という狭い帯域を LAN 上のユーザが共有して利用せざるを得ず、156Mbps ATM 回線による基幹網を十分生かしきっているとはいえない。今回の調達では、ATM 基幹網の帯域を 156Mbps から 622Mbps へ増強するとともに、ユーザ端末収容用の ATM 交換機の導入や、既存の Ethernet や FDDI を帯域占有型媒体として ATM 基幹網へ収容するためのスイッチング・ハブの導入を行い、支線 LAN を含めて基幹網が有効活用可能なネットワーク構成への移行をおこなう。また、既設 ATM ルータを含めたこれらの機器を協調して運用することにより仮想 LAN 機能を提供し、場所的に離れた研究室や講義棟なども同一の LAN セグメントとして扱えるようにする。同時に、研究・教育支援用ネットワークなど、セキュリティを必要とするネットワークへの要求にも応えられるものとする。このため、前回採用した IP over ATM 方式に加えて、今回は LAN Emulation 方式も導入す

る。今回調達する機器は、既存の機器と相互運用が可能でなくてはならない。

1.3.2. 超高速バックボーンシステム

前回の導入では、1Gbps の UltraNet や 800Mbps の HiPPI (Hi-Performance Parallel Interface) 回線を「超高速バックボーン」として大型計算機センター、レーザー核融合研究センター、工学部および基礎工学部クラスターに提供し、科学技術計算の遠隔可視化や分散計算環境の提供を行った。今回の拡充では、HiPPI と 622Mbps ATM 回線により、新たに 6 箇所へ超高速バックボーンの敷設を行う。

1.3.3. 対外接続システム

学術情報センター ATM 網に接続するために必要となる公衆網対応の ATM 交換機の調達を行う。さらに、大阪大学は、学術情報センター・ネットワーク SINET や産官学共同研究プロジェクトである WIDE Internet 、および大阪地域大学間ネットワーク ORIONS のハブ・ノードとして関西地域において重要な役割を果たしている。この機能を強化するための対外接続用ルータ装置の増強を行う。

また、現時点でも ODINS は、ユーザが学外からアクセスするために必要となる外部通信システムとして、ターミナル・サーバと公衆網用モデムによる公衆電話網からの遠隔利用手段を提供している。今回の調達では、さらに進んで、ダイアルアップ IP による通信方式を提供し、よりユーザの便宜を図る。このために必要となるアカウント管理機能やさまざまなサービスを提供するための外部通信用ネットワーク・サーバも同時に調達する。

2. 高速キャンパスネットワークシステム調達物品名および基本構成内訳

高速キャンパス・ネットワーク・システム	一式
(内訳)	
ATM 基幹ネットワークシステム	一式
1. ATM 交換機	27 台
2. ATM ルータ (既存アップグレード)	35 台
3. ATM ルータ (新規調達 Type-A)	2 台
4. ATM ルータ (新規調達 Type-B)	2 台
5. ATM-Multimedia スイッチング・ハブ	80 台
6. ATM-Ethernet スイッチング・ハブ	103 台
7. FDDI-Ethernet スイッチング・ハブ	10 台
8. FDDI-FDDI コンセントレータ	7 台
9. FDDI-CDDI コンセントレータ	9 台
10. Ethernet コンセントレータ	443 台
11. ネットワーク機器管理用ターミナルサーバ	41 台
12. ネットワーク機器設定用コンソール端末	38 台
13. ネットワーク管理ステーション	一式
14. 教育研究支援システム・サーバ群	一式
15. 教育研究支援システム・クライアント群	一式
超高速バックボーンシステム	一式
1. HiPPI 交換機	2 台
2. HiPPI-ATM ルータ	1 台
対外接続システム	一式
1. 学術情報センター ATM 網接続用 ATM 交換機	1 台
2. 対外接続用ルータ Type-A	3 台
3. 対外接続用ルータ Type-B	1 台
4. 対外接続用ルータ Type-C	1 台
5. 外部通信システム	一式
6. 外部通信用ネットワーク・サーバ	一式

3. 高速キャンパスネットワークシステム技術的要件の概要

3.1. 技術的要件の概要

1. 本件調達物品に係る性能、機能および技術等 (以下「性能等」という) の要求要件 (以下「技術的要件」という) は、別添に示す通りである。
2. 技術的要件は必須の要求要件のみである。必須の要求要件は、必要とする最低限の要求要件を示しており, 入札機器の性能等がこれを満たしていないとの判定がなされた場合には不合格となり、落札決定の対象から除外する。
3. 入札機器の性能等が、技術的要件を満たしているか否かの判定は、本学技術審査委員会において、入札機器に係る技術仕様書その他の入札説明書で求める提供資料の内容を審査して行う。

3.2. 提案に際しての留意事項

1. 本仕様の範囲は、各仕様該当本体、機器接続用ケーブル類、機器のハードウェアおよびソフトウェアのシステム設定、機器の設置および関連機器との接続調整である。
2. 提案に際しては、提案システムが本仕様書の要求要件および加点項目をどの程度満たしているか、それぞれ対応づけて明確に示すことが必要である。特に、ATM 基幹網を構築する機器については、保守時を含めて無停

止運用を要求する。提案においては、その根拠を明確に示すこと

3. 提案書の内容を補足する必要がある場合は、そのためのマニュアルや技術論文などの資料を添付すること。

4. 本仕様を満たす機器として提案するものは、提案の時点で製品化されていることは条件としない。しかしながら、製品化されていない場合には、シュミレーション等による評価値あるいは論理値を性能として記載し、かつ、提案書に記載された機能・性能等ならびに納期が保証されることを説明できる書類を添付すること。

5. 既設のネットワークからの移行行程、導入時の作業日程と体制を提案すること。およびその後の保守・運用体制も含めて提案を行うこと。

6. 搬入・据え付け・調整に要する費用は、受注者の負担とする。

7. 提案書には以下の項目を明確に記載し、10 部作成し提出すること。

   i) システム全体の構成

   ii) 機器ごとの諸元表

   iii) ハードウェアの仕様と機能

   iv) ソフトウェアの仕様と機能

   v) 具体的な性能データ

   vi) 個々の要求要件を満たすための具体的方策

   vii) マニュアルの種類、記述言語、提供方法

   viii) 導入、保守および支援体制

   ix) 大阪大学で準備しなくてはならない電源設備、空調設備等

別紙: 調達物品に備えるべき技術的要件

4. ATM 基幹ネットワークシステムに関する技術的要件

ATM 基幹ネットワークシステムは、今回調達する機器群および既存の ATM/FDDI ルータを「クラスター・ノード」と呼ぶ単位に分け、別途調達する 19 インチ・ラックに納めて構成する。クラスター・ノードには、規模に応じて、次に述べる Type-A と Type-B の二種類を設ける。

(1) クラスター・ノード Type-A

クラスター・ノード Type-A は、現 13 箇所のクラスター (大型計算機センター、基礎工学部、文系、理学部、情報教育処理センター・豊中、微生物病研究所、核物理研究センター、歯学部、工学部・電気系、工学部・機械系、医学部、レーザー核融合研究センターおよび情報教育処理センター・吹田) に対してさまざまな通信媒体の提供を行う機器群から構成される。クラスター・ノード Type-A には以下の機器を別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) の通り収容する。

- ATM 交換機
- ATM ルータ
- 機器管理用ターミナル・サーバ
- 機器設定用コンソール端末

(2) クラスタノード Type-B

クラスター・ノード Type-B は、クラスター・ノード Type-A に接続され、クラスターのより多くの箇所に分散配置し、さまざまな通信媒体の提供を行う機器群である。クラスター・ノード Type-B には以下の機器を収容する。

- ATM-Multimedia スイッチング・ハブ
- ATM-Ethernet スイッチング・ハブ
- FDDI-Ethernet スイッチング・ハブ
- FDDI-FDDI コンセントレータ
- FDDI-CDDI コンセントレータ
- Ethernet コンセントレータ

また、上記クラスター・ノードとともに、クラスター・ノードを管理するためのネットワーク管理ステーション、さらに、教育研究を支援するためのサーバおよびクライアント群の調達も同時におこなう。

4.1. ATM 交換機

[27 台]

ITU-T 勧告 I.361 に規定された ATM セルを交換することにより、他の ATM 交換機、ATM ルータ、ATM-Multimedia スイッチング・ハブおよび ATM-Ethernet スイッチング・ハブを相互接続するための 156Mbps または 622Mbps ATM 回線を提供する機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) 各々の装置は、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する 10Gbps または 5Gbps 以上の交換容量を有すること。ここでいう交換容量とは、機器が提供可能なすべての回線における入力および出力に対して、ノンブロッキングでセル交換が可能な容量のことである。要求を超える容量を持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(2) 保守性を考慮して、すべての交換機の各種回線パッケージおよび電源部には互換性があること。

(3) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 622Mbps 光回線インターフェイスを、交換容量 10Gbps の交換機で最大 16 回線、5Gbps の交換機で最大 8 回線集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する回線数以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

  1. シングルモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
  2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-4) と SONET 方式 (OC-12) を選択可能であること。

(4) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps 光回線インターフェイスを、交換容量 10Gbps の交換機で最大 64 回線、5Gbps の交換機で最大 32 回線集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する回線数以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

  1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。

	設置場所			装置容量 (Gbps)	二重化構成	622Mbps ATM 回線数 (シングルモード光ファイバ)	156Mbps ATM 回線数 (マルチモード光ファイバ)	156Mbps ATM 回線数 (UTP-5)	LANE サーバ機能	NHRP サーバ機能
	クラスタ	部局	建物							
1	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F	10	○	7	28	-	1 台	1 台
2	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F	10	○	13	12	-	-	-
3	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F (吹田-豊中接続)	10	○	10	12	-	-	-
4	大計センター	大型計算機センター	入出力棟 2F (対外接続)	5	○	2	4	-	-	-
5	大計センター	大型計算機センター	豊中 D.S. 1F 機器室	10	○	12	8	-	1 台	1 台
6	大計センター	大型計算機センター	本館 1F 機器室	10	○	7	8	-	-	-
7	大計センター	大型計算機センター	本館 3F 研究開発部	5	△	1	8	4	1 台	1 台
8	大計センター	先端科学技術共同研究センター	1F 機器室	5	△	1	4	8	-	-
9	基礎工学部	基礎工学部	本館 ATM 室	10	○	1	48	-	2 台	-
10	基礎工学部	基礎工学部	本館 ATM 室	5	△	1	16	8	-	-
11	基礎工学部	基礎工学部	11F (EPS/機械室)	5	△	1	12	4	-	-
12	文系	言語文化部	研究科棟 5F システム演習室	10	○	1	36	4	1 台	-
13	理学部	理学部	本館 2F B249 江尻研究室	5	△	1	4	8	-	-
14	理学部	理学部	F 棟 F116 電源室	10	○	1	32	-	2 台	-
15	情教 (豊中)	情報処理教育センター	3F 主計算機室	10	○	1	24	4	1 台	-
16	微生物病研究所	微生物病研究所	本館 2F ネットワーク室	5	○	1	20	-	1 台	-
17	核物理	核物理研究センター	サイクロトロン棟 3F	10	○	1	20	16	1 台	-
18	歯学部	歯学部	附属病院本館 3F 文庫室	5	○	1	20	4	1 台	-
19	工学部電気系	工学部	電気系 F 棟 2F 情報処理演習準備室	10	○	1	44	4	2 台	-
20	工学部電気系	工学部	電気系 C 棟 3F 白川研究室 E3-314	5	△	1	12	4	-	-
21	工学部電気系	工学部	超高温研究施設実験棟 2F 計算機室	5	△	1	12	4	-	-
22	工学部機械系	工学部	機械系 D 棟 3F 電算機室	10	○	1	40	4	2 台	-
23	工学部機械系	工学部	建設系 A 棟 2F 図書室	5	△	1	12	4	-	-
24	工学部機械系	工学部	化学系 C 棟 1F 印刷セミナー室	5	△	1	12	4	-	-
25	医学部	医学部	共同研究棟 8F 文書処理室	10	○	1	28	4	1 台	-
26	医学部	人間科学部	1F マルチメディア開発室	10	△	1	24	16	-	-
27	レーザー核融合	レーザー核融合研究センター	研究棟 4F 計測器室	10	○	1	12	4	1 台	-
28	情教 (吹田)	情報処理教育センター	2F 計算機室	5	○	1	24	-	1 台	-
						73	536	108	18台	3台

表1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧

2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(5) ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 で規定されている 156Mbps UTP 回線インターフェイスを、交換容量 10Gbps の交換機で最大 64 回線、5Gbps の交換機で最大 32 回線集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する回線数以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続できること。

2. 伝送方式は、STS-3 であること。

(6) ポイント-ポイント接続で同時接続可能な回線数が、各々の装置あたり、固定接続 (PVC) で 1,000 回線以上、可変接続 (SVC) で 1,000 回線以上、それぞれ同時に接続が可能であること。

(7) ポイント-マルチポイント接続で同時接続可能な回線数が、エンド・ポイントにおいて、各々の装置あたり、固定接続 (PVC) で 1,000 回線以上、可変接続 (SVC) で 1,000 回線以上、それぞれ同時に接続が可能であること。

(8) 呼接続設定 (シグナリング) 方式は、ITU-T で規定されている Q.2931 に対応していること。さらに、ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に対応していること。UNI 3.0 および 3.1 の両方のバージョンに対応し、かつポートごとまたは回線パッケージごとにいずれかを選択可能な場合は、

総合評価において加点の対象とする。

(9) RFC 1755 に規定されている IP over ATM における呼接続設定方式により、ODINS が現有する NEC 社製 IP45/650 ATM ルータと相互運用が可能であること。

(10) 網内の交換機またはネットワーク管理ステーションで設定を行うことにより、網内の交換機の任意のポートから、網内の他の交換機の任意のポートへ自動的に固定接続 (PVC) 回線を設定する機能 (Soft PVCC 機能) を有すること。

(11) ATM アドレス形式は、ATM Forum プライベート・アドレス形式の NSAP/DCC 形式に対応可能なこと。ITU-T で規定されている E.164 形式にも対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(12) 交換機間経路制御方式は、ATM Forum IISP および P-NNI Phase 1 に対応していること。

(13) 通信品質保証制御方式は、ATM Forum で規定されている CBR、VBR、UBR の各品質クラスに基づくセル転送制御機能を有すること。ABR にも対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(14) EFCI によるフロー制御機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。

(15) VC ごとに UPC を設定可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) ATM Forum LAN Emulation Version 1 で規定される LAN Emulation サーバ機能 (LECS, LES および BUS) に対応可能であり、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する交換機にはその機能を実装すること。ただし、この場合は、交換処理動作そのものや処理能力に影響を与えてはならない。

(17) ATM-ARP サーバ機能または NHRP サーバ機能に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。この場合は、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する交換機にはその機能を実装すること。ただし、この場合は、交換処理動作そのものや処理能力に影響を与えなてはならない。

(18) 同期信号を発生させて、網内の交換機に同期信号を送出可能なこと。

(19) 他の網からの同期信号と同期可能なこと。また、その同期信号を網内の交換機に送出可能なこと。複数の網からの同期信号を選択可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(20) ODINS が現有する 2 台の NEC 社製 ATOMIS-7/64 と 4 台の NEC 社製 ATOMIS-5 との間で、(7) から (10) までの呼接続設定方式、交換機間経路制御方式、通信品質保証制御方式、網同期方式において相互運用性を有すること。

(21) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(22) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(23) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(24) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(25) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(26) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(27) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(28) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。

2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(29) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(30) RFC 1695 で規定されている AToM MIB または公開可能な MIB により、ネットワーク管理ステーションから設定が可能であること。また、網の状況、回線容量、回線利用率、通信品質をネットワーク管理ステーションでモニタし、ログを残すことが可能であること。

(31) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 に規定されている ILMI MIB に対応していること。

(32) インチ・ラックに設置可能であること。

(33) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(34) 消費電力は 1.2KVA 以内であること。

(35) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

(36) 異常時にネットワーク管理ステーションに通知可能なこと。許容範囲を越える温度異常時に自動的にシャットダウンすることができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(37) 電源部、制御プロセッサ部、スイッチ・ファブリック部および回線パッケージは、活線挿抜により保守が可能であること。

(38) 電源部、制御プロセッサ部およびスイッチ・ファブリック部は、二重化構成をとることが可能であり、別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する交換機は二重化構成とすること。それ以外の交換機も二重化構成である場合は、総合評価において加点の対象とする。

(39) 二重化構成とした場合、障害発生時および保守交換時に、システムの運用を停止させたり、交換能力を低下させることなく自動的に切り替わる構造である場合は、総合評価において加点の対象とする。

4.2. ATM ルータ (既存アップグレード)

[35 台]

別表 (表-1: クラスター・ノード Type-A の設置場所および収容機器の一覧) で指定する ODINS が現有する 34 台の NEC 社製 IP45/650 ATM/FDDI ルータを以下の要件を満たすようにアップグレードし、ATM-Multimedia スイッチング・ハブ、および ATM-Ethernet スイッチング・ハブに対し、LAN Emulation のサーバ機能を提供し、かつ、LAN Emulation によって構成される ELAN (Emulated LAN) 上の IP サブネットと IP over ATM によって構成される LIS (Logical IP Subnet) 間を相互に経路制御およびパケット交換が可能な装置とすること。

(1) 156Mbps ATM 回線インターフェイスを 1 回線有すること。

(2) パケット処理能力は、100,000 パケット／秒以上であること。

(3) IP over ATM によって構成される 4 個以上の LIS 間を相互にルーティング可能であること。

(4) ATM Forum LAN Emulation Version 1 に規定された LAN Emulation サーバ機能 (LECS, LES, BUS) および LAN Emulation クライアント機能 (LEC) を持ち、LAN Emulation によって構成される 32 個以上の ELAN 間を相互にルーティング可能であること。

(5) LIS と ELAN 上の IP サブネット間および通常の LAN 上の IP サブネット間を相互に経路制御およびパケット交換が可能であること。

4.3. ATM ルータ (新規調達 Type-A)

[2 台]

IP over ATM および ATM Forum LAN Emulation Version 1 に規定された LAN Emulation 機能に対応し、IP over ATM によって構成される LIS (Logical IP Subnet)、LAN Emulation によって構成される ELAN (Emulated LAN) および既存の ODINS のネットワークを相互接続するためのルータ装置である。特に本装置で吹田キャンパスの LIS、豊中キャンパスの LIS および対外接続セグメントの相互接続を行う。さらに、N-ISDN 回線インターフェイスを持ち、キャンパス間の ATM 回線がダウンした場合のバックアップ機能も持つものとする。

(1) パケット処理能力は、250,000 パケット／秒以上であること。

(2) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps ATM 光回線インターフェイスを 2 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。

2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方

式 (OC-3c) を選択可能であること。

(3) N-ISDN 回線インターフェイスを 4 回以上線有し、以下の要件を満たすこと。

1. BRI (Basic Rate Interface) 回線交換モードをサポートしていること。 PRI (Primary Rate Interface) 回線交換モードにも対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。
2. 回線を接続する際に、外部に TA (Terminal Adapter) などの機器を必要としないこと。
3. 発呼および着呼制御が可能なこと。対向側 ISDN 番号による着呼の可否の設定が可能なこと。回線を切断したり、発呼が失敗した場合に、再接続しない期間を設定できる場合には、総合評価において加点の対象とする。さらに、特定のパケットによって自動発呼が発動しない設定が可能な場合も、総合評価において加点の対象とする。
4. 複数の B チャネルを束ねてバルク転送する機能、またはロード・シェアリングする機能を有すること。ただし、この機能を設定により禁止できなければならない。トラフィックに応じて動的に利用チャネルを増やす機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。
5. RFC 1144 に規定されている TCP ヘッダ圧縮が可能であること。また、パケット本体の圧縮機能が利用可能である場合には、総合評価において加点の対象とする。
6. B チャネルの発呼および着呼に際して、ネットワーク管理ステーションに通知可能であること。通信相手ごとに履歴を管理し、通信料金を概算する事が可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。また、コールバック機能が利用可能な場合も、総合評価において加点の対象とする。

(4) IP ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. IPv4 のデータグラムの転送を行うことができること。
2. クラスレスな経路制御を行うことができること。ここで、クラスレスな経路制御とは、IP データグラムの転送を経路テーブルを最長一致で検索したアドレスに転送できること、同じネットワーク番号のサブネットに対して任意のマスクを設定できること、および、サブネット部が全 bit 0 または全 bit 1 のアドレスが通常のサブネットとして扱うことができることを示す。
3. RFC 1058 に規定されている RIP (Routing Information Protocol) に対応していること。
4. RFC 1583 に規定されている OSPF (Open Shortest Path First) Version 2 に対応していること。特に、RFC 1583 の Appendix E.2 に示されているマスクの異なった同一宛先に対する LSA の生成および利用が可能でなければならない。MD5 による認証に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。
5. RFC 1771 に規定されている BGP4 に対応していること。
6. 上記の経路制御プロトコル相互間で経路の変換が可能なこと。さらに、メトリック、およびメトリック・タイプ・タグを設定することができること。また、RFC 1745 に規定されている方式にしたがって、BGP4 と OSPF との経路情報の変換が可能であること。
7. IP マルチキャストパケットの転送が可能であること。DVMRP/PIM/MOSPF のいずれかの IP マルチキャスト経路制御プロトコルをサポートしていること。
8. AppleTalk ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
9. AppleTalk パケットの転送を行うことができること。また、AppleTalk パケットを IP データグラムで搬送するトンネル機能を有すること。
10. RTMP をサポートしていること。
11. シード・ルータとしての機能を有すること。
12. DECnet Phase IV ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
13. DECnet Phase IV のパケットの転送を行うことができること。
14. 設定により、Level 1 ルータまたは Level 2 ルータのいずれとしても動作できること。
15. 指定した値より大きなエリア番号を持つアドレスについてルーティングを行わない設定が可能であること。

(5) 透過型ブリッジ機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. 指定した、あるいは指定されていないプロトコルのパケットをブリッジとして転送することが可能なこと。
2. 透過ブリッジ機能をサポートしていること。
3. 学習機能をサポートしていること。
4. IEEE 802.1d に規定されている Spanning-Tree を

サポートしていること。

(6) IP over ATM によって構成される 64 個以上の LIS 間を相互にルーティング可能であること。

(7) ATM Forum LAN Emulation Version 1 に規定された LAN Emulation サーバ機能 (LECS, LES, BUS) および LAN Emulation クライアント機能 (LEC) を持ち、LAN Emulation によって構成される 128 個以上の ELAN 間を相互にルーティング可能であること。

(8) LIS と ELAN 上の IP サブネット間および通常の LAN 上の IP サブネット間を相互に経路制御およびパケット交換が可能であること。

(9) ATM (B-ISDN) 基幹網が障害または保守により機能を停止したときに、自動的に N-ISDN へ IP の経路を迂回する機能を有すること。この際、TCP および UDP パケットを転送するポート番号を指定可能であること。また、ATM 基幹網が復旧したときは、速やかに IP の経路を ATM 基幹網に戻し、N-ISDN 回線を切断する機能を有すること。

(10) パケットの発信元アドレス、宛先アドレス、およびトランスポート層プロトコルやポート番号を指定して、パケットの転送を行わず、廃棄する設定が可能であること。廃棄されたパケットの情報をログとして残し、ネットワーク管理ステーションに警告する機能を有すること。

(11) IP ソース・ルーティング・オプション付きのパケットを、通常通り転送するか、廃棄するかを選択可能なこと。

(12) OSPF 経路制御プロトコルを利用した場合に、5,000 の LSA を取り扱うことのできるメモリが搭載されていること。

(13) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(14) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(15) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(17) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(18) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(19) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(20) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(21) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(22) RFC 1695 に規定されている AToM MIB と、ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に規定されている ILMI MIB に対応していること。

(23) インチ・ラックに設置可能であること。

(24) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(25) 消費電力は 1.6KVA 以内であること。

(26) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

(27) 電源ユニットが二重化されており、活線挿抜により保守が可能であること。

(28) 制御プロセッサ部が二重化されており、活線挿抜により保守が可能である場合は、総合評価において加点の対

象とする。

4.4. ATM ルータ (新規調達 Type-B)

[2 台]

IP over ATM および ATM Forum LAN Emulation Version 1 に規定された LAN Emulation 機能に対応し、IP over ATM によって構成される LIS (Logical IP Subnet)、LAN Emulation によって構成される ELAN (Emulated LAN) および既存の ODINS のネットワークを相互接続するためのルータ装置である。特に本装置で吹田キャンパスの LIS、豊中キャンパスの LIS の相互接続を行う。

(1) パケット処理能力は、250,000 パケット／秒以上であること。

(2) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps ATM 光回線インターフェイスを 1 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(3) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線インターフェイスを 1 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより DAS 方式および SAS 方式で接続可能なこと。
2. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
3. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
4. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(4) IP ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. IPv4 のデータグラムの転送を行うことができること。
2. クラスレスな経路制御を行うことができること。ここで、クラスレスな経路制御とは、IP データグラムの転送を経路テーブルを最長一致で検索したアドレスに転送できること、同じネットワーク番号のサブネットに対して任意のマスクを設定できること、および、サブネット部が全 bit 0 または全 bit 1 のアドレスが通常のサブネットとして扱うことができることを示す。
3. RFC 1058 に規定されている RIP (Routing Information Protocol) に対応していること。
4. RFC 1583 に規定されている OSPF (Open Shortest Path First) Version 2 に対応していること。特に、RFC 1583 の Appendix E.2 に示されているマスクの異なった同一宛先に対する LSA の生成および利用が可能でなければならない。MD5 による認証に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。
5. RFC 1771 に規定されている BGP4 に対応していること。
6. 上記の経路制御プロトコル相互間で経路の変換が可能なこと。さらに、メトリック、およびメトリック・タイプ・タグを設定することができること。また、RFC 1745 に規定されている方式にしたがって、BGP4 と OSPF との経路情報の変換が可能であること。
7. IP マルチキャストパケットの転送が可能であること。DVMRP/PIM/MOSPF のいずれかの IP マルチキャスト経路制御プロトコルをサポートしていること。
8. AppleTalk ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
9. AppleTalk パケットの転送を行うことができること。また、AppleTalk パケットを IP データグラムで搬送するトンネル機能を有すること。
10. RTMP をサポートしていること。
11. シード・ルータとしての機能を有すること。
12. DECnet Phase IV ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
13. DECnet Phase IV のパケットの転送を行うことができること。
14. 設定により、Level 1 ルータまたは Level 2 ルータのいずれとしても動作できること。
15. 指定した値より大きなエリア番号を持つアドレスについてルーティングを行わない設定が可能であること。

(5) 透過型ブリッジ機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. 指定した、あるいは指定されていないプロトコルのパケットをブリッジとして転送することが可能なこと。
2. 透過ブリッジ機能をサポートしていること。
3. 学習機能をサポートしていること。
4. IEEE 802.1d に規定されている Spanning-Tree をサポートしていること。

(6) IP over ATM によって構成される 16 個以上の LIS 間を相互にルーティング可能であること。

(7) ATM Forum LAN Emulation Version 1 に規定された LAN Emulation サーバ機能 (LECS, LES, BUS) および LAN Emulation クライアント機能 (LEC) を持ち、LAN Emulation によって構成される 64 個以上の ELAN 間を相互にルーティング可能であること。

(8) LIS と ELAN 上の IP サブネット間および通常の LAN 上の IP サブネット間を相互に経路制御およびパケット交換が可能であること。

(9) パケットの発信元アドレス、宛先アドレス、およびトランスポート層プロトコルやポート番号を指定して、パケットの転送を行わず、廃棄する設定が可能であること。廃棄されたパケットの情報をログとして残し、ネットワーク管理ステーションに警告する機能を有すること。

(10) IP ソース・ルーティング・オプション付きのパケットを、通常通り転送するか、廃棄するかを選択可能なこと。

(11) OSPF 経路制御プロトコルを利用した場合に、5,000 の LSA を取り扱うことのできるメモリが搭載されていること。

(12) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(13) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(14) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(15) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(16) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(17) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(18) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(19) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(20) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(21) RFC 1695 に規定されている AToM MIB と、ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に規定されている ILMI MIB に対応していること。

(22) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(23) インチ・ラックに設置可能であること。

(24) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(25) 消費電力は 1.6KVA 以内であること。

(26) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

4.5. ATM-Multimedia スイッチング・ハブ

[80 台]

ATM-Multimedia スイッチング・ハブは、さまざまな伝送媒体を集線し ATM 基幹網へ収容するための機器である。10Base-T/10Base-FL 、100Base-TX/100Base-FX さらに FDDI/CDDI といった伝送媒体に対応可能であり、すべてのポートを帯域占有型媒体として端末に提供可能でなくてはならない。また、ATM Forum LAN Emulation クライアント機能に対応し、新設する ATM 交換機と既設の ATM ルータと協調して仮想 LAN を構築可能でなくてはならない。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) 500Mbps 以上の処理能力を有するスイッチング・バックプレーンを持ち、パケット交換が可能なこと。ただし、異なる回線パッケージ間でパケット交換する際にスイッチング・バックプレーンを複数回通過する場合は、その通過回数を割って交換能力を評価するものとする。

(2) 基幹網の ATM 交換機と接続するために、ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps ATM 光回線インターフェイスを 1 回線以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(3) IEEE 802.3/Ethernet Version 2 に準拠した 10Base-T 回線を最大 64 回線以上集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-2: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成の一覧) で指定する回線数以上を有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
3. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(4) IEEE 802.3/Ethernet Version 2 に準拠した 10Base-FL 回線を最大 36 回線以上集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-2: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成の一覧) で指定する回線数以上を有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを ST コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
3. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(5) IEEE 802.3u に準拠した 100Base-TX 回線を最大 36 回線以上集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-2: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成の一覧) で指定する回線数以上を有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
2. MII コネクタを 2 回線以上有し、100Base-FX 回線を集線可能な場合は、総合評価に置いて加点の対象とする。
3. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
4. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。
5. 接続されるインターフェイスが 10Base-T または 100Base-TX 回線のいずれであるかを自動認識し両者を接続可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(6) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線を最大 3 回線以上集線可能であり、各々の装置は、別表 (表-2: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成の一覧) で指定する回線数以上を有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより DAS 方式および SAS 方式で接続可能なこと。
2. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
3. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
4. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定

して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(7) ATM Forum LAN Emulation Version 1 が規定する LAN Emulation クライアント機能を持ち、基幹網の ATM 交換機または ATM ルータが提供する LAN Emulation サーバ機能と協調可能なこと。

(8) LAN Emulation によって構築される仮想 LAN のクライアントとして 5,000 台以上を収容可能なこと。

(9) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(10) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(11) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(12) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(13) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

要求台数	ポート数				
	ATM	10Base-T	10Base-FL	100Base-TX	FDDI
1 台	1	72	-	-	-
1 台	1	48	12	-	-
10 台	1	48	-	12	-
6 台	1	48	-	-	1
41 台	1	24	12	12	-
1 台	1	24	12	-	1
9 台	1	24	-	12	1
3 台	1	-	24	12	-
2 台	1	-	12	24	-
4 台	1	-	12	12	1
2 台	1	-	-	36	-
合計 80 台					

表2: ATM-Multimedia スイッチング・ハブの構成の一覧

(14) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(15) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(17) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(18) RFC 1398 に規定されている Ethernet MIB に対応していること。

(19) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(20) RFC 1695 に規定されている AToM MIB と、ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に規定されている ILMI MIB に対応していること。

(21) インチ・ラックに設置可能であること。

(22) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(23) 消費電力は 1.2KVA 以内であること。

(24) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

(25) 電源装置が二重化可能であり、活線挿抜により保守が可能である場合は、総合評価において加点の対象とする。あらかじめ二重化されている場合は、総合評価において加点の対象とする。

(26) 制御プロセッサ部が二重化可能であり、活線挿抜により保守が可能である場合は、総合評価において加点の対象とする。あらかじめ二重化されている場合は、総合評価において加点の対象とする。

4.6. ATM-Ethernet スイッチング・ハブ

[103 台]

ATM-Ethernet スイッチング・ハブは、10Mbps Ethernet および 100Mbps Ethernet 回線を集線し ATM 基幹網へ収容するための機器である。すべてのポートを帯域占有型媒体として端末に提供可能でなくてはならない。また、ATM Forum LAN Emulation クライアント機能に対応し、新設する ATM 交換機と既設の ATM ルータと協調して仮想 LAN を構築可能でなくてはならない。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) 基幹網の ATM 交換機と接続するために、ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps ATM 光回線インターフェイスを 1 回線以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(2) IEEE 802.3/Ethernet Version 2 に準拠した 10Base-T 回線を 16 回線以上集線可能であること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
3. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(3) IEEE 802.3u に準拠した 100Base-TX 回線を 1 回線数以上集線可能であること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
3. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。
4. 接続されるインターフェイスが 10Base-T または 100Base-TX 回線のいずれであるかを自動認識し両者を接続可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(4) ATM Forum LAN Emulation Version 1 が規定する LAN Emulation クライアント機能を持ち、基幹網の ATM 交換機または ATM ルータが提供する LAN Emulation サーバ機能と協調可能なこと。

(5) LAN Emulation によって構築される仮想 LAN のクライアントとして 500 台以上を収容可能なこと。

(6) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(7) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(8) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(9) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(10) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(11) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(12) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(13) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(14) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(15) RFC 1398 に規定されている Ethernet MIB に対応していること。

(16) RFC 1695 に規定されている AToM MIB と、ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に規定されている ILMI MIB に対応していること。

(17) インチ・ラックに設置可能であること。

(18) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(19) 消費電力は 0.4KVA 以内であること。

(20) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

4.7. FDDI-Ethernet スイッチング・ハブ

[10 台]

FDDI-Ethernet スイッチング・ハブは、10Mbps Ethernet 回線を集線し ATM-Multimedia スイッチング・ハブの FDDI 回線へ収容するための機器である。すべてのポートを帯域占有型媒体として端末に提供可能でなくてはならない。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) パケット処理能力は、50,000 パケット／秒以上であること。

(2) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線インターフェイスを 1 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより DAS 方式、および、SAS 方式で接続可能なこと。
2. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
3. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
4. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(3) IEEE 802.3/Ethernet Version 2 に準拠した 10Base-T 回線を 16 回線以上集線可能であること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
3. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(4) FDDI と Ethernet との間の IP の最大データグラム長の違いを吸収するため、IP データグラムの細分化機能を持つこと。

(5) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。

(6) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(7) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(8) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(9) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合

は、総合評価において加点の対象とする。

(10) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(11) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。設定により、SNMP エージェント機能の動作を無効にできること。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(12) RFC 1398 に規定されている Ethernet MIB に対応していること。

(13) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(14) インチ・ラックに設置可能であること。

(15) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(16) 消費電力は 0.4KVA 以内であること。

(17) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

4.8. FDDI-FDDI コンセントレータ

[7 台]

FDDI コンセントレータは、FDDI 回線を集線し、ATM-Multimedia スイッチング・ハブの FDDI 回線へ収容するための機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) パケット処理能力は、50,000 パケット／秒以上であること。

(2) ISO 9314 規格に準拠した DAS 方式および SAS 方式の FDDI 回線インターフェイスを 1 回線、SAS 方式の FDDI 回線インターフェイスを 8 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. DAS 方式、SAS 方式とも、62.5/125 μ m GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより接続可能なこと。
2. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
3. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
4. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(3) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。

(4) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(5) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(6) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(7) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(8) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(9) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョ

ン 1 エージェント機能を持つこと。設定により、SNMP エージェント機能の動作を無効にできること。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(10) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(11) インチ・ラックに設置可能であること。

(12) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(13) 消費電力は 0.4KVA 以内であること。

(14) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

4.9. FDDI-CDDI コンセントレータ

[9 台]

FDDI コンセントレータは、CDDI 回線を集線し、ATM-Multimedia スイッチング・ハブの FDDI 回線へ収容するための機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) パケット処理能力は、50,000 パケット／秒以上であること。

(2) ISO 9314 規格に準拠した DAS 方式および SAS 方式の FDDI 回線インターフェイスを 1 回線、SAS 方式の FDDI 回線インターフェイスを 8 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. DAS 方式では、62.5/125 μ m GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより接続可能なこと。
2. SAS 方式では、UTP カテゴリー 5 ケーブルを、RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
3. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
4. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
5. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(3) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。

(4) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(5) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(6) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(7) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(8) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(9) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。設定により、SNMP エージェント機能の動作を無効にできること。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(10) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(11) インチ・ラックに設置可能であること。

(12) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(13) 消費電力は 0.4KVA 以内であること。

(14) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には

自動的に正常運転状態に戻ること。

4.10. Ethernet コンセントレータ

[443 台]

Ethernet コンセントレータは、10Base-T 回線を集線し、ATM-Multimedia スイッチング・ハブの 10Base-FL 回線へ収容するための機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。

(1) IEEE 802.3/Ethernet Version 2 に準拠した 10Base-FL 回線を 1 回線数以上を有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを ST コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。
3. 全二重通信に対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(2) IEEE 802.3/Ethernet Version 2 に準拠した 10Base-T 回線を 12 回線以上を集線可能であること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. UTP カテゴリー 5 ケーブルを RJ-45 コネクタにより接続可能なこと。
2. DIX 形式の Ethernet フレームの送受信が可能なこと。

(3) インチ・ラックに設置可能であること。

(4) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(5) 消費電力は 0.1KVA 以内であること。

(6) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

4.11. ネットワーク機器管理用ターミナル・サーバ

[41 台]

ネットワーク機器のコンソール・ポートを収容することにより、クラスター・ノードに収容される機器の遠隔管理を行うための接続性を提供するターミナル・サーバである。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。

(1) 各ポートは RS-232C あるいはそれと互換のインタフェースを通じて、非同期式 1.2Kbps、2.4Kbps、4.8Kbps、9.6Kbps、19.2Kbps および 38.4Kbps で接続することができること。

(2) ポート毎に、回線速度などを別個に設定可能であること。

(3) ポート構成は 1 台につき 8 ポート以上であること。

(4) ソフトウェア・フローコントロール、RTS-CTS によるハードウェア・フローコントロールおよびフローコントロールなしが選択できること。

(5) リモート・コンソール機能を有すること。

(6) 10Base-T のネットワーク・インターフェイスを有すること。

(7) Telnet または rlogin プロトコルによる遠隔ログインを受け入れ、各非同期ポートと無手順接続できること。

(8) インターネット・ドメイン・ネームサーバ参照機能を有すること。

(9) 自身の IP アドレスの設定、サブネットマスクの設定ならびに各種ルーティング機能を有すること。

(10) Syslog プロトコルにより、ネットワーク上の計算機に動作記録を送信し、記録することが可能であること。

(11) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(12) 単体での起動が可能であること。

(13) インチ・ラックに設置可能であること。

(14) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(15) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

4.12. ネットワーク機器設定用コンソール端末

[38 台]

ネットワーク機器設定用コンソール端末は、ATM ルータや ATM-Multimedia スイッチング・ハブおよび ATM-Ethernet スイッチング・ハブを GUI を使って設定するための端末機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) GUI (Graphical User Interface) により、ATM ルータ、ATM-Multimedia スイッチング・ハブおよび ATM-Ethernet スイッチングハブを設定可能なこと。

(2) 中央処理機器は、Intel 80486 DX2 66MHz 相当以上であること。

(3) 主記憶機器は、12Mbytes 以上であること。

(4) ハードディスク・ドライブ機器は、容量が OS や運用環境一式をインストールした後でも 200Mbytes 以上の空き領域を有すること。

(5) フロッピー・ディスク機器は、3.5 インチ媒体を扱うことのできる機器を 1 台を有すること。

(6) ネットワーク・インタフェースは、10Base-T であること。

(7) ディスプレイ機器は、モノクローム液晶で、640 × 480 ドット以上の解像度を有すること。

(8) キーボード機器は、ASCII 配列であること。

(9) ポインティング・デバイスは、マウス相当であること。

(10) OS は、Windows 3.1 相当であること。

(11) インチ・ラックに設置可能であること。

(12) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

4.13. ネットワーク管理ステーション

ネットワーク管理ステーションは、ATM 基幹ネットワークシステムを運用管理するために必要となる次の機器で構成される。

- ATM 網管理サーバ
- ネットワーク管理サーバ
- ネットワーク障害解析装置
- 光ケーブル用標準光源および光レベル測定器
- UTP カテゴリー 5 ケーブル測定器

ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

4.13.1. ATM 網管理サーバ

[2 台]

IP over ATM で構成される LIS (Logical IP Subnet) 上で、ATM-ARP または NHRP サーバ機能を提供する機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) RFC 1577 および 1755 に規定されている Classical IP over ATM に対応し、LIS (Logical IP Subnet) に対して ATM ARP サーバ機能を提供可能なこと。NHRP サーバ機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。

(2) 2,000 台の端末に対してサービス可能なこと。

(3) 128 の LIS を管理できること。

(4) 156Mbps ATM 回線インターフェイスを 1 回線以上、FDDI 回線インターフェイスを 1 回線以上、100Base-TX 回線インターフェイスを 1 回線以上有すること。

(5) 中央処理装置は、SPECint92 が 120 以上の Unix ワークステーションであること。

(6) 主記憶装置の容量は、64Mbytes 以上であること。

(7) ハードディスク・ドライブ装置は、容量が OS や運用環境一式をインストールした後でも 3Gbytes 以上の空き領域を有すること。

(8) フロッピー・ディスク装置は、3.5 インチ媒体を扱うことのできる装置を 1 台を有すること。

(9) CD-ROM 装置は、540MBytes／台の媒体を扱うことのできる装置を 1 台有すること。

(10) バックアップ装置として 2Gbytes／巻の媒体を扱うことのできる DAT 装置相当を 1 台有すること。

(11) ディスプレイ装置は、17 インチ・ビットマップ・ディスプレイ装置であり、解像度は 1024 × 768 以上で 1,600 万色表示可能であること。

(12) キーボード装置は、ASCII 配列であること。

(13) ポインティングデバイスは、マウス相当であること。

(14) OS は、Unix SVR4 相当であること。

(15) 無停電電源装置を備えていること。無停電電源装置からの停電通知を受け自動シャットダウンする機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) 保守性および管理を容易にするため、次項のネットワーク管理サーバと同一機種、同一構成であること。

4.13.2. ネットワーク管理サーバ

[2 台]

SNMP Version 1 または Version 2 に基づくネットワーク管理サーバであり、SNMP により ATM 交換機、ATM ルータ、ATM-Multimedia スイッチング・ハブ、ATM-Ethernet スイッチング・ハブの設定、監視および異常の通報および統計情報の収拾・解析が可能な装置である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) GUI (Graphical User Interface) により、ATM 交換機、ATM ルータ、ATM-Multimedia スイッチング・ハブ、ATM-Ethernet スイッチング・ハブの設定、監視および異常の通報および統計情報の収拾・解析が可能であること。

(2) ネットワークの構成を階層化して画面に表示可能であること。また、ネットワークに接続されたノードを自動的に発見し、構成マップを自動作画できること。

(3) ポート単位、パス単位、チャネル単位でのトラフィック情報を収拾でき、リアルタイムでグラフィック表示可能であること。同時に、要約をログファイルに保存可能であること。

(4) 156Mbps ATM 回線インターフェイスを 1 回線以上、FDDI 回線インターフェイスを 1 回線以上、100Base-TX 回線インターフェイスを 1 回線以上有すること。

(5) 中央処理装置は、SPECint92 が 120 以上の Unix ワークステーションであること。

(6) 主記憶装置の容量は、64Mbytes 以上であること。

(7) ハードディスク・ドライブ装置は、容量が OS や運用環境一式をインストールした後でも 3Gbytes 以上の空き領域を有すること。

(8) フロッピー・ディスク装置は、3.5 インチ媒体を扱うことのできる装置を 1 台を有すること。

(9) CD-ROM 装置は、540MBytes／台の媒体を扱うことのできる装置を 1 台有すること。

(10) バックアップ装置として 2Gbytes／巻の媒体を扱うことのできる DAT 装置相当を 1 台有すること。

(11) ディスプレイ装置は、17 インチ・ビットマップ・ディスプレイ装置であり、解像度は 1024 × 768 以上で 1,600 万色表示可能であること。

(12) キーボード装置は、ASCII 配列であること。

(13) ポインティングデバイスは、マウス相当であること。

(14) OS は、Unix SVR4 相当であること。

(15) 無停電電源装置を備えていること。無停電電源装置からの停電通知を受け自動シャットダウンする機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) 保守性および管理を容易にするため、前項の ATM 網管理サーバと同一機種、同一構成であること。

4.13.3. ネットワーク障害解析装置

[1 式]

ネットワークの障害解析を行い、その対策に用いる装置である。現有の機器および今回調達する機器に対応可能でなくてはならない。1 台の機器で対応できない場合には、複数台で対応してもよい。

(1) 156Mbps ATM、622Mbps ATM、FDDI、100Base-TX、10Base-T および 10Base-FL 回線上のトラフィックを監視することが可能であること。100Base-T4、100Base-FX や 100VG-AnyLAN 回線上のトラフィック監視が可能である場合には、総合評価において加点の対象とする。

(2) 表示にあたっては、グラフィック出力が可能なこと。

(3) 任意のセルまたはフレームを指定により取り込むことができること。

(4) 取り込んだデータについて統計的な解析が可能であること。

(5) ネットワークの状態の経過を監視できること。

(6) ネットワークを介した遠隔監視が可能な場合には、総合評価において加点の対象とする。

(7) TCP/IP ならびに DECnet Phase IV および Phase V、NetWare Version 3 および Version 4、AppleTalk Phase 1 および Phase 2 のパケットの解析が可能なこと。

(8) FDDI 回線インターフェイスは、マルチモード光ファイバの DAS 接続および SAS 接続に対応していること。CDDI による接続に対応可能な場合には、総合評価において加点の対象とする。SMT 機能を利用し、リアルタイムでイベントを表示可能なこと。GUI によるリング・モニタ機能を有すること。疑似 LAN トラフィックを発生させることができること。

(9) ATM 回線インターフェイスは、156Mbps マルチモード光ファイバおよび 622Mbps シングルモード光ファイバに対応し、それぞれ 2 回線ずつ有すること。ATM プロトコル・スタックの PMD レイヤから ATM/AAL レイヤまでのモニタ機能をサポートしていること。さらにその上位のプロトコルのモニタ機能に対応している場合には、総合評価において加点の対象とする。詳細なリアルタイム統計情報を表示できること。また、AAL1、AAL3/4 および AAL5 フレームの生成機能を有し、疑似 LAN トラフィックを発生させることができること。

4.13.4. 光ケーブル用標準光源および光レベル測定器

[1 式]

光ケーブルの障害解析を行い、その対策に用いる装置であ

る。装置は、光ケーブル用標準光源および光レベル測定器からなる。

(1) 光ケーブル用標準光源は、光ファイバ・ケーブルの損失測定、接続損失測定などの測定用光源であること。SC、FC、ST および MIC コネクタに対応可能なこと。

(2) 光レベル測定器は、光ファイバ・ケーブルから出射光パワーを測定することができ、上述した標準光源と組み合わせて光ファイバの損失測定、接続損失測定ができること。また、10Base-FL、FDDI および ATM 回線を持つ機器からの光源レベルを測定できること。 SC、FC、ST および MIC コネクタに対応可能なこと。

4.13.5. UTP カテゴリー 5 ケーブル測定器

[1 式]

UTP カテゴリー 5 ケーブルの障害解を行い、その対策に用いる装置である。次の項目に対する測定機能を有し、測定結果をグラフィクス表示できること。

(1) ワイヤー配線チェックおよび導通試験

(2) 近端漏話

(3) ケーブル長

(4) 直流抵抗

(5) 減衰

(6) 減衰ストローク比

(7) ノイズ

(8) 周波数特性

5. 教育研究支援システム・サーバ群に関する技術的要件

(省略)

6. 超高速バックボーンシステムに関する技術的要件

超高速バックボーンシステムは、大型計算機センターのスーパーコンピュータの HiPPI チャネルを中心に敷設される、1Gbps に近い通信帯域を提供可能なネットワークシステムである。今回は、スーパコンピュータ同士を HiPPI で直結するための HiPPI 交換機と、HiPPI インターフェイスを 156Mbps ATM 回線に変換するための HiPPI-ATM ルータ機器の調達を行う。ここではこれらの機器が有していなければならない機能について記す。

6.1. HiPPI 交換機

[2 台]

ANSI X3 T9.3 が規定している 800Mbps HiPPI 回線を 8 回線交換可能な装置であり、以下の要件を満たすこと。

(1) 対ツイステッド・ペア・ケーブルを 100 ピン・コネクタにより 6 回線接続できること。

(2) Serial HiPPI 規格のシングルモード光ファイバーを 2 回線接続できること。

6.2. HiPPI-ATM ルータ

[1 台]

ANSI X3 T9.3 が規定している HiPPI 回線インターフェイスを 156Mbps ATM および FDDI に交換可能なルータ装置であり、以下の要件を満たすこと。

(1) 800Mbps HiPPI 回線インターフェイス 1 回線以上持ち、50 対ツイステッド・ペア・ケーブルを 100 ピン・コネクタにより接続できること。

(2) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps ATM 光回線インターフェイスを 8 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。

2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(3) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線インターフェイスを 4 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより SAS 方式で接続可能なこと。

2. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 7.3 網管理プロトコルを有すること。

(4) 以上の回線パッケージが 16Gbps 以上のスイッチング容量を持つバックプレーンにクロスポイントで接続され、ノンブロッキングでパケット交換が可能であること。

(5) IP 経路制御プロトコルは、RIP および OSPF に対応していること。

7. 対外接続システムに関する技術的要件

対外接続システムは、ODINS を公衆網に接続し、基幹ネッ

トワークと公衆ネットワークとの接続性を提供するための装置群、および、ユーザが学外から ODINS を IP によりシームレスにアクセスするために必要となる装置群で構成される。

7.1. 学術情報センター ATM 網接続用 ATM 交換機

[1 台]

ODINS ATM ネットワークシステムを学術情報センター ATM 網に接続する上で必要となる ATM 交換機である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) 5Gbps 以上の交換容量を有すること。ここでいう交換容量とは、機器が提供可能なすべての回線における入力および出力に対して、ノンブロッキングでセル交換が可能な容量のことである。要求を超える容量を持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(2) 保守性を考慮して、第 1-1 項のクラスター・ノード用の交換機の各種回線パッケージおよび電源モジュール・ユニットと互換性があること。

(3) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 622Mbps 光回線インターフェイスを最大 8 回線集線可能であり、2 回線以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. シングルモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-4) と SONET 方式 (OC-12) を選択可能であること。

(4) ATM Forum UNI 3.0 および 3.1 で規定されている 156Mbps 光回線インターフェイスを、最大 32 回線集線可能であり、8 回線以上有すること。この際、以下の要件を満たすこと。

1. 回線のうち 4 回線は、62.5/125 μ m GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
2. 回線のうち 4 回線は、シングルモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
3. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(5) ポイント-ポイント接続で同時接続可能な回線数が、各々の装置あたり、固定接続 (PVC) で 1,000 回線以上、可変接続 (SVC) で 1,000 回線以上、それぞれ同時に接続が可能であること。

(6) ポイント-マルチポイント接続で同時接続可能な回線数が、エンド・ポイントにおいて、各々の装置あたり、固定接続 (PVC) で 1,000 回線以上、可変接続 (SVC) で 1,000 回線以上、それぞれ同時に接続が可能であること。

(7) 呼接続設定 (シグナリング) 方式は、ITU-T で規定されている Q.2931 に対応していること。さらに、ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に対応していること。UNI 3.0 および 3.1 の両方のバージョンに対応し、かつポートごとまたは回線パッケージごとにいずれかを選択可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(8) ATM アドレス形式は、ATM Forum プライベート・アドレス形式の NSAP/DCC 形式、および ITU-T で規定されている E.164 形式に対応可能であること。

(9) 交換機間経路制御方式は、ATM Forum IISP および P-NNI Phase 1 に対応していること。

(10) 通信品質保証制御方式は、ATM Forum で規定されている CBR、VBR、UBR の各品質クラスに基づくセル転送制御機能を有すること。ABR にも対応可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(11) EFCI によるフロー制御機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。

(12) VC ごとに UPC を設定可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(13) VP ごと、もしくはポートごとに送出セルの転送間隔を整列させる機能 (Shaping 機能) を有すること。

(14) 同期信号を発生させて、網内の交換機に同期信号を送出可能なこと。

(15) 他の網からの同期信号と同期可能なこと。また、その同期信号を網内の交換機に送出可能なこと。複数の網からの同期信号を選択可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) 警報伝送機能が、OAM セルを用いて実現できること。ループバック導通試験機能および品質測定機能が OAM セルを用いて実現できる場合は、総合評価において加点として評価する。

(17) ITU-T E.164 アドレス形式と、ATM Forum プライベート・アドレス形式を変換する関数および静的テーブルを持つことが可能であり、呼接続方式および交換機間経路制御方式を含めて、公衆 ATM 網用の交換機およびその網に接続される他組織の ATM Forum 準拠のプライベート網用 ATM 交換機との相互運用が可能であるこ

と。

(18) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(19) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(20) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(21) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(22) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(23) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(24) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(25) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(26) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(27) RFC 1695 で規定されている AToM MIB または公開可能な MIB により、ネットワーク管理ステーションから設定が可能であること。また、網の状況、回線容量、回線利用率、通信品質をネットワーク管理ステーションでモニタし、ログを残すことが可能であること。

(28) ATM Forum UNI 3.0 または 3.1 に規定されている ILMI MIB に対応していること。

(29) インチ・ラックに設置可能であること。

(30) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(31) 消費電力は 1.2KVA 以内であること。

(32) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

(33) 異常時にネットワーク管理ステーションに通知可能なこと。許容範囲を越える温度異常時に自動的にシャットダウンすることができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(34) 電源部、制御プロセッサ部、スイッチ・ファブリック部および回線パッケージは、活線挿抜により保守が可能であること。

(35) 電源部、制御プロセッサ部およびスイッチ・ファブリック部は、二重化構成であること。障害発生時および保守交換時に、システムの運用を停止させたり、交換能力を低下させることなく自動的に切り替わる構造である場合は、総合評価において加点の対象とする。

7.2. 対外接続用ルータ Type-A

[3 台]

対外接続のためのシリアル回線を収容するためのルータ機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) パケット処理能力は、100,000 パケット／秒以上であること。

(2) シリアル回線 (ITU-T V.35) インターフェイスを 16 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. 64Kbps および 128Kbps の低速専用線使用時には、RFC 1144 に規定されている TCP ヘッダ

圧縮が可能であること。また、パケット本体の圧縮機能が利用可能である場合には、総合評価において加点の対象とする。

(3) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線インターフェイスを 1 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより DAS 方式、または、SAS 方式で接続可能なこと。
2. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
3. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
4. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(4) IP ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. IPv4 のデータグラムの転送を行うことができること。
2. クラスレスな経路制御を行うことができること。ここで、クラスレスな経路制御とは、IP データグラムの転送を経路テーブルを最長一致で検索したアドレスに転送できること、同じネットワーク番号のサブネットに対して任意のマスクを設定できること、および、サブネット部が全 bit 0 または全 bit 1 のアドレスが通常のサブネットとして扱うことができることを示す。
3. RFC 1058 に規定されている RIP (Routing Information Protocol) に対応していること。
4. RFC 1583 に規定されている OSPF (Open Shortest Path First) Version 2 に対応していること。特に、RFC 1583 の Appendix E.2 に示されているマスクの異なった同一宛先に対する LSA の生成および利用が可能でなければならない。MD5 による認証に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。
5. RFC 1771 に規定されている BGP4 に対応していること。
6. 上記の経路制御プロトコル相互間で経路の変換が可能なこと。さらに、メトリック、およびメトリック・タイプ・タグを設定することができること。また、RFC 1745 に規定されている方式にしたがって、BGP4 と OSPF との経路情報の変換が可能であること。
7. IP マルチキャストパケットの転送が可能であること。DVMRP/PIM/MOSPF のいずれかの IP マルチキャスト経路制御プロトコルをサポートしていること。
8. AppleTalk ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
9. AppleTalk パケットの転送を行うことができること。また、AppleTalk パケットを IP データグラムで搬送するトンネル機能を有すること。
10. RTMP をサポートしていること。
11. シード・ルータとしての機能を有すること。
12. DECnet Phase IV ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
13. DECnet Phase IV のパケットの転送を行うことができること。
14. 設定により、Level 1 ルータまたは Level 2 ルータのいずれとしても動作できること。
15. 指定した値より大きなエリア番号を持つアドレスについてルーティングを行わない設定が可能であること。

(5) 透過型ブリッジ機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. 指定した、あるいは指定されていないプロトコルのパケットをブリッジとして転送することが可能なこと。
2. 透過ブリッジ機能をサポートしていること。
3. 学習機能をサポートしていること。
4. IEEE 802.1d に規定されている Spanning-Tree をサポートしていること。

(6) パケットの発信元アドレス、宛先アドレス、およびトランスポート層プロトコルやポート番号を指定して、パケットの転送を行わず、廃棄する設定が可能であること。廃棄されたパケットの情報をログとして残し、ネットワーク管理ステーションに警告する機能を有すること。

(7) IP ソース・ルーティング・オプション付きのパケットを、通常通り転送するか、廃棄するかを選択可能なこと。

(8) OSPF 経路制御プロトコルを利用した場合に、5,000 の LSA を取り扱うことのできるメモリが搭載されていること。

(9) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後数年間に予想さ

れるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(10) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(11) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(12) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(13) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(14) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(15) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(16) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(17) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(18) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(19) インチ・ラックに設置可能であること。

(20) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(21) 消費電力は 1.2KVA 以内であること。

(22) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

7.3. 対外接続用ルータ Type-B

[1 台]

対外接続のためのルータ機器を ODINS 基幹網に収容するためのルータ機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) パケット処理能力は、100,000 パケット／秒以上であること。

(2) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線インターフェイスを 2 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより DAS 方式、または、SAS 方式で接続可能なこと。
2. トークン周回時間監視タイマー (TRT) を 4ms から 5ms の範囲で設定可能なこと。有効伝送監視タイマー (TVX) を 2.5ms から 10ms の範囲で設定可能なこと。
3. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 6.3 以降の網管理プロトコルを有すること。Version 7.3 の SMT を有している場合には、総合評価において加点の対象とする。
4. IP における通信方式は、RFC 1188 に従うものでなければならない。MTU を 4,500 オクテットに設定することが可能であること。それ以下の値に設定して運用する機能も持つ場合は、総合評価において加点の対象とする。

(3) IP ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. IPv4 のデータグラムの転送を行うことができること。
2. クラスレスな経路制御を行うことができること。ここで、クラスレスな経路制御とは、IP データグラムの転送を経路テーブルを最長一致で検索したアドレスに転送できること、同じネットワーク番号のサブネットに対して任意のマスクを設定できること、および、サブネット部が全 bit 0 または全 bit 1 のアドレス

が通常のサブネットとして扱うことができることを示す。

3. RFC 1058 に規定されている RIP (Routing Information Protocol) に対応していること。
4. RFC 1583 に規定されている OSPF (Open Shortest Path First) Version 2 に対応していること。特に、RFC 1583 の Appendix E.2 に示されているマスクの異なった同一宛先に対する LSA の生成および利用が可能でなければならない。MD5 による認証に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。
5. RFC 1771 に規定されている BGP4 に対応していること。
6. 上記の経路制御プロトコル相互間で経路の変換が可能なこと。さらに、メトリック、およびメトリック・タイプ・タグを設定することができること。また、RFC 1745 に規定されている方式にしたがって、BGP4 と OSPF との経路情報の変換が可能であること。
7. IP マルチキャストパケットの転送が可能であること。DVMRP/PIM/MOSPF のいずれかの IP マルチキャスト経路制御プロトコルをサポートしていること。
8. AppleTalk ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
9. AppleTalk パケットの転送を行うことができること。また、AppleTalk パケットを IP データグラムで搬送するトンネル機能を有すること。
10. RTMP をサポートしていること。
11. シード・ルータとしての機能を有すること。
12. DECnet Phase IV ルーティング機能を有し、以下の要件を満たすこと。
13. DECnet Phase IV のパケットの転送を行うことができること。
14. 設定により、Level 1 ルータまたは Level 2 ルータのいずれとしても動作できること。
15. 指定した値より大きなエリア番号を持つアドレスについてルーティングを行わない設定が可能であること。

(4) 透過型ブリッジ機能を有し、以下の要件を満たすこと。

1. 指定した、あるいは指定されていないプロトコルのパケットをブリッジとして転送することが可能なこと。
2. 透過ブリッジ機能をサポートしていること。
3. 学習機能をサポートしていること。
4. IEEE 802.1d に規定されている Spanning-Tree をサポートしていること。

(5) パケットの発信元アドレス、宛先アドレス、およびトランスポート層プロトコルやポート番号を指定して、パケットの転送を行わず、廃棄する設定が可能であること。廃棄されたパケットの情報をログとして残し、ネットワーク管理ステーションに警告する機能を有すること。

(6) IP ソース・ルーティング・オプション付きのパケットを、通常通り転送するか、廃棄するかを選択可能なこと。

(7) OSPF 経路制御プロトコルを利用した場合に、5,000 の LSA を取り扱うことのできるメモリが搭載されていること。

(8) 機器の基本ソフトウェアや構成情報は、フラッシュ RAM かバッテリ・バックアップ RAM に格納され、5 年間は揮発しないこと。RAM の容量は、今後 5 年間に予想されるリリースのソフトウェアを格納することができるだけの容量を有していること。RAM がカード型で交換可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(9) 機器のソフトウェアは、遠隔操作によりネットワーク管理ステーションから更新が可能なこと。

(10) 機器の構成情報をネットワーク経由でネットワーク管理ステーションにアップロードし保存することができること。また必要に応じてダウンロードが可能であること。ネットワーク管理ステーションに保存される情報が、可読ファイルであるか、可読ファイルでない場合はファイルをブラウズするプログラムが提供される場合は、総合評価において加点の対象とする。

(11) 機器を再起動することなく、運用状態のままで設定の変更点が反映されること。

(12) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(13) 9,600bps の速度の RS-232C 相当の回線インターフェイスを有し、画面制御機能のないコンソール端末を接続してすべての設定を行うことができる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(14) Telnet プロトコルによって機器に遠隔接続し、画面制御機能のない仮想端末を接続してすべての設定作業が可能であること。そのとき、指定した IP アドレスからの接続要求のみアクセスを許容し、それ以外のアクセス要求は拒絶できる場合は、総合評価において加点の対象とする。そのとき、IP アドレスを 4 つ以上登録できること。IP

アドレスを列挙するだけでなく、アドレスとマスクの組で表現できる場合、さらに、それを 4 つ以上登録できる場合は、総合評価において加点の対象とする。

(15) 機器に接続しアクセスする際に、パスワードによる認証機能があること。設定変更を行う際に、次のいずれかの要件を満たすこと。

1. 設定変更を行う際に別なパスワードを要求すること。
2. ユーザ名とパスワードの組を管理することができ、特定のユーザのみに設定変更を許すことができること。

(16) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(17) RFC 1512 に規定されている FDDI MIB に対応していること。

(18) インチ・ラックに設置可能であること。

(19) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(20) 消費電力は 1.2KVA 以内であること。

(21) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

(22) 電源ユニットが二重化されていること。

7.4. 対外接続用ルータ Type-C

[1 台]

対外接続のためのルータ機器を前項のルータを経由して ODINS ATM 基幹ネットワークシステムに収容するためのルータ機器である。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。

(1) 156Mbps ATM 光回線インターフェイスを 2 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバーを Duplex SC コネクタにより接続できること。
2. 伝送方式は、SDH 方式 (STM-1) と SONET 方式 (OC-3c) を選択可能であること。

(2) ISO 9314 規格に準拠した FDDI 回線インターフェイスを 16 回線以上有し、以下の要件を満たすこと。

1. GI マルチモード光ファイバを、MIC コネクタにより SAS 方式で接続可能なこと。
2. ANSI X3 T9.5 が規定している SMT Version 7.3 網管理プロトコルを有すること。

(3) 以上の回線パッケージが 16Gbps 以上のスイッチング容量を持つバックプレーンにクロスポイントで接続され、ノンブロッキングでパケット交換が可能であること。

(4) IP 経路制御プロトコルは、RIP および OSPF に対応していること。

7.5. 外部通信システム

ターミナル・サーバとモデムからなる。これらは、一体型 (単一筐体にターミナル・サーバ機能とモデム機能を備える) でも、個別機器でも良い。ここではこの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

7.5.1. 外部通信用ターミナル・サーバ

[3 台]

公衆回線用モデムを収容するためのターミナル・サーバであり、以下の機能を有すること。

(1) 各ポートに V.24 あるいは RS-423 インタフェースを通じて、非同期式 38.4Kbps、19.2Kbps および 9.6Kbps で同時に接続することができること。

(2) ポート構成は 1 台につき 8 ポート以上であること。

(3) ソフトウェア・フローコントロール、RTS-CTS によるハードウェア・フローコントロールおよび、フローコントロールなしが選択できること。

(4) モデムの DCD 断により自動的にセッションを切断する機能を有すること。

(5) セッション切断時に DTR を一時的にオフとする機能を有すること。ポート毎に発信/着信、回線速度などを別個に設定可能であること。

(6) すべてのポートで同時に 2,800 Byte/sec 以上のスループットで全二重通信を行える性能を持つこと。

(7) リモート・コンソール機能を有するものであること。

(8) IEEE 802.3 規格に適合する 10Base 5、10Base 2 あるいは 10Base-T の支線ネットワークと接続が可能であること。

(9) IP プロトコルを扱うこと。

(10) インターネット・ドメインネーム・サーバ参照機能を有するものであること。

(11) 自身の IP アドレスの設定、サブネットマスクの設定ならびに各種ルーティング機能を有すること。

(12) Telnet または rlogin プロトコルによる遠隔ログインが可能であること。

(13) SLIP、CSLIP および PPP が利用可能であること。

(14) 速度および着信発信の別、SLIP、PPP 使用の有無等をポート毎に設定できること。

(15) Telnet あるいは rlogin プロトコルで使用中は、送受信するデータに関して、完全な透過性を有するように設定する機能を持つこと。

(16) PPP で使用中のポートおよび Ethernet ポートに対して、IP データグラムのフィルタリング機能を有すること。

(17) IP 経路制御の設定が、ポート毎に独立して行えること。

(18) パスワードによる管理作業者の認証機能を有すること。

(19) パスワードによるユーザの認証機能を有すること。ユーザ認証情報は、ネットワーク上のサーバ・ホストで管理可能であり、10,000 人以上の利用者が登録可能であること。

(20) Syslog プロトコルにより、ネットワーク上の計算機に動作記録を送信し、記録することが可能であること。

(21) RFC 1155、1156、1157 に規定された、SNMP バージョン 1 エージェント機能を持つこと。RFC 1213 に規定された SNMP MIB-II に対応している場合は、総合評価において加点の対象とする。

(22) 機器のホスト・インターフェイスの MAC アドレスはグローバル管理方式とし、IEEE による企業番号と製品毎の製品番号による世界中で一意的に定まるものを ROM で保持すること。

(23) 単体での起動が可能であること。

(24) インチ・ラックに設置可能であること。

(25) 電源は、単相 100V の商用電源を使用すること。

(26) 停電によりその機能が停止した場合、電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

7.5.2. 公衆回線用 V.34 モデム

[24 台]

公衆回線を用いて、ターミナル・サーバと接続するためのモデムであり、以下の機能を有すること。

(1) 公衆電話回線に接続すること。

(2) 非同期全二重および同期全二重で通信できること。

(3) ターミナル・サーバと接続し、接続速度として少なくとも 1.2Kbps、2.4Kbps、 4.8Kbps、9.6Kbps、19.2Kbps および 38.4Kbps が可能であること。

(4) ソフトウェア・フローコントロール、RTS-CTS によるハードウェア・フローコントロールおよび、フローコントロールなしが選択できること。

(5) 通信規格として V.22bis,、V.32bis および V.34 を満たし、データ圧縮の規格として V.42bis および MNP5 を満足すること。

(6) 被呼側として用いた場合には、発呼側のモデムの用いる通信規格を自動識別して対応すること。

(7) いずれの通信規格での接続においてもインターフェース速度を固定して運用することが可能であること。

(8) エコーバックを停止する機能を有すること。

(9) 着信動作中に、ターミナル・サーバからの文字入力で着信を中断しないこと。

(10) 必要な設定をすべて保持する不揮発性メモリを有すること。

(11) DTR 断により、オフフックおよび不揮発性メモリを参照して再初期化を行う機能を有すること。

(12) 自動着信運用時においても、DTR 断の期間は自動着信動作を停止すること。

(13) 送受信するデータに関して、完全な透過性を有すること。

(14) 無通信時間による自動回線切断機能を持つこと。

(15) 停電によりその機能が停止した場合，電源復旧時には自動的に正常運転状態に戻ること。

(16) 終日無人運転ができること。

7.6. 外部通信用ネットワーク・サーバ

[1 式]

外部通信に関して ODINS 利用者に様々なサービスを提供するためのサーバである。外部通信用ネットワーク・サーバの機器構成は以下の通りである。

- ●中央処理装置
- ●ハードディスク装置
- ●高性能高信頼性ディスク・システム
- ●バックアップ記録装置
- ●CD-ROM 装置

●コンソールディスプレイ装置

●無停電電源装置

●冗長電源装置

●ネットワーク・インターフェース

ここではこれらの機器が有していなければならない機能について記す。また、機能を有していれば総合評価において加点の対象とする機能についても記す。

(1) 中央処理装置は、200MIPS 以上、あるいは SPECint92 値が 120 以上の処理能力を有すること。

(2) 主記憶容量は 512MBytes 以上を有すること。

(3) ハードディスク装置は、本サーバ自身の稼働のためのものであり、オペレーティング・システムを格納するため用いる。以下の要件を満たすこと。

1. オペレーティングシステム一式を導入したとき、1GBytes 以上の空き容量を有すること。

2. SCSI-2 あるいはそれと同等以上のインターフェースで接続し、4MBytes／秒以上の連続転送速度を有すること。また、ファイルの読み書き速度に関しては 3MBytes／秒以上であること。

(4) 高性能高信頼性ディスク・システムは、ODINS ネットワークを通じて，多数の利用者に NFS で提供するためのものである。以下の要件を満たすこと。

1. 50GBytes 以上のファイル容量を有すること。ここでいうファイル容量とは、NFS ファイルサーバとして働かせたときに、NFS クライアントが利用可能なファイル領域の大きさとする。全容量を一つの論理ボリュームとして参照可能な機能を有する場合は、総合評価において加点の対象とする。

2. 性能を向上させかつ信頼性や対故障性を高めるために、本ディスク・システムは RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) レベル 5 あるいは同等以上の機能を持つこと。

3. 本ディスク・システムを構成する磁気ディスク機器のうち 1 台が故障した際に、データの喪失などファイル・サーバ機能の障害が起こらないこと。本ディスク・システムを構成する磁気ディスク機器は、本機の機能を停止すること無く交換修理が可能であること。

(5) バックアップ記録装置は、高性能高信頼性ディスク・システムの全容量を 1 回の操作で自動的にバックアップする機能および容量を持つこと。データ書き込み速度は 3GBytes／時以上であること。

(6) CD-ROM 装置は、540MBytes の容量を有する ISO 9660 形式の CD-ROM 媒体に対応すること。データ読み取り速度は、300KBytes／秒以上であること。

(7) コンソール・ディスプレイ装置として、ビットマップ・ディスプレイ、マウスおよびキーボードを有すること。マウスは 3 ボタン型であること。ディスプレイ装置はカラーで、17 インチ以上の画面サイズを持ち、1280 x 1024 ドット以上の解像度で利用可能であり、色表示能力としては 1600 万色中 256 色同時発色あるいはそれ以上の性能を持つこと。

(8) 無停電電源装置は、停電時に 10 分間以上稼働可能な容量を持つ無停電電源機器を備えること。また、停電時に自動的にシャットダウンを行い計算機の電源を切る機能を有すること。

(9) タイマーにより、指定した時間に自動的にシステムを起動する機能を備える場合は、総合評価において加点の対象とする。

(10) 通常の電源機器に障害が発生した場合でも、電源の供給に支障が無いよう、冗長電源装置を備えること。または、電源ユニットが二重化されており、無停電電源装置を二系統有すること。

(11) ネットワーク・インタフェースは、FDDI 回線インタフェースを 1 回線以上および ATM 回線インタフェースを 1 回線以上有し、ODINS に接続可能であること。

(12) オペレーティングシステムは、Uunix SVR4 相当、あるいは BSD 4.3 相当の OS を使用すること。

(13) ソフトウェア開発環境として、C コンパイラ、C++ コンパイラ、Fortran コンパイラおよびデバッガなどのソフトウェア開発環境を備えること。

(14) 外部通信用ネットワーク・サーバは、ネットワークニュース・サーバとしても使用される。そのため、INN Version 1.4 またはこれと同等以上の機能を持つネットワークニュース・サーバ・ソフトウェアを提供すること。提供するネットワークニュース・サーバ・ソフトウェアにおいて、1 日あたり 150,000 個以上の記事を受信し、高性能高信頼性ディスク・システム内に格納し、消去できること。

(15) パブリックドメイン・ソフトウェア(フリーソフトウェア)等を提供する場合には、落札業者が動作確認を行うこと。

(16) NFS ファイル・サーバとしての性能は、以下の要件を満たすこと。

1. 外部通信用ネットワーク・サーバは、多数の NFS クライアントからのアクセスを 1 台で処理する必要がある。よってかなりファイル・システムへの負荷が

かかるため、ディスクの入出力性能を向上させることの出来る機能を持っていること。なお、NFS サーバとして 3,000NFSIOPS 以上の性能を持つこと。

2. NFS クライアント管理機能として、NFS クライアントのリストが与えられたとき、リスト中のクライアントに対してのみ NFS によるアクセスを許し、他からの NFS によるアクセスを禁止できること。リスト中の NFS クライアントの数が 1,000 台以上になってもこれを正しく扱えること。

3. NFS クライアントのリストは FQDN (Fully Qualified Domain Name) のリストの形で与えられるものとする。

8. 導入および運用保守支援体制について

(1) 全ての機器は据え付け調整を行い、必要な設定を完了し、全体が動作することを確認してから引き渡すこと。機器の据え付けは「機器設置条件」に示す通りに行うこと。

(2) 学術情報センターの運用する ATM 網との接続に際して、技術的支援ならびに協力を行うこと。

(3) 導入に際し、既設ネットワークから新規ネットワークへの移行に必要な行程を明確にすること。各行程につき、既存ネットワークの運用停止時間を 30 分以内とすること。

(4) 納入される機器の取扱い説明書および全ての機能について解説したマニュアルを、日本語または英語で各 3 部以上提供すること。CD-ROM によるオンライン媒体で提供可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(5) 導入機器の円滑な運用のために、機器のマニュアルとは別に、運用管理マニュアルを作成すること。その運用管理マニュアルを元に、管理者教育体制を用意すること。

(6) 教育支援システムの管理指導要員 (約 60 名) に対し操作・管理方法を教育すること。また、教育支援システムの利用者 (約 400 名) に対してもグループウェアの操作およびその他必要な事項の初級的な操作方法を教育すること。

(7) 本仕様の一部または全部を他社の製品で満たしている場合にも、応札者が責任をもってそれらの製品のマニュアルを提供し、保守を行うことができること。また、障害対処を大阪大学総合情報通信システム整備本部側で実施できるように、随時または要求に応じて資料を提供すること。

(8) 時間のハードウェア保守体制があること。また、ソフトウェアの障害に対しても 24 時間の遠隔保守体制がある場合は、総合評価において加点の対象とする。電子メールによる保守対応が可能な場合は、総合評価において加点の対象とする。

(9) 導入開始から 1 年以内に調達物品が故障した場合、障害の原因調査および修理を無償で行うこと。

(10) 調達物品に関する不具合の報告および最新ソフトウェアの提供を随時行うこと。

(11) 障害時において、平日昼間の時間帯 (9:00 ～ 17:00) において、障害の通知後、復旧のため 30 分以内に現場で対応できること。

9. 機器設置条件

(1) 本仕様書による調達物品の導入の時期と、別途本学で行うケーブル類の敷設工事が重なるので、コネクタの形状、スプライシング・ボックスまたはパッチパネルの有無等は未確定で変更されることがある。

(2) クラスター・ノードに収容される機器 (ATM 交換機、ATM ルータ、ATM-Multimedia スイッチング・ハブ、ATM-Ethernet スイッチング・ハブ、FDDI コンセントレータおよび Ethernet コンセントレータ) は、所定の箇所に置かれた 19 インチラックに設置すること。

(3) インチラック内に設けられるパッチパネルまでの配線は、機器の一部としてケーブルを用意する必要がある。パッチパネルのコネクタは SC である。

(4) クラスター・ノード用の無停電電源装置は別途調達するが、それ以外の機器の無停電電源装置は、調達の対象となる。

10. 補足事項

(1) 本仕様書における「IP over ATM」とは、RFC 1483 (Multiprotocol Encapsulation over AAL5)、RFC 1577 (Classical IP over ATM and ARP over ATM)、RFC 1626 (Default IP MTU for use over AAL5)、RFC 1755 (ATM Signaling Support for IP over ATM) に基づくものをいう。

(2) 本仕様書における「パケット処理能力」とは、Harvard 大学のルータ・テスト研究室におけるパフォーマンス測定方式、あるいはそれに準ずる方式によって、64bytes パケットを用いた際の装置本体の転送能力をいう。数値はパケット／秒 (pps) である。