



サイクル機構における高速ネットワークの構築

野崎 信久 青木 和久* 成田 信幾*¹

本社 技術展開部
*¹富士通株式会社

Introduction of a Super Speed Network in JNC

Nobuhisa NOSAKI Kazuhisa AOKI* Nobuiku NARITA*¹

Technology Management Division, Head Office
*¹ Fujitsu Limited

最近の情報通信技術の進展は著しく、コストパフォーマンスの優れた高速・広帯域ネットワークの構築が可能となってきている。このような現状より、サイクル機構においても、近年のネットワーク需要の増加に伴いローカルエリアネットワーク（LAN）及び広域ネットワーク（WAN）の高速化が望まれ、情報通信技術の動向と情報通信インフラの高度ニーズの把握を行い、第1段階として2000年度にコストパフォーマンスの優れたWANの高速化を完了した。

本稿では、サイクル機構ネットワークにおける、ランニングコスト低減及び高速化を目指して2000年度実施したWANの高速化に当たっての取組と対応を紹介する。

The construction of a super speed and broadband network with high cost performance is now possible through the recent remarkable development of information-communication technologies. Under such circumstances, the modification of LAN and WAN to the super speed network was required in accordance with the recent network demand in JNC.

The trend of the information-communication technologies and the needs of information-communication infrastructure were reviewed as the first step.

A modification of WAN to the super speed network with high cost performance was established in fiscal year 2000.

This paper introduces the work procedures and the modification of the WAN in order to acquire a reduction in the running cost and the super speed network in the fiscal year.

キーワード

高速ネットワーク、ローカルエリアネットワーク、ワイドエリアネットワーク、高速デジタル回線、ATM専用線、非同期転送方式、時分割多重方式、音声伝送、輻輳制御、メガリンク、マルチメディア

Super Speed Network, Local Area Network, Wide Area Network, High Super Digital, Asynchronous Transfer Mode, Synchronous Transfer Mode, Multi Media, ATM Mega Link, Virtual Private Network, Voice Over IP, Frame Relay



野崎 信久

情報システム室所属
副主任技術員
ネットワーク運用及び情報
化にかかわる業務に従事



青木 和久

情報システム室所属
副主任技術員
ネットワーク運用及びセキュ
リティ対策にかかわる業
務に従事



成田 信幾

富士通 株式会社 科学システム統
括部 R & Dシステム部所属
システムエンジニア
ネットワーク設計、構築、
運用支援にかかわる業務に
従事
ネットワークスペシャリス
ト

* 現在：宇宙開発事業団 衛星総合システム部 地球観測利用研究センター
Presently, Earth Observation Research Center, Office of Satellite Technology, National Space Development Agency of Japan.

1. はじめに

サイクル機構では、1993年度に本社、東海、大洗の各事業所に基幹LAN(FDDI)を整備し、1994年度に全事業所に対して広域ネットワークの構築、インターネットへの接続等、外部をも踏まえた情報通信網の整備を順次行ってきた。

しかしながら、昨今のインターネット利用、電子メールの普及、業務の電子化及び計算機データの増大、危機管理、情報公開等でネットワーク需要が高まり、ネットワークの高速化及び高速化に伴う回線費用の増大、又は回線の効率的利用等、多くの課題の解決のための検討に迫られることとなった。

情報システム室ではこれらの課題をクリアすべく、1998年度から急速に進展する通信技術動向及び情報通信インフラの高度ニーズの把握を行い、この課題への取組を進め、2000年度末にWANについては目的の多くを達成できた。

以下に取組と対応について紹介する。

2. 既存ネットワーク網の問題点

2.1 ネットワーク構成

サイクル機構ネットワーク網(図1)は、各事業所に高速デジタル多重化装置を導入し、事業所間をLAN間通信網・音声(内線電話)通信網・大型汎用計算機(ホスト)通信網を集約する高速デジタル回線で接続することにより経済性を考慮したネットワーク網を構築していた。

2.2 既存ネットワーク網での問題点

既存のネットワーク網は、当時の最新技術に基づき高速化・効率化を図っていたが、最近のネットワーク需要の増加に伴い以下のような新たな問題点が発生してきた。

(1) 回線利用の非効率

既存ネットワークで利用していた技術は高速デジタル多重化装置(TDM)による時分割多重方式であったため、複数のメディアの回線利用を効率的に利用できなかった(図2)。

すなわち、音声、LAN共に帯域固定で回線速度を割り付けるため、例えば音声回線を利用していない場合、その空き容量をもう一方のLANで活用することができなかった。

(2) 回線容量の不足

既存ネットワークで利用していた高速デジタル回線で、最大の回線容量は東海～大洗間の6Mbpsであった。

これは、通常的高速デジタル回線の最大の容量であり、増速するためには回線を複数契約する必要(例えば8Mbps必要であれば、6Mbps回線と3Mbps回線の2回線契約する)があり、経済的に非効率となる。

(3) 回線借用費用の増大

年々ネットワークの需要が増加する中、回線容量を増強することは回線費用の増大を招くので、ランニングコストの効率化を図る必要があった。なお、回線借用費用は毎月定額制である。

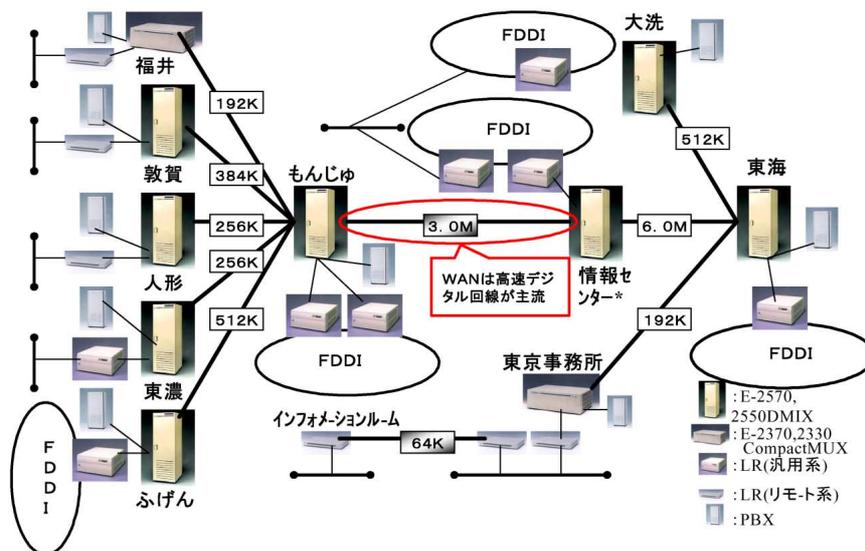


図1 変更前のネットワーク構成
*情報センター：大洗工学センターに設置

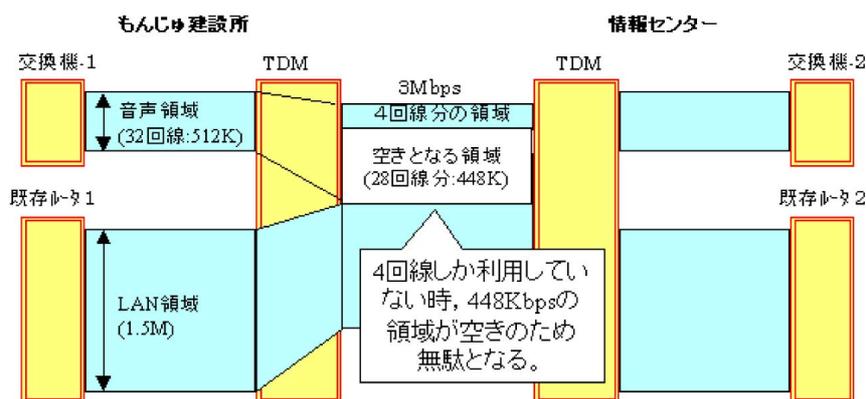


図2 回線利用の非効率

3. 今後のネットワークの必要要件

サイクル機構ネットワークの今後の需要予測を以下に示す。

新ネットワーク構築では、これら需要予測を加味し設計に反映する必要がある。

(1) 画像データ等の多量データ交換

情報化推進（イントラネット、業務処理のシステム化等）及び動画伝送や映像データ送受信により需要は年々高まってきており、トラフィック（通信量）は益々増加傾向にある。

既に危機管理の一環として、全社規模で運用しているテレビ会議システム（ISDN利用）のWAN取込を初めとしてストリーミング技術を利用したオンデマンド/ライブ放送等を展開予定である。さらに、緊急時には映像データ等を瞬時に事業所間で送受信できる等が必須となってきている。

これらについては、回線容量を増強することももちろん、一時的な負荷増大に対応できるように対応することとした。（7.1項参照）

(2) PHSローミング

緊急時に、相手が事業所を移動していても居場所を特定し、通話を可能とするPHSローミング機能は既にもんじゅ～大洗～東海間で運用しており、今後全事業所でも適用される計画であった。

PHSローミングでは、通話における転送のために1通話最大時4回線を利用するため、現在の回線数に新規4回線を増強することが必要となる。

また、PBX（交換機）との通信方式で現在アナログ方式を適用していた区間もデジタル方式に変更し、PHSローミングが可能な構成とすることとした。

(3) 瑞浪国際研究交流館の設立

2001年2月に東濃地区に瑞浪国際研究交流館が設立される予定であったことから、LAN/内線電話の利用が必須であった。

このため地域的に近く、連絡も密接となる東濃から専用線で接続し、これに対応することとした。

4. ネットワーク利用の現状

新たにサイクル機構ネットワークを構築するに当たっては、現状の利用状況及び需要を把握し回線容量などの設計に反映する必要がある。

4.1 ネットワークの利用状況

現状のユーザからの利用状況を把握するため、1998年度にアンケート方式によるニーズ調査を行った。

以下にその中で主だったものをまとめる。

(1) LAN間通信網の速度

表1に示すように、ほとんどの事業所で現状の速度では遅いと感じていることから、速度増強の要望があった。

(2) 音声通信網の回線数

表2に示すように、多くの事業所で音声回線増強の要望があった。

(3) ホスト通信網の速度

大型汎用機計算機システム独自のプロトコルで大型汎用計算機システムを利用しているのは1事業所のみであったが、速度は適当であるとの回答であった。現状ではLAN通信プロトコルであるTCP/IPでの利用がほとんどである。

(4) まとめ

LAN間通信網及び音声通信網については当初予測通り増強を求める声が高かった。

表1 ニーズ調査結果 (LAN)

事業所名	速度に対する調査結果			
	遅い	適当である	早過ぎる	その他
東海事業所	遅い	適当である	早過ぎる	その他
大洗工学センター	遅い	適当である	早過ぎる	その他
本社	遅い	適当である	早過ぎる	その他
もんじゅ建設所	遅い	適当である	早過ぎる	その他
ふげん発電所	遅い	適当である	早過ぎる	その他
東濃地科学センター	遅い	適当である	早過ぎる	その他
人形峠環境技術センター	遅い	適当である	早過ぎる	その他

ホスト通信網については、その役割の多くがLAN間通信網に移行していることから速度増強の要望はなかった。

4.2 ネットワークの需要状況

次にネットワーク需要状況を把握するため各メディアにおけるトラフィック測定を実施した。

トラフィック測定は1998年度と1999年度に実施したが、以下に1999年度に実施したLAN間通信網と音声通信網のトラフィック測定結果について概略を示す。

(1) LAN間通信網

[測定方法]

測定は各事業所間におけるLAN需要状況を把握するために、各事業所間における送受信トラフィックを30分に1回採取する方法で行った。

また、測定対象区間は全事業所間とした。

[測定結果]

結果は表3に示すとおりであり、網掛けした部分のように速度に対してトラフィックが80%（基準は5.1 分析基準の設定参照）を超えている区間があることが分かった（測定例を図3に示す）。

なお、100%を超える区間があるのは、採取したデータがルータによる圧縮前のデータであり、こ

表2 ニーズ調査結果 (音声)

送信側 \ 受信側	東海	大洗	本社	もんじゅ	ふげん	東濃	人形
東海事業所							
大洗工学センター							
本社							
もんじゅ建設所							
ふげん発電所							
東濃地科学センター							
人形峠環境技術センター							

：よく話中になると感じる事業所

表3 トラフィック測定結果 (LAN)

通信区間	現状速度 (Kbps)	平均 (%)	最大値 (%)
情報センター～もんじゅ建設所間	1536	10.65	16.61
情報センター～人形峠環境技術センター間	128	28.75	54.81
情報センター～東海事業所間	1536	24.14	36.45
情報センター～東京事務所間	64	39.22	98.66
もんじゅ建設所～ふげん発電所間	384	13.85	34.92
もんじゅ建設所～東濃地科学センター間	128	23.74	108.45
もんじゅ建設所～敦賀本部間	192	19.68	51.78
もんじゅ建設所～福井事務所間	64	15.71	87.91

：トラフィックの多い区間

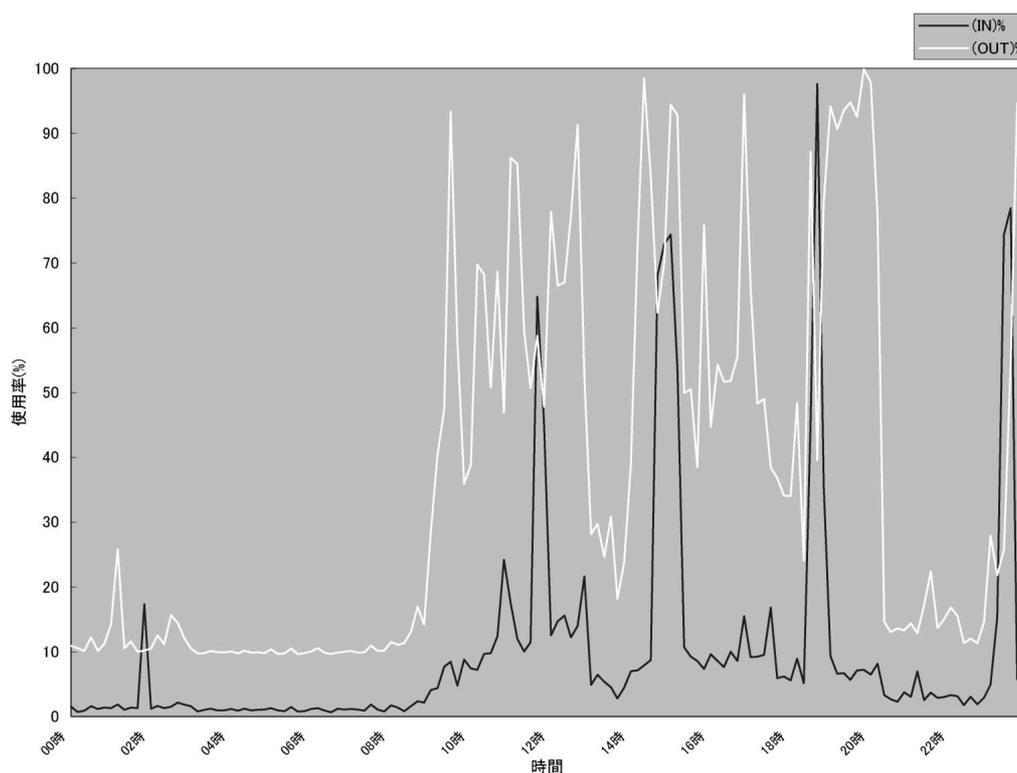


図3 トラフィック測定結果(例)

れを一定の利率（圧縮率60%）で補正したデータのためである。

(2) 音声通信網

[測定方法]

測定は各事業所電話交換機（PBX）の保守コンソールで発着信率等のログデータを1時間に1回採取する方法で行った。

また、測定対象区間は全事業所間とした。

[測定結果]

結果は表4に示すとおりであり、網掛けした部分のように呼損率が10%（基準は5.1 分析基準の設定参照）を超える区間があった。

5. 分析

5.1 分析基準の設定

トラフィック測定結果を基に必要箇所の増強を行う際、基準が必要となる。

そのため、LAN間通信網及び音声通信網について増強を検討する際の基準を設けた。

(1) LAN間通信網

表4 トラフィック測定結果（音声）

通信区間	現回線数	測定値 (erl)	予想呼損率 (%)
もんじゅ建設所～東海事業所間	16	4.80	0.01
もんじゅ建設所～大洗工学センター間	8	1.36	0.01
東海事業所～大洗工学センター間	8	4.83	8.46
もんじゅ建設所～福井事務所間	4	0.84	1.11
もんじゅ建設所～敦賀本部間	8	4.64	7.00
もんじゅ建設所～人形峠環境技術センター間	4	2.12	15.00
もんじゅ建設所～東濃地科学センター間	4	1.64	7.50
もんじゅ建設所～ふげん発電所間	4	2.08	15.00
東海事業所～東京事務所間	4	3.49	62.08

：トラフィックの多い区間

1日の平均トラフィック量が多い場合、一時的な高トラフィックを招きやすいため平均トラフィック量が多くならないように基準を50%とした。

また、LAN通信における遅延はルータ内の遅延に大きく依存し、これはM/M/1モデル*の待ち行列理論に準ずることから、平均遅延時間=平均パケット送信時間×トラフィック密度/(1-トラフィック密度)の算出結果より、最大トラフィックが80%を超える場合、極端に通信における遅延が大きくなることが証明されている。このような場合、通信が切断されたり業務に支障が出たりする可能性があるため、最大トラフィックが80%以下となるよう基準を設定した。

(2) 音声通信網

音声における待ち行列はM/M/mモデル*が適用される。このことから必要な音声回線数は最頻時呼量(erl)と基準としている呼損率(話中となる確率)からアーラン表を用いて算出される。

音声通信網における増強の判断基準は呼損率となり、これは推奨値に幅はあるものの統計的にエンド-エンドの通話において呼損率の25%前後を超えると利用者が話中が多いと感じる度合いが大きいか分かっており、これを基準とすることとした。

なお、サイクル機構では音声通信網で中継区間と端局区間があるため、エンド-エンドの通話の呼損率を25%以下とするため、中継区間を1%及び3%、端局区間を10%以下の呼損率に抑えることとした。

また、実際に測定できる呼量は最頻時呼量と異なるが、既存の回線数と測定値から予想される呼損率を算出し、最頻時呼量を導き出すこととした。

5.2 分析結果

トラフィックの測定結果と分析基準から増強が

必要な区間は一目で判明するが、これに5年後の将来需要予測を立て、将来的にも需要を満足するように設計することとした。

これについては1998年度に測定した結果と、1999年度に測定した結果から需要伸び率を算出し必要速度を算出した。

(1) LAN間通信網

1年間の平均伸び率は11.6%であり、LAN間通信網の需要増加がうかがえる。

(2) 音声通信網

1年間の平均伸び率は2.4%であり、音声通信に関しては需要の変動はほとんどない。

6. WAN伝送方式の比較

新にサイクル機構ネットワーク網を構築するに当たり、既存の最新技術でWAN伝送方式の比較検討を行った。

表5にその主なものを示す。

この結果、アクセス回線速度、伝送速度、経済性共に優れるATM伝送方式を採用することとした。

7. 問題点への対応

7.1 回線利用の効率化への対応

ATM伝送方式では、音声を全回線利用していない時にLANで転用することができる。また、音声を利用し始めるとLANは自動的にその通信速度を下げることも可能である。

つまり、回線の効率的利用ができることとなる。

なお、この輻輳制御の際の動作として通信方向に制御を通知するEFCI(順方向輻輳通知)については規格化されているが、通信の逆方向に制御を通知するEBCN(逆方向輻輳通知)についてはメーカーの独自機能を利用しており、ATM装置とそれに接続するルータのメーカーは統一することとし

*待ち行列理論では、サービス要求の発生時間間隔、サービス時間及び窓口数に着目して、いくつかの待ち行列モデルを想定し、次のケンドールの記号を用いて待ち行列を表記する。

- X/Y/m(n) -
 ・ X: サービス要求の発生間隔の分布(到着間隔の分布)
 ・ Y: サービス時間の分布
 ・ m: 窓口数
 ・ n: 行列待ちの許容数
 X, Yの分布は、次の表示記号を使用する。
 ・ M: 指数分布(ランダム到着, 指数型サービス時間分布)
 ・ G: 一般分布
 ・ D: 一定分布(サービス時間)

したがって、M/M/1モデルとM/M/mモデルはそれぞれ以下を意味する。

・ M/M/1モデル
 サービスの発生間隔及びサービス時間が指数分布で単一窓口の基本的な待ち行列モデルである。
 ・ M/M/mモデル
 サービスの発生間隔及びサービス時間が指数分布で、複数窓口の待ち行列モデルである。

表5 WAN伝送式の比較

選択の幅 選択の視点	ATM伝送(セル多重)	フレームリレー伝送 (フレームリレー多重)	TDM伝送(時分割多重)
概要	様々なメディア(データや音声等)をATMセルに変換して伝送する方式。様々なメディアを一様に扱え、かつ非同期伝送であるため、フレームリレー伝送より高速で効率的な伝送が行える。	通信手順の簡略化や網の輻輳制御通知機能等によって通信速度高速化や効率的な伝送を図った伝送方式。	様々なメディアを一定の時間ごとに切り換えて伝送(時分割多重)する事で複数のメディアを1つの回線で通信可能とする方式。
適用通信回線	ATM専用線 デジタル専用線	デジタル専用線	デジタル専用線
アクセス回線速度	~135Mbps	~6.0Mbps	~6.0Mbps
伝送効率	データ/音声共一番効率的な伝送が行える。	遅延等の影響で音声への適用が困難。データ転送に対しては効率的な伝送が行える。	空き帯域を効率的に利用できないため、効率的な伝送は不可。
経済性	論理多重による回線の絞り込みで回線費用を下げる事が可能。またATM専用線はデジタル専用線と比較して安価。	論理多重による回線の絞り込みで回線費用を下げる事が可能。	x 回線費用からのコストダウンを図る事は困難。
サイクル機構ネットワーク網での適用	ATM伝送方式を採用する事とする。 [理由] 現在サイクル機構ではTDM方式で行っているが、回線容量が不足してきており高速化は必須である。また回線容量の増大に伴う回線費用(ランニングコスト)の増大を押さえる必要がある。この2点に優れているATM伝送方式を採用する事とする。 ただし、ATM伝送方式適用に際しては、論理多重やセル化による遅延を考慮した設計が必要であり、設計に関しては充分時間を要し検討するものとする。		

た。

7.2 回線容量不足への対応

ATM伝送方式を採用することでアクセス回線速度が最大135Mbpsまで増強できることとなり、現状のメディアへの将来需要に対する対応だけでなく、テレビ会議等の新規メディア収容に際しても問題なく収容可能となる。

なお、既存の高速デジタル多重化装置による時分割多重方式では、回線容量を増強する際は、高速デジタル多重化装置内への機器増強も必要であったが、ATM装置ではソフト変更のみで対応できる柔軟性を備えている。

7.3 回線借用費用増大への対応

必要回線速度から回線費用の試算を行った。

必要速度算出の結果、多くの区間で増強が必要だったため、ある程度の増額は想定していたが、表6に示すとおり予想に反し月額回線費用は同等以下となった。

8. ネットワークの構築

8.1 ネットワーク構成設計

これまでの分析結果、問題点への対応等を基に

表6 月額回線費用の比較(試算)

項目	月額費用(円/月)
現状の高速デジタル回線費用	6,410,000
ATM専用線(回線速度を増強しない場合)	5,356,000
ATM専用線(設計に基づき回線速度を増強する場合)	6,293,400

ネットワーク構成設計を行った(図4)。

なお、分析結果を基に、最終的にはハードウェア構成や回線容量等の関係で速度や音声回線数を微調整している。

8.2 移行時の問題点への対応

移行時は全ネットワーク網を停止し、作業を実施する必要がある。

また、契約回線が高速デジタル回線からATM専用線に切換えになること及びハードウェア機器も変更となることから一斉切換えのリスクが大きい。

しかしながら段階的に移行する場合、一時的に利用する余分なハードウェアが必要なこと、作業のたびにネットワーク網を停止する必要があること、移行期間は高速デジタル回線とATM専用線で

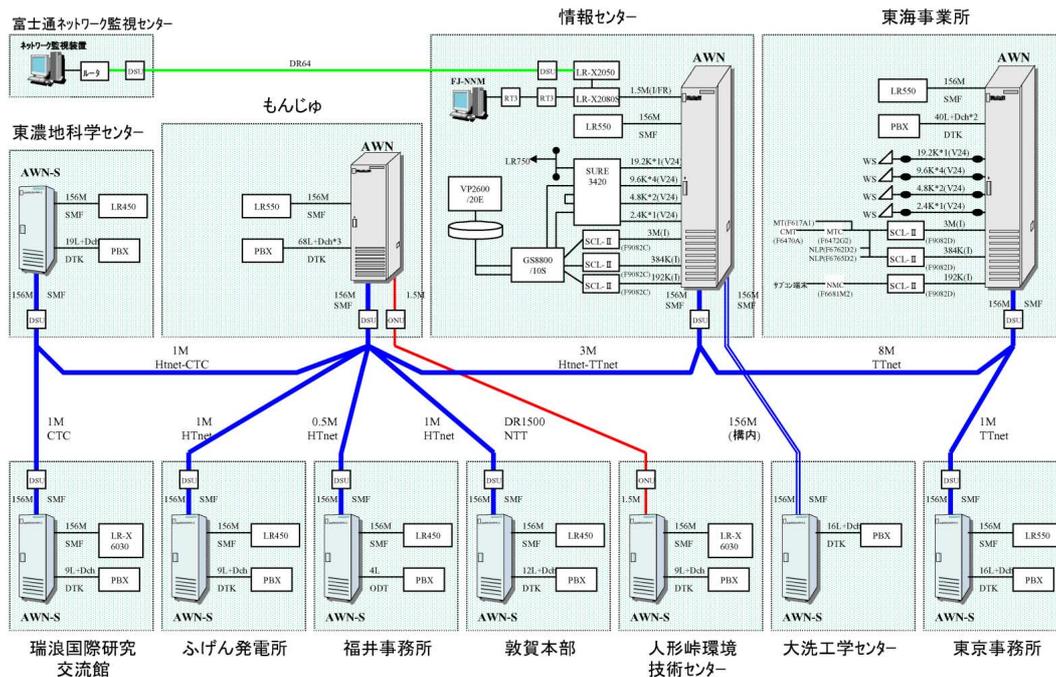


図4 新ネットワーク構成図

二重に契約しておく必要があること等、こちらもリスクが大きい。

このようなことから、一斉移行を基本とし、リスク軽減のため事前にテスト環境を構築し、動作確認を実施した後、本環境を構築することとした。

また、移行は年末年始の長期に運用が停止できる期間を設定した。

8.3 マルチベンダ環境での調整

ATM装置とそれに接続するメーカーは同一メーカーであったため調整は不要であったが、PBX（交換機）については他メーカーであったため細かな調整を行った。

特に、今回採用したATM装置（富士通製EW6000シリーズ）は、音声を実現する上で問題となり易い遅延について考慮した装置であり、セル/デセル化やゆらぎにおける遅延を少なくするため中継交換（内線局番により適切な事業所に中継する機能。通常はPBX（交換機）で行う）をATM装置自体で行うものであった。

つまりATM装置にPBXの一部機能を持たせることにより、遅延が少なく、ただ単にATM化する装置と比較して品質的にも良好な通話が可能になるということである。

しかしながら、これによりPBX特有の情報通信系に馴染みのない調整が必要となった。各種信号

のタイミング等細かな調整も必要であるが、特に大きいのは装置に局番を登録することから番号計画を調整する部分であった。

8.4 導入前の準備

導入前にはスケジュール、手順書を作成することはもちろんだが、体制、連絡網を確実にしておくことが大変重要であった。

導入時には複数の事業所に多くの人員を配置し連絡を取り合いながら作業を進める必要があるため、連絡体制のあいまいさは作業の進捗に大きく影響することとなる。

また、内線が利用できないため携帯電話は必須であるが、密接な連絡が必要なこともあり、取りまとめは中央の事業所に1名だけでなく、数事業所に1名配置する等、連絡がスムーズにできるようにする及びリモートアクセスによるグループウェアによるスケジュール管理等の配慮も必要であった。

8.5 導入

導入時は事前準備をしっかりと行っていた場合でも予期しない問題が発生し、対応を迫られる場合がある。

この場合、WANという特性上、原因特定が長期化する可能性が大きく、またマルチベンダ環境で

は切分けも困難なことが多い。

今回の場合は幸いにも大きな問題はなく導入できたが、スケジュール的にはこれら予期せぬ問題点を想定して余裕を持ったスケジュールとした。

8.6 導入後の感触

アンケートや測定に基づいている訳ではないが、導入前はレスポンスが遅い、または話中となる回数が多い等のユーザの声が多かったが、導入後は逆にレスポンスが早くなった、またはあまり話中となくなくなった等の声を多く聞くようになった。

9. おわりに

新たなネットワーク網の構築を行うに当たっては多くの作業・調整が伴う。

しかしながら、速度の増強とランニングコスト削減という相反する側面を両立できることができた。

これからの課題としては2001年度に原子力緊急時支援・研修センターとの接続、所内LANの高速

化対応(ギガビットイーサネット化)、2002年度には幌延深地層研究センターとの接続等が控えており、LAN/WANの再構築が必要となる。

また、昨今ではVPN(Virtual Private Network)、VoIP(Voice Over IP)等自営網をより安価に構築できる技術も確立されつつある。

今後はこれら新技術の適用を検討しながら、更なるネットワークの拡張と有効利用に取り組んでいく必要があると感じている。

最後にサイクル機構ネットワーク構築が無事終了したことに關しては、ひとえに各事業所のネットワーク運用担当者及び総務課の方々のご支援、ご協力の成果であり、ご協力いただいた皆様方にお礼を申し上げます。

また、本ネットワーク構築を実施された富士通(株)の方々にはここに厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) TAC 情報処理技術者試験研究会：高度情報処理技術者 ネットワークスペシャリスト 基本テキスト，p. 367～368 (2000)