

VoIP技術の適用による関東圏ネットワークの更新

THE RENEWAL OF KANTO AREA NETWORK BY THE APPLICATION OF THE VOIP TECHNOLOGY

小松 淳*・高橋裕司**

Atsushi KOMATSU and Yuuji TAKAHASHI

A report about Kanto area network renewal carried out in December, 1998.

So far, the network kernel equipment which all the companies established in the head office building were common to was centralized in Nihonbashi NWC(Network Center) which was housing facilities of KDD, and availability was raised. Network composition was composed in the center of Nihonbashi NWC again, and a connection circuit between the business office was optimized.

Furthermore, TDM (Time Division Multiplexer) was substituted by the VoIP router, and an interphone net was built again.

Key Words: Voice over IP, QoS, TCP/IP, WAN, CODEC, PCM, G.729

1. はじめに

1992年に運用開始した当社の関東圏ネットワークは、利用の増大、設備の老朽化などから更新が必要な状況となっていたため、1998年12月に大規模な更新を実施した。主要な更新項目は以下の3点である。

- (a) Voice over IP (VoIP) 機能対応のルータを採用し、TDMとデータ専用ルータを廃棄
- (b)ハウジング施設を利用し、全社共通の中核設備を無停止運用
- (c) 通信各社のエコノミー回線を選別し、事業所ごとに回線を最適化

注目を集めているネットワーク技術VoIPと、これを適用した関東圏ネットワーク更新について報告する。

2. 音声・データ統合とVoIP

(1) 企業ネットワークにおける音声・データ統合の意義

近年、企業ネットワークの構築においてはLANやインターネットなどのデータ系ネットワークと電話などの音声系ネットワークとを統合したネットワークへの関心が高ま

っている。

この理由としては、音声とデータを統合することによって回線や機器のコスト削減や管理の合理化が可能になることが挙げられる。すなわち、TDM(時分割多重装置)を利用した従来型ネットワークに比較して、(1)統計多重効果により回線利用効率が増加する、(2)低ビットレートの音声符号化方式により音声帯域を圧縮できる、という2つのメリットがある。

このうち、(1)の統計多重効果とは、ファイル転送などLAN特有のバースト的なトラフィックが発生した場合に空いている帯域を有効に利用できることを意味する。音声とデータに対して別々に固定的な帯域を割り当てるTDMに比較して回線を有効に利用できる。(2)の低ビットレートの音声符号化は、音声通信に使用する帯域の削減に効果がある。

また、TDMを撤廃することでネットワーク機器の運用管理を効率化できる効果がある。管理対象機器が統合されることで、音声系とデータ系で個別に実施していた運用・保守を一元化することができ、TCO(Total Cost of Ownership)の削減も可能となる。

* IT事業推進室

** 情報企画室

(2) 音声・データ統合の各種手法

音声・データ統合は、「符号化した音声をパケット化し、データ伝送方式にしたがったヘッダーを付加してカプセル化し、データ通信と同様の方法で通信を行う」と定義できる。

主要な音声符号化方式を表-1に示す。音声符号化方式によって使用する帯域幅が違い、これは音声品質の違いとなる。

TDMでは一般に、音声1chあたりに64kbit/sec～16kbit/secを割り当てる。VoIPの場合は8kbit/sec～5.4kbit/secの低ビットレート符号化方式を利用する。

図-1に音声符号化方式と音声品質との関係を示す。

今回関東圏ネットワークの内線電話網で採用した符号化方式はCS-ACELPと呼ばれる方式で、PDC方式のデジタル携帯電話より若干良い音声品質である。

音声をパケット化する方法としてVoice over ATM (VoATM)、Voice over Frame Relay (VoFR)、Voice over IP (VoIP)、Voice over HDLC (VoHDLC)がある。表-2に主要なパケット化方式を示す。

VoIPは、インターネットやイントラネットなどのTCP/IPネットワークを使って音声データを送受信する技術である。音声をデジタル信号に変換し、パケット化したうえで、TCP/IPヘッダーを付与することにより、TCP/IPパケットとして従来のデータ系と同様の方法で通信する。IP通信とすることにより、フレームリレーやATM、インターネット、イーサネットなど回線の種別に制約されずに柔軟な音声・データ統合ネットワークの構築が可能となる。

通話する際の通話品質に大きな影響を及ぼす要素は、広域回線内の伝送遅延である。伝送遅延が200msを超えると会話に支障がでるといわれている。関東圏ネットワークでは、拠点間の接続回線を広帯域化するとともに、ルータ間の優先制御で音声パケットを優先的に通信することにより、遅延の少ない内線電話網を構築した。

3. 関東圏ネットワークの更新

(1) 更新の背景

当社の関東圏事業所間の情報通信ネットワークは、1992

表-1 主な音声符号化方式

ITU-T勧告	方式名	ビットレート (bit/sec)
G.711	PCM	48k,56k,64k
G.726/G.727	ADPCM	16k,24k,32k,40k
G.728	LD-CELP	16k
G.729/G.729a	CS-ACELP	8k
G.723.1	ACELP/MP-MLQ	5.3k/6.3k

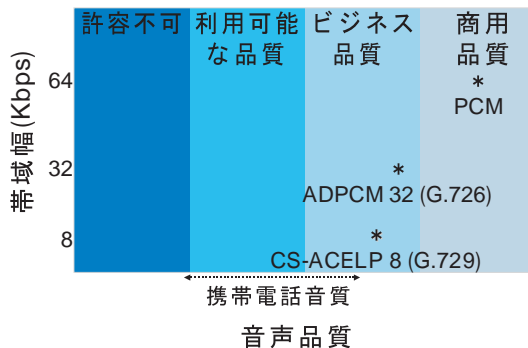


図-1 音声圧縮技術と品質の関係

年に本社を中心とする放射状の専用線で接続し、TDMにより音声とデータを統合して利用して来た。しかしながらこの方式は情報系の負荷に融通性がなく、拡張性に乏しいことなどからリース期限を機会に再整備が必要と判断した。

更新の背景は以下の3点に要約される。

- (a) TDM / ルータは老朽化し、これ以上リースを延長するのは万一障害が発生すると影響が大きく保守費用を無視できないこと。また、リプレースするには多額の投資を伴うため経済的に得策でないこと。
- (b) 現方式のまま情報系の負荷増大に対処するには、音声系容量を抑制できないとすれば契約容量をアップする以外になく、通信コストの低減は望めないこと。
- (c) 新しい安価な通信サービスおよび機器が次々と提供されているが、現状の接続方式ではこれらサービス等を楽しむことができないこと。

(2) 更新の概要

1) ハウジングによる無停止運用

全社共通設備はKDD日本橋ネットワークセンター(NWC)にハウジングして集約し、本社を中心とした接続形態から日本橋NWCを中心とした接続形態へ変更した。変更前後の接続形態を図-2、図-3に示す。日本橋NWCの拠点略号をTWJとした。

ハウジングとは、顧客からの通信機器類を預かり、回線、

表-2 パケット化方式の比較

方式	長所	短所	音声品質	遅延対策	拡張性	価格	将来性
VoIP	機器が安価 高い柔軟性	オーバーヘッド大 ベストエフォート型	○	○	◎	◎	◎
VoFR	機器が安価 普及度大	FR利用のWANに限定	○	○	○	○	○
VoHDLC	機器が安価 普及度大	1:1接続のWANに限定	○	○	△	○	○
VoATM	理想的な通信 高速	機器が高価 サービス地域限定	◎	◎	◎	△	◎

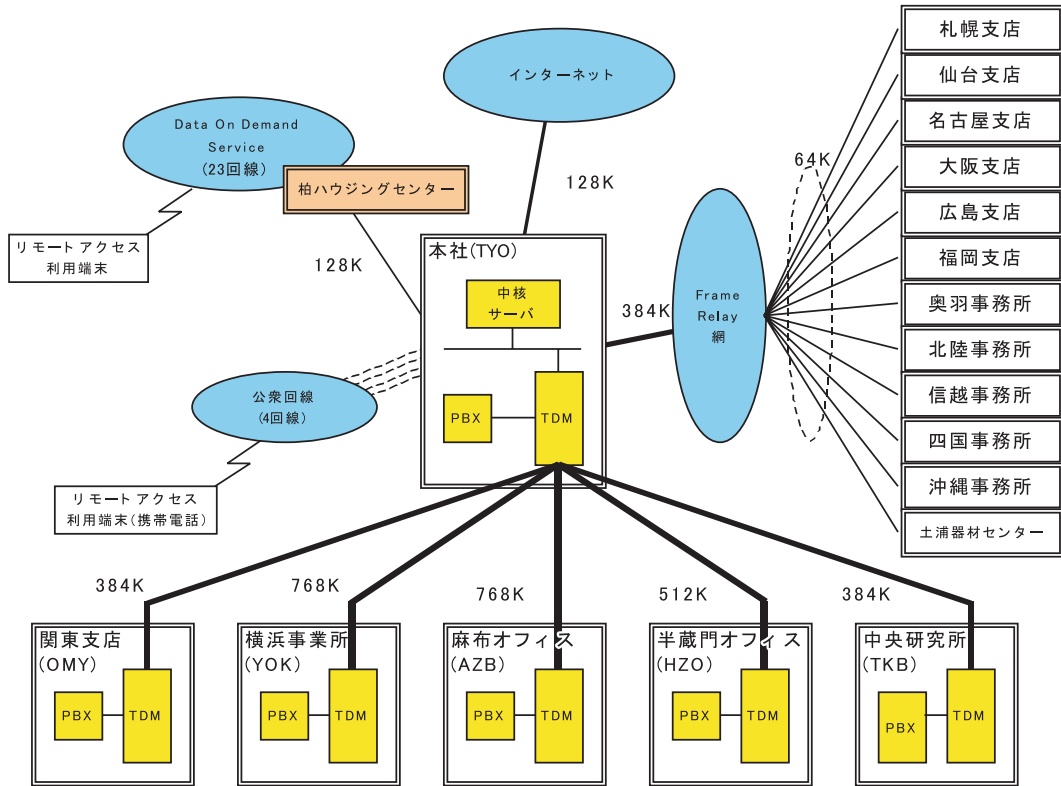


図 - 2 更新以前の接続形態

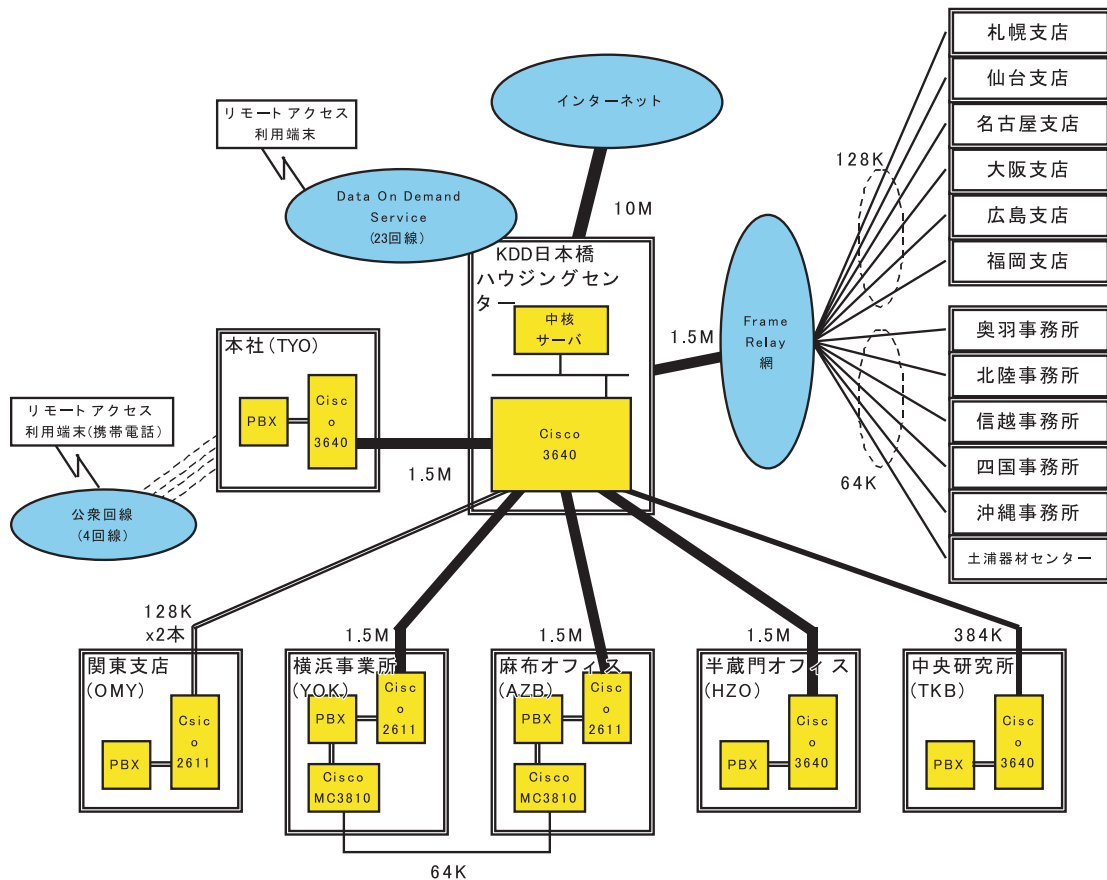


図 - 3 更新後の接続形態

電源、空調、セキュリティの完備された状況で稼働させるサービスである。ハウジングによって中核設備の無停止運用と、可用性の向上を実現した。

今回の更新では運用実績、立地条件、使用料金などを総合的に勘案し、KDD（旧・日本高速通信）の日本橋NWC（東京都中央区）を利用した。日本橋NWC内の設備設置状況を図 - 4 に示す。

2) 拠点間回線の変更

最近の通信事業者間の競争激化により、DA、DRなど大幅に低廉化したサービスが提供されている。専用線の契約は事業所ごとにTTNetエコノミ - およびNTT-DAを選別し最適化した。拠点間接続回線の変更を表 - 3 に示す。

今後も新たなサービスが登場することが予想されることから、当社のネットワーク形態がこれらの外的環境の変化に柔軟に対応できるようにすることを重視した。

3) 音声統合ルータによるTDMのリプレース

TDMとデータ専用ルータを音声対応ルータでリプレースした。VoIPによる内線電話網の更新は次章で詳述する。

4. VoIPを適用した関東圏内線電話網の更新

(1) 音声対応ルータの選定

音声・データ統合には、データ系ネットワークでの運用実績と、VoIPへの対応度が高いことから、CISCO社製音声対応ルータを用いた。導入機器一覧を表 - 4 に示す。



図 - 4 ハウジング機器設置状況

表 - 3 拠点間接続回線

拠点名	変更前：対TYO (データ用帯域)	変更後：対TWJ
TYO	---	1.5Mbps
HZO	512(256)kbps	1.5Mbps
AZB	768(384)kbps	1.5Mbps
YOK	768(384)kbps	1.5Mbps
OMY	384(192)kbps	128kbps x2
TKB	384(256)kbps	384kbps
支店FR網	384kbps	1.5Mbps
インターネット	128kbps	10Mbps

音声・データ統合ネットワークにおいては、PBXとネットワーク機器をトランクと呼ばれるインターフェイスで接続する必要がある。従来のTDMネットワークでは、拠点ごとにトランク（デジタル・アナログ）が異なっており、PBXとTDMが密接な関係を持っていたためにPBXの変更は容易ではなかった。

今回のVoIPネットワークでは、全拠点のトランクをアナログ方式であるODT（Outband Dial Trunk）に統一した。

ODTを採用した理由は、機構上安定している、ルータ側インターフェイス・PBX側パッケージがともにデジタルトランクより安価である、国産・海外製品を問わずサポートされている方式であり相互接続性が優れている、の4点である。

ルータとのインターフェイスを統一したことによって、PBXはネットワーク側からみて単なる音声サーバ機器という位置付けになり、拠点ごとに自由に選択、更新が可能となった。

VoIP内線電話網の構成を図 - 5 に示す。

表 - 4 音声対応ルータ機種一覧

拠点名	機種	備考
TYO	C3640	データ兼用ルータ（VoIP）
HZO	C3640	データ兼用ルータ（VoIP）
AZB	C2611	データ兼用ルータ（VoIP）
AZB	MC3810	AZB-YOKバイパス回線用（VoHDLC）
YOK	C2611	データ兼用ルータ（VoIP）
YOK	MC3810	AZB-YOKバイパス回線用（VoHDLC）
OMY	C2611	データ兼用ルータ（VoIP）
TKB	C3640	データ兼用ルータ（VoIP）

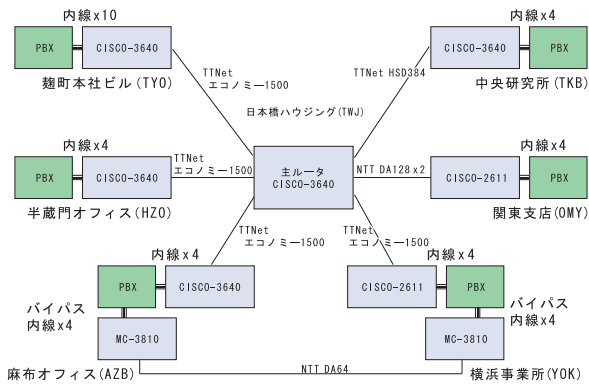


図 - 5 VoIPネットワーク構成図

(2) 内線電話網の設計

各拠点ごとの電話回線数を、利用実績調査を元に設定した。設定した拠点間の回線数を表 - 5 に示す。回線数は呼損率が0.05以下になるように設定した。呼損率とは話中になる確率のことで、0.05は100回中5回が話中になることを意味する。

横浜事業所と麻布オフィスの間での内線電話の呼量が高いことから、この2拠点間にバイパス回線を設定することとした。

(3) キューイングの実装

IPネットワークには、VoFRやVoATMなど他の音声カプセル化方式と異なり、網自体に優先制御の機能が備わっていない。そのため、各ネットワーク機器によって優先制御(キューイング)を行い、QoS(Quality of Service: 通信品質)を確保する必要がある。

VoIPにおいては回線上の遅延対策が非常に重要である。適切なキューイングがなければ、音声パケットの通信がデータパケットによって遅延し、音声の遅延、通話品質の劣化に繋がるためである。伝送遅延が200msを超えると自然な会話が出来なくなるとされている。

今回のVoIP網では、ルータにおけるキューイングによってQoSを確保した。使用したキューイング方式を表 - 6 に示す。

PQ(Priority Queuing)はTYO、HZO、AZB、YOK、TKB、TWJの各拠点間でのキューイングに利用した。これは、ルータに到着したパケットを内容によって分類し、優先度の高いキューに格納されているパケットから順に送出する方式である。図 - 6、図 - 7にPQシーケンス概要図を示す。

TWJ~OMYに関しては、キューイング方式としてMLPPP+Interleaving、WFQ(Weighted Fair Queuing)、CRTPを組み合わせた。この理由は、最大1.5M~256kbps

という速度差が大きい回線間の通信であり、かつ、256kbpsが128kbps x2本のマルチリンク構成であったことから、この条件に最適な方式を選択したためである。

ファイル転送などで発生するロングパケットによって帯域が占有されることを防止するため、MLPPP+Interleavingによって、パケット長を最大480バイトでフラグメントする。WFQによって、キューに格納されたパケットを積み付けに応じて順次送出する。優先度の低いパケットでも、送出の頻度は低い順次送出されていく点がPQと異なる。これにより、優先度の高いパケットで帯域が占有され、データパケットが破棄される状況を防止している。

CRTPはRTPパケットのIPヘッダーを圧縮することで音声パケット伝送にかかる時間を短縮する技術である。

図 - 8、図 - 9にWFQの動作概要図を示す。

(4) 導入後の調整

VoIP導入直後は一部混乱があったが、調整の結果、当初設計の目標を達成することができた。表 - 7にVoIPに更新した直後に発生した問題などを示す。

導入工事直後は、関東支店PBXとの接続不具合により通話ができない不具合が発生した。PBXとルータの接続には十分な事前検討を行ったが、導入時の個別調整が不可欠であることが判明した。

VoIP導入により、従来のTDM利用に比較して音声品質が変化した。音声の帯域幅にするとPDC方式の携帯電話と

表 - 5 拠点間内線電話回線数

拠点名	更新前	更新後回線数
TYO	37	10
HZO	5	4
AZB	9	4+4(YOK 直通)
YOK	11	4+4(AZB 直通)
OMY	5	4
TKB	7	4

表 - 6 キューイング一覧

区間	帯域	適用キューイング方式
TWJ~TYO	1.5M	PQ
TWJ~HZO	1.5M	PQ
TWJ~AZB	1.5M	PQ
TWJ~YOK	1.5M	PQ
TWJ~OMY	128K x2	MLPPP, CRTP, WFQ
TWJ~TKB	384K	PQ
AZB~YOK	64K	FIFO

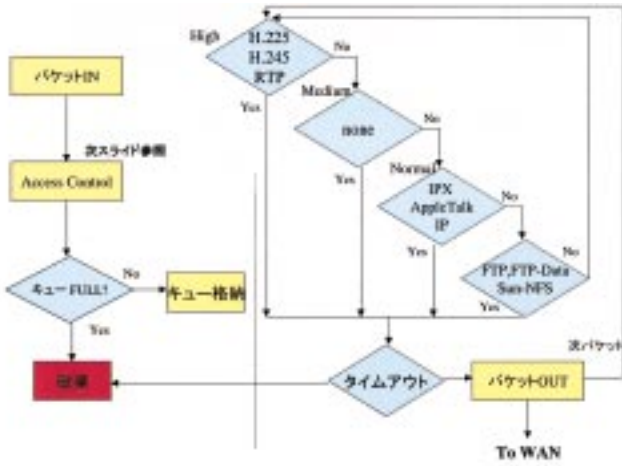


図 - 6 PQシーケンス図

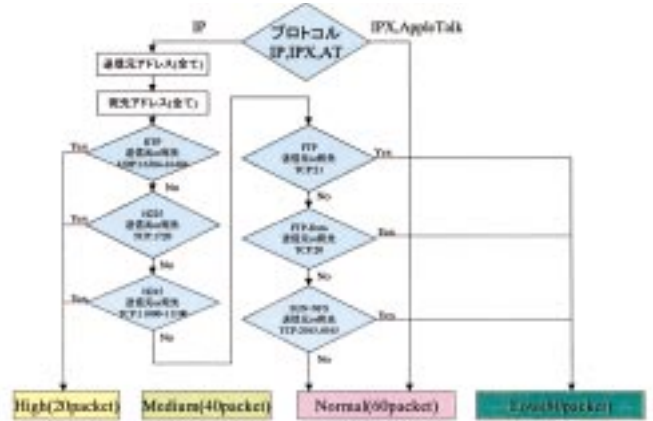


図 - 7 PQキュー割り当てフロー

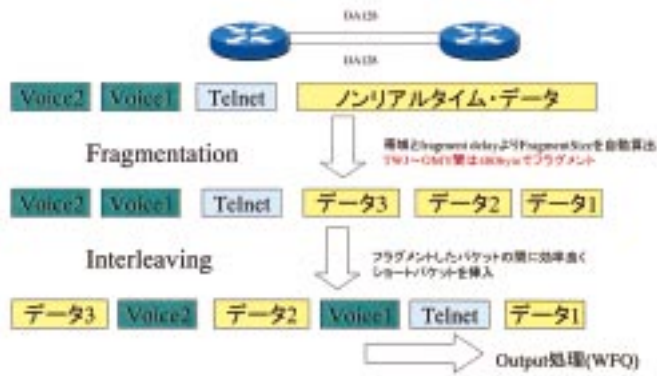


図 - 8 WFQにおけるフラグメント概要

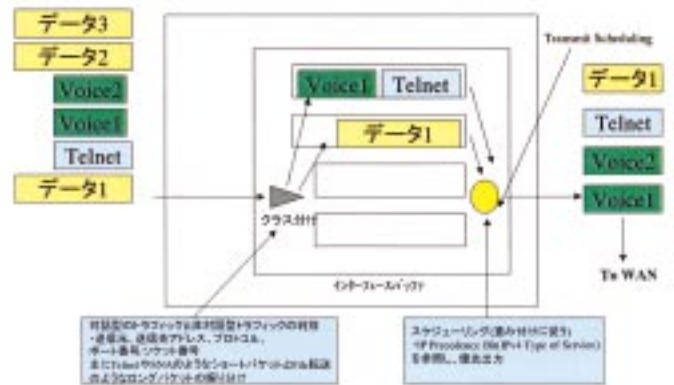


図 - 9 TWJ~OMY間WFQ概要

表 - 7 VoIP運用上の音声通話関係の問題

分類	内容	原因	対応策	現状
通話品質	OMYで内線通話の相手の音声途切れて聞こえないことがある	WAN回線高負荷時の音声パケット優先制御の不具合	IOSのバージョンアップと優先制御方式(WFQ)の導入	解決
通話品質	AZB~YOK間でエコーが大きく通話に支障がある	MC3810のエコーキャンセラ機能の問題	MC3810上でエコーキャンセラを無効にした	解決
話中	話中で半蔵門オフィスから本社に通じない	持ちきりの障害が発生していた	IOSバージョンアップ	解決

同等になるが、この変化に対する利用者の苦情は無かった。音質に対するインパクトは少なかったといえる。しかし、一部拠点ではデータトラフィック増大時に伝送遅延が当初設計よりも大きくなる不具合が発生した。不具合発生時には利用者から伝送遅延に関して苦情が寄せられた。音質よりも伝送遅延のほうが通話品質を左右する要素であると考えられる。

伝送遅延に関しては、優先制御などをチューニングすることで当初設計目標を達成した。

また、AZB~YOK間のバイパス回線上でエコーの発生が問題となった。エコーとは、発信者の音声の一部が受信者側PBXや電話機で反射し、発信者に戻って聞こえることである。エコーを抑制する機能(エコーキャンセラ)はPBXにも装備されている。運用開始直後は、両拠点のMC3810の音声モジュール上でエコーキャンセラを有効にしていたが、調整の結果、使用しない状態で最もエコーが少ないことが判明した。このことから、PBXでエコーキャンセラが機能している状態ではルータの音声モジュール上のエコーキャンセラを使用しないこととした。

また、C3640およびC2611については、ルータのファームウェアに問題があり、回線が持ちきり(内線通話が終了した回線が開放されない)状態になる場合があった。持ちきり状態になると、利用できる回線数が時間とともに減少し、話中の確率が高くなる(呼損率が上昇する)。この障害は、VoIP導入後、設計で想定したより多い話中に関する苦情が情報センターに寄せられたため、発見したもので

ある。

応急対応策として、情報センターで自動監視を実施した。これは毎朝6:00に各ルータの状態を確認し、持ちきりが発生していた場合はルータのリスタートを行うプログラムである。

持ちきりは各拠点に設置したC3640またはC2611のファームウェア(IOS)のバージョンを11.3(6)Tから11.3(8)Tに更新することで解決した。

(5) 内線ファクシミリの問題と対策

VoIP移行後、一部拠点間で内線FAXが送受信できない不具合が発生した。

1) AZB~YOK間のバイパス内線上のFAX不具合

AZBとYOKにバイパス内線のために設置したルータMC3810は、機材の手配ミスにより、音声信号をデジタル変換するDSPモジュールが当初設計より能力の低い仕様になっていた。このため、AZB~YOKの内線FAXが通信できない状態となった。AZB~YOK間の内線電話はバイパス内線を優先的に使用する設計である。

応急対策として、正規モジュールに交換するまでの間、利用者部門において外線経由でFAXを送信してもらうこととした。C2611経由であれば内線FAXは送信可能であるため、主ルータ経由の内線を優先的に使うという対策も可能であった。しかし、AZB~YOK間以外の拠点に対する内線通話の呼損率が大幅に悪化するため、この対応策は採用しなかった。1999/1/17にモジュールを交換し、この不具合は解消した。

2) FAX機に依存した送信不具合

不具合現象を確認したところ、特定のFAX機に関連していることが判明した。FAX機メーカーに問い合わせたところファームウェアに起因して発生することが判明した。

FAX機は通信時に、FAX本文を送信する前に、送信側・受信側情報を交換する。この手順はCCITT T.30手順で標準化されているが、ここで交換される伝文のなかにNSF(Non-Standard Facilities)というものがある。これは先頭部分でメーカー固有の番号を示し、その後はメーカー独自の内容を送信している。FAX機は、通信に先立ってこのNSFを読み取ることで、メーカー固有の高速通信モードへの移行などを制御する。

今回使用したCiscoルータは、8 kbpsの帯域幅でデジタル圧縮した伝送路でFAX信号を通すために、FAX間でベンダ固有の機能が動作してしまうのを防止するためITU-T勧告T.30のNSFベンダコードをマスクし、異なるベンダ機種間でのFAX通信として処理を促す。この機能をFAX Relayと呼ぶ。

NSF自体は規格化されていないメッセージであるので、NSFの内容が変わったり、NSFが送信されなくても、本来であれば通常のCCITT T.30手順でFAXの送受信が行われる。

ただし、NSF情報にはベンダ独自の内容が記述されており、通信時の処理もベンダごと、またFAX機種ごとに独自である。したがって、Fax Relay機能でNSFベンダコードをマスクしても、FAX機によっては独自の解釈にもとづいて動作する可能性があり、ITU勧告の手続きのみで通信する保証がない。Fax Relayには、NSF情報を書きかえることでFAX機の通信制御の誤動作を誘発するという問題点がある。

富士ゼロックス社製NewAbleシリーズ、NetworkAbleシリーズのFAX機は、ある特定のパターンにNSFが変更されると、特別な通信モードに移行してしまう。その結果、通常とは違う信号を相手側FAXから送信されるのを待つようになってしまったため、約40秒でタイムアウトを起し送信を中止してしまう。

ルータによるNSF書き換えの影響を受けるFAX機の一部についてはFAX機メーカー側のファームウェア交換で対処した。対策済みファームウェアでは、NSFを解釈する部分が修正されている。ファームウェア交換対象FAX機は全社で29台あった。

ファームウェア交換の対象でない機種については、通信時にNSF信号自体を送出しないようにFAX機の設定を変更することで誤動作しないように対応した。NSF信号がなければ、ルータによる書き換えも発生せず、誤動作は発生しない。

これらのファームウェア交換または設定変更により、FAX機は正しく通信できる状態になった。

5. 今後の展望

(1) 内線電話網の全社展開

VoIP化によってデータと音声を優先制御可能なネット

ワークとなり、一方で電話制御をつかさどるPBXはネットワーク側からみると一つの音声サーバ機器という位置付けになる。このことによって、今までTDMや通信回線と同時に更新計画を実施する必要のあったPBXは今後、拠点ごとに自由に選択、更新可能になる。

今後はVoIPとVoFR技術の相互運用の技術的進展と回線使用料の低廉化に合わせて、支店・事務所、さらには海外事務所の内線化が可能である。

(2) 海外拠点の常時接続、内線電話化

当社が現在展開している海外拠点は開発途上国が中心であり、すぐに先進国同様の低廉なサービスを楽しむ可能性は少ない。したがって、当面は成熟しつつある国際フレームリレーをコスト的なメリットが出やすい音声・データ統合という形で利用する可能性を検討する。

(3) エクストラネット対応

今回の日本橋NWCを中核としたネットワーク再構築によって、当社通信基盤は将来のネットワークの機能拡張であるエクストラネットやCALS / EDI 対応の準備が整ったといえる。

謝辞：今回のネットワーク更新にあたり、様々なご協力を頂いた伊藤忠テクノサイエンス(株)中嶋氏・浅井氏、NECシステム建設(株)鈴木氏、富士ゼロックス(株)元松氏をはじめとするベンダー各位、短期間での工事スケジュールにご協力いただいた通信事業者各位、および社内関係各位に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 特集「電話をのみ込むデータ・ネットワーク」、日経コミュニケーション, No.271, pp.76-101, 1998