

平成 17 年度 秋期 テクニカルエンジニア（ネットワーク） 午後 問題

問 1 インターネットを利用したビデオ会議システムの構築に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

R 社は、東京に本社があり、全国に 5 か所の支社をもつシステム開発会社である。このたび、R 社は、顧客である衣料販売会社の T 社から在庫管理システムの開発を受注した。R 社は開発に当たり、業務要件仕様書及び基本設計書の作成と T 社への納品に対しての検収を行い、プログラムの開発は別会社に委託することにした。委託に当たっては、在庫管理システムの開発経験がある D 社を選定した。D 社のオフィスは札幌にある。R 社は、D 社との間で、システム開発時における基本設計書の説明や開発スケジュールの調整など、詳細な打合せを随時行えるように、インターネット接続によるビデオ会議システムを利用することにした。

R 社では、既に本社と支社に社内専用のビデオ会議システムを設置し、本社と支社間を専用線で接続して利用している。D 社とのビデオ会議の実施に当たって、R 社は本社のビデオ会議端末（以下、端末という）2 台を専用で割り当て、D 社に 2 台の端末及び必要な端末ソフトウェアを貸し出すことにした。

ビデオ会議システムは、ビデオ会議サーバ（以下、サーバという）と端末から構成され、会議参加者の音声、画像は、各端末から音声データ、画像データとしてサーバに送信される。集められた音声データはサーバでミキシング処理され、合成された音声各端末に配信される。端末に取り付けられたビデオ会議用カメラによって取得した会議参加者の画像データはサーバに集められ、サーバで合成される。合成された画像データは各端末に配信され、会議参加者全員の画像が端末に同時に表示される。

また、ビデオ会議システムは、会議参加者全員の画像を各端末に表示するとともに、基本設計書やスケジュール表を表示し、編集できる機能もあり、D 社との間でもそれらの機能を利用することにした。

図 1 に、R 社端末の表示イメージを示す。

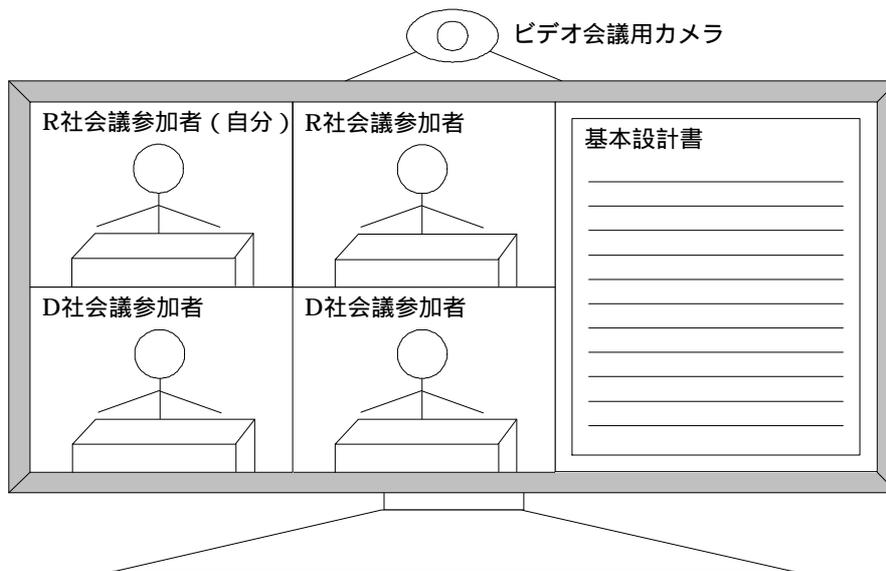


図 1 R 社端末の表示イメージ

〔ビデオ会議システムの仕様概要〕

- (1) 各端末からの画像データは,1 秒当たり 0.8M ビットでサーバに送信される。
- (2) サーバからの画像データは,1 秒当たり 1.5M ビットで各端末に送信される。
- (3) 音声は,G.711 (64k ビット/秒)で符号化される。

〔ビデオ会議システムのネットワーク構成〕

D 社とのビデオ会議の導入に当たっては,通信費負担を少なくするために,インターネットを利用することにした。ビデオ会議システムの導入を担当することになった R 社の S 君は,既に本社に設置されているビデオ会議システムの設定情報と仕様を調査した。その結果,ビデオ会議システムのサーバには NAT を適用できないことが分かった。そこで S 君は,R 社本社に新たにインターネット接続ネットワークを構築し,サーバを DMZ に移設することにした。D 社札幌オフィスにはインターネット接続ネットワークに端末を導入することにした。

検討したビデオ会議システムのネットワーク構成を,図 2 に示す。

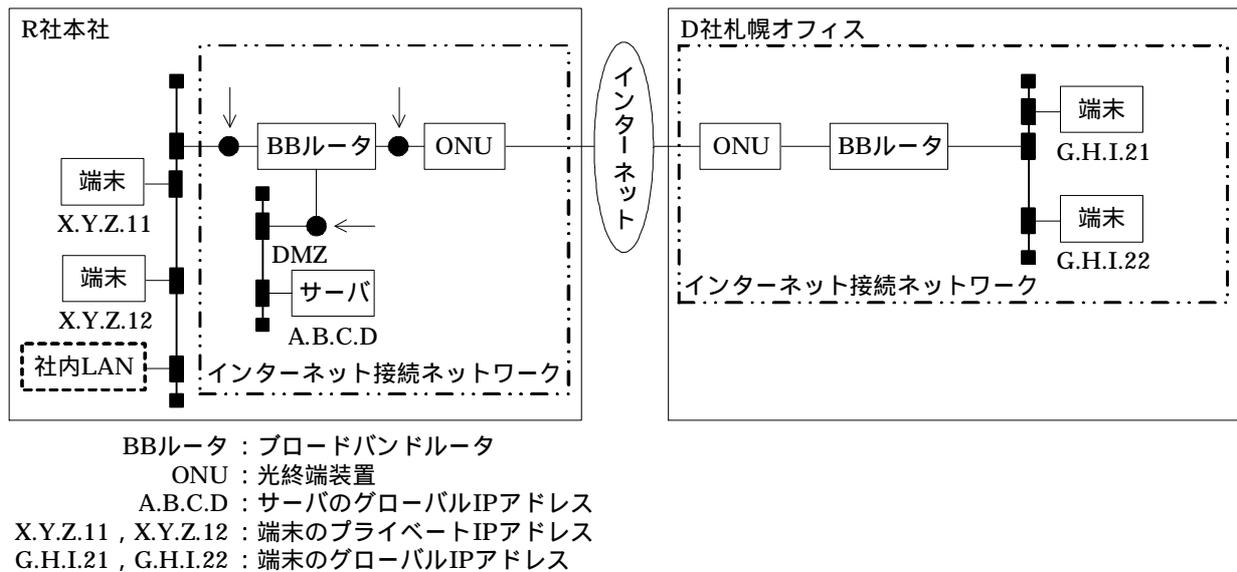


図 2 ビデオ会議システムのネットワーク構成

S 君は,インターネットでの利用に当たり,ビデオ会議システムのサーバと端末間で発生する通信について調査を行った。調査で明らかになったビデオ会議システム用プロトコル及びポート番号を,表 1 に示す。

表 1 ビデオ会議システム用プロトコル及びポート番号（抜粋）

サーバ・端末間サービス	プロトコル	サーバ側		端末側
		ポート番号	接続開始方向	ポート番号
ファイル転送	TCP	20, 21	←	1024 ~ 65535
会議の制御		6200		
会議の画像・音声データ転送制御		6300		
会議の画像・音声データ転送	UDP	6000 ~ 6099	→ ←	6000, 6001

また、D 社とのインターネット接続のために、S 君は R 社本社の BB ルータに、表 2 のようなパケット制御のための設定を追加することにした。

表 2 R 社本社の BB ルータに関する設定内容（抜粋）

方向	制御	プロトコル	送信元 IP アドレス	送信元ポート番号	あて先 IP アドレス	あて先ポート番号
IN	許可	ア	G.H.I.21, G.H.I.22	6000, 6001	A.B.C.D	6000 ~ 6099
	許可	TCP	G.H.I.21, G.H.I.22	イ	ウ	20, 21, 6200, 6300
OUT	許可	UDP	A.B.C.D	6000 ~ 6099	G.H.I.21, G.H.I.22	エ

注 IN はインターネットから BB ルータ、OUT は BB ルータからインターネットへのパケットの流れの方向を示す。BB ルータのデフォルトのパケット制御は、IN に関しては TCP, UDP とともにすべてを禁止と設定され、OUT に関しては TCP のすべてを許可、UDP のすべてを禁止と設定されている。

〔セキュリティ対策についての考慮〕

S 君はビデオ会議システムの構築を始めるに当たって、構築計画の許可を得るための社内手続を進めたところ、R 社システム監査部から次のような指摘を受けた。

“従来のビデオ会議システムは、本社や支社間など専用線接続での利用を前提に構築されたものであり、インターネットを利用したシステム上のセキュリティは十分ではない。プログラムの開発を委託している D 社との接続に当たっては、セキュリティ管理の面で、対策を考慮する必要がある。”

S 君は、上司と相談し R 社本社と D 社札幌オフィス間をセキュアなネットワーク環境とするために、VPN を導入することにした。VPN は、VPN 専用装置と、端末にインストールされた VPN クライアントソフトから構成される、リモートアクセス型とした。（ア）VPN 専用装置を接続する箇所の候補として 図 2 中の ~ を検討した結果、 に接続することにした。

VPN の技術には、ネットワーク層の 、データリンク層の 、 などがあるが、検討の結果、 を採用した。 のかぎ管理プロトコルには、 があるが、S 君は端末の利用者が今後増えていく可能性を考え、 を拡張することで認証部分にワンタイムパスワードを使い、利用者単位の認証が可能な  を採用した。 にはトランスポートモードとトンネルモードの二つのモードがあるが、比較、検討した結

果，トンネルモードとし， と TCP ヘッダ及びデータを暗号化して，セキュリティを確保することにした。

その後，インターネット接続を利用したビデオ会議システムの構築は順調に進んだ。R 社では，このシステムの有効性が確認でき次第，D 社以外の委託会社にも広く展開していく方針である。S 君は，R 社運用部門への引継ぎに当たり，端末が将来大幅に増加した場合に，運用負担の増加を抑える必要があると考えた。そこで，(イ) ビデオ会議システムの利用者が，障害発生時にできるだけ利用者自身で対処できるようにするための準備を，構築と並行して進めることにした。

設問 1 表 2 中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。

設問 2 本文中の  ～  に入れる適切な字句を解答群の中から選び，記号で答えよ。

解答群

ア	ESP	イ	GRE	ウ	IKE	エ	IP ヘッダ	オ	IPsec
カ	L2TP	キ	NAPT	ク	PKI	ケ	PPP ヘッダ	コ	PPTP
サ	SSH	シ	SSL	ス	UDP ヘッダ	セ	X.24	ソ	XAUTH

設問 3 図 2 のビデオ会議システムで 4 台の端末すべてを利用して会議を行った場合の， の箇所における音声データ及び画像データそれぞれの 1 秒当たりの転送量を，BB ルータの IN，OUT 両方向について求めよ。ただし，音声データ及び画像データに関するパケットのヘッダなどの制御情報は無視してよい。答えは，すべて k ビット単位で求めよ。

設問 4 VPN 環境について，(1)，(2) に答えよ。

(1) 本文中の下線(ア)で，VPN 専用装置を  の箇所に接続した理由を，BB ルータの運用とセキュリティの観点から，それぞれ 25 字以内で述べよ。

(2) 本文中の下線(イ)で，S 君が進めることにした準備を二つ挙げ，それぞれ 20 字以内で具体的に述べよ。

問 2 ネットワークの構築に関する次の記述を読んで，設問 1～4 に答えよ。

医療用電子機器の製造販売業を営む F 社の営業部門には，50 名の営業担当者がおり，社内 LAN に接続されたパソコン（以下，PC という）を利用して業務を行っている。

F 社では，今年度の経営方針に従って，営業担当者 1 人に 1 台ずつ，容易に持ち運びができるモバイル端末を貸与して，営業活動を強化する計画を立てた。モバイル端末は，社外ではスタンドアロンで使用し，社内では無線 LAN を使って，社内の Web サーバやインターネットに接続し，使用するものとした。新任のネットワーク管理担当者である G 君は，SI 業者のシステムコンサルタントである H 氏に，新たなネットワーク構成について相談した。その結果，無線 LAN のアクセスポイント，（以下，無線 AP という）を社内 LAN に追加することにした。無線 AP を追加した社内 LAN のネットワーク構成を，図に示す。

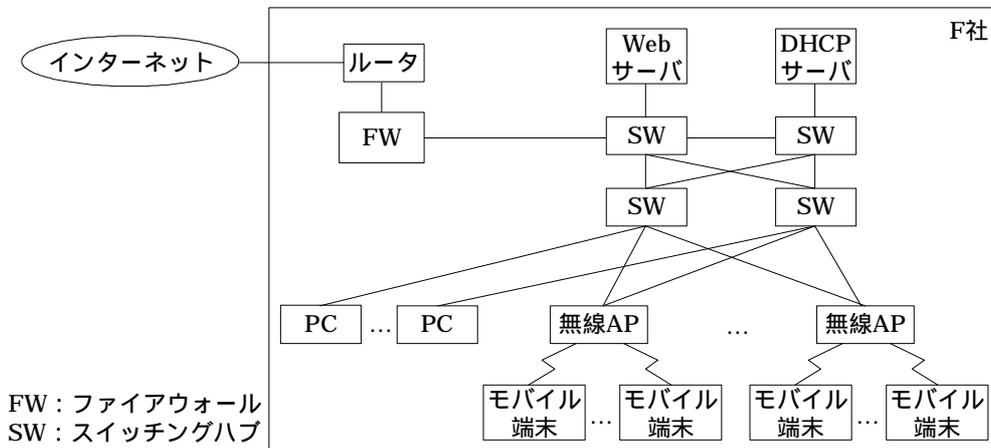


図 無線 AP を追加した社内 LAN のネットワーク構成（抜粋）

〔ネットワークのレスポンス低下〕

G 君が，社内 LAN に無線 AP を 1 台接続したところ，PC から社内の Web サーバやインターネットへのアクセスのレスポンスが低下した。しかし，1 分ほどたつと，レスポンスの低下は解消し，社内の Web サーバやインターネットに通常どおりアクセスできるようになった。その後も無線 AP を追加するたびに，一時的なレスポンスの低下が発生した。4 台目の無線 AP を接続したところ，1 分以上経過してもレスポンスの低下が解消しなかった。4 台目の無線 AP を調査したところ，電源制御部分に接続不良があり，頻繁に電源がオン/オフされる状態であった。故障した無線 AP を代替機と交換した後，しばらくして，レスポンスの低下は解消した。しかし，原因調査と対処に時間が掛かってしまい，営業部門からクレームが付いた。

次は，ネットワークのレスポンス低下に関する，G 君と H 氏の会話である。

G 君：なぜ，レスポンスの低下が発生したのか，原因を教えてください。確かに無線 AP の故障はありましたが，それ以前にも無線 AP を社内 LAN に追加するたびにレスポンスの低下が発生していました。

H 氏：レスポンスの低下が発生したのは，SW がネットワークの利用を一時的に制限して， プロトコルによる  のやり取りを行っているからです。従来から，御社の社内 LAN は SW で構成され，アクセス経路が複数あり，ネットワークがループ状になっています。このネットワーク構成は，障害対策として  を図る上では必要ですが，そのままでは通常の通信もループしてしまいます。そこで， プロトコルを使って，ネットワーク内の通信経路のループを解消させています。今回追加した無線 AP も SW の機能をもっており， プロトコルに対応しています。したがって，無線 AP を追加するたびに，一時的な短時間のレスポンスの低下が発生することがあります。

G 君：なるほど。無線 AP を追加するときには，社内 LAN のネットワーク全体への影響を考慮しなければならないということですね。

H 氏：そのとおりです。

すべての無線 AP の設置が完了し，G 君は，営業部門と共同で運用テストを実施することにした。まずは，営業担当者のうち 20 名にモバイル端末を貸与し，無線 LAN を使った運用テストを開始した。

〔IP アドレスの不足〕

モバイル端末への IP アドレスの割当ては，既存の DHCP サーバを利用することにした。モバイル端末を貸与された 20 名の営業担当者のうち，平均して 5 名程度が在席しているので，DHCP サーバで割り当てる IP アドレスを 10 個追加した。しかし，運用テスト開始から 3 日ほどして，IP アドレスを取得できず，モバイル端末がネットワークに接続できないことがあった。

次は，IP アドレスの不足に関する，G 君と H 氏の会話である。

G 君：運用テストで実際に利用しているモバイル端末は 5 台程度なのに，DHCP サーバで割り当てる IP アドレスが不足したのは，なぜでしょうか。確かに，すべてのモバイル端末を同時に接続するには，IP アドレスが不足しますが，運用テストには十分だと思っていました。

H 氏：モバイル端末の使用状況を調査したところ，IP アドレスが不足した時点で，実際にネットワークに接続しているモバイル端末は 5 台だけでした。ところが，DHCP サーバでは，10 台分の IP アドレスがすべて割当て中の状態であり，実際には使用されていない IP アドレスが，割当て中の状態になっていました。調査した時点で，使用されていない IP アドレスを割り当てられているモバイル端末は，営業担当者が社外に持ち出しているものでした。

G 君：DHCP は，今までも PC の IP アドレスを割り当てる際に使っており，特に問題はありませんでした。なぜ，今回は IP アドレスが不足するようなことになったのでしょうか。

H 氏：DHCP サーバにおける，IP アドレスの割当てに関する設定が，モバイル端末の使用方法に合っていなかったのです。本格的な運用を考えると，IP アドレスの追加は望ましくありませんので，DHCP サーバの設定を一部変更してください。そうすれば，IP アドレスの不足は解消するはずですよ。

G 君：それでは，早速やってみます。

〔無線 LAN のセキュリティ〕

モバイル端末には、無線 LAN のセキュリティ対策として WEP を採用した。運用テストでは、定期的に WEP キーの変更を行い、変更のたびに営業担当者が、モバイル端末の設定を変更するように指導した。しかし、複雑なキーでは営業担当者の設定ミスが起りやすく、頻繁に WEP キーの変更を行うと、営業担当者の作業負担が大きくなるという意見が寄せられた。

次は、無線 LAN のセキュリティに関する、G 君と H 氏の会話である。

G 君：WEP キーの運用について、何か良い方法はないでしょうか。

H 氏：そうですね、IEEE 802.1x の仕組みを導入してみてもどうでしょうか。これは、モバイル端末のような無線 LAN のクライアントと無線 AP に加えて、 サーバを導入して、アクセス制御を行うものです。クライアントと無線 AP との間では、ダイヤルアップ接続で利用されている PPP を拡張した  というプロトコルが使われます。IEEE 802.1X の仕組みを導入しても、WEP は引き続き利用する必要がありますが、WEP キーの運用にかかわる営業担当者の作業負担を軽減することができます。

G 君：それは良い考えですね。早速、IEEE 802.1x の仕組みを導入したネットワーク設計に取り掛かります。

G 君はネットワーク設計を手直しして、IEEE 802.1x の仕組みを導入し、運用テストを再開した。その後、運用テストは問題なく終了し、F 社のネットワーク構成も整い、モバイル端末を使った営業活動が開始された。

設問 1 本文中の  ~  に入れる適切な字句を答えよ。

設問 2 〔ネットワークのレスポンス低下〕について、(1)、(2) に答えよ。

(1) 無線 AP の故障によって、レスポンスの低下が解消しなかった原因は何か。

30 字以内で述べよ。

(2) 無線 AP を追加するとき、社内 LAN のネットワーク全体への影響を考慮して、どのような対応をとるべきだったか。30 字以内で具体的に述べよ。

設問 3 〔IP アドレスの不足〕について、(1)、(2) に答えよ。

(1) 本文中の下線を防止するためには、モバイル端末から DHCP サーバに対して、いつ、どのような操作をする必要があるか。30 字以内で述べよ。

(2) H 氏が指摘した DHCP サーバの設定変更とは、何をどのように変更すればよいか。20 字以内で述べよ。

設問 4 〔無線 LAN のセキュリティ〕について、(1)、(2) に答えよ。

(1) H 氏が本文中の下線のように指摘した理由は何か。30 字以内で述べよ。

(2) IEEE 802.1x の仕組みの導入によって、WEP キーの運用にかかわる営業担当者の作業負担をどのようにして軽減できるか。30 字以内で具体的に述べよ。

問 3 コールセンタシステムの設計に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

情報機器の製造販売会社である K 社は、顧客サポートの強化を図るため、商品及びサービスの問合せ受付を行うコールセンタシステムを構築することになった。システムを構築するに当たり、企画部門からは、次のような要件が出されている。

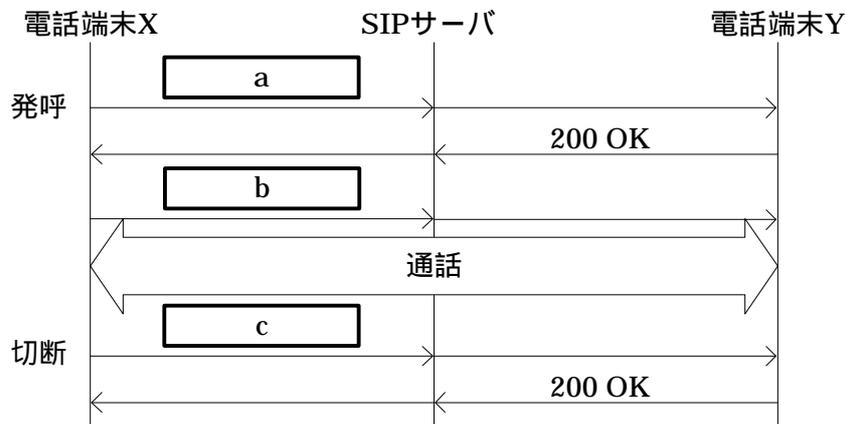
- (1) 電子メールや Web などの IP を使用したシステムとの相互接続性や、将来への拡張性について、いろいろなメリットが考えられる VoIP を採用したい。
- (2) ピーク時においても、オペレータが電話に出るまでの平均応答待ち時間を 20 秒以内をしたい。
- (3) オペレータ拠点としては、人材及びオフィスの確保が容易なことから、既に確保されている 2 か所の拠点を使用したい。また、サーバ類は、オペレータ拠点とは離れた場所になるが、設備や運用体制などが整っている既設データセンタに設置したい。

K 社では、これらの要件にこたえられるコールセンタシステムの検討を開始した。次は、技術的観点から行われた検討の一部である。

〔呼制御プロトコルに関する検討〕

IETF ( Internet Engineering Task Force ) は、IP ネットワーク上で電話の呼制御を実現するプロトコルとして、SIP ( Session Initiation Protocol ) の標準化を進めている。

図 1 は、電話端末 X が電話端末 Y に発呼してから電話端末 X が呼を切断するまでの、SIP による呼制御シーケンスを示したものである。



注 “ 200 OK ” は、状態コードが 200 及び返信理由が OK のレスポンスを表す。

図 1 SIP による呼制御シーケンス

電話端末が VoIP による通信を行うためには、通信相手の電話番号から電話端末の IP アドレスを知る必要がある。このアドレス解決手段を提供するのが、SIP サーバである。

アドレス解決が完了し、通話が開始された状態では、音声ストリームの経路は、ア ので、電話端末と SIP サーバ間は広い帯域を必要としない。したがって、SIP サーバの設置場所に関しては自由度が高い。

また、SIP は単に通話機能を実現するセッションだけではなく、テレビ電話やパソコン（以下、PC という）画面の共有などの機能を実現するセッションと組み合わせて利用できるなど、拡張性をもったプロトコルとなっている。この拡張性は、SIP が通信相手とのセッション確立開始時に、a リクエストのセッション記述で、イ を通知することによって実現している。

以上のような特長から、今回のコールセンタシステムの呼制御プロトコルとしては、将来のサービス拡張も考え、SIP を採用した。

〔コールセンタシステムの構成に関する検討〕

図 2 は、構築しようとしているコールセンタシステムの構成である。

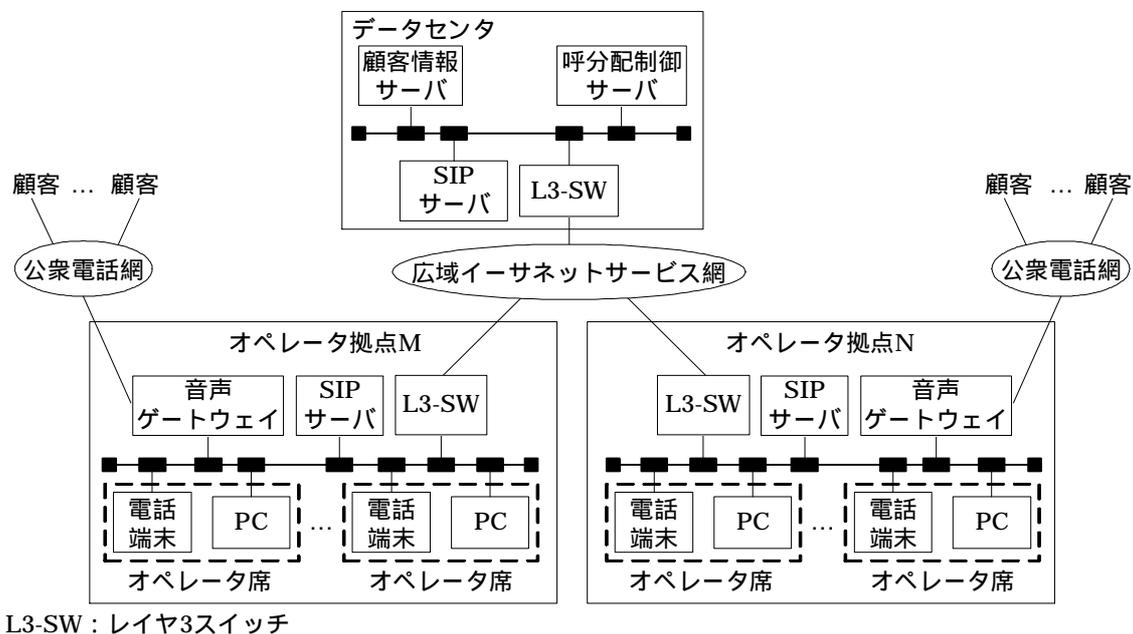


図 2 コールセンタシステムの構成

データセンタとオペレータ拠点 M 及び N は、互いに離れた場所になるので、コールセンタシステムの構成は VoIP の特長を生かした分散型とする。各オペレータ席には、電話端末と PC が用意される。着信待ち、通話中、通話結果入力中、離席などのオペレータの状態に関する情報は、オペレータ席の PC から呼分配制御サーバに常に通知される。また、オペレータは、顧客の対応に必要な情報を得るために、オペレータ席の PC から顧客情報サーバにアクセスする。公衆電話網と接続するための音声ゲートウェイは、オペレータ拠点側に設置する。

データセンタに設置する SIP サーバは、オペレータ拠点 M 及び N の両方の呼を制御する。この SIP サーバは、音声ゲートウェイから電話の着信通知を受けると、オペレータの状態を管理している呼分配制御サーバに問合せを行って、着信待ち時間の最も長いオペレータの電話端末に電話を着信させる。

このように、オペレータの状態に基づく呼の分配には、SIP サーバと呼分配制御サーバの連携が必要である。さらに、かかってきた電話を、単純に空いている電話端末へ着信させるように設定した。連携のない SIP サーバをオペレータ拠点にも追加設置することで、障害時でも極力電話が受けられるように

することを考えている。使用する電話端末や音声ゲートウェイ（以下，電話端末等という）には，データセンタに設置する SIP サーバをプライマリとし，オペレータ拠点の SIP サーバをセカンダリとして，二つの SIP サーバを登録する。プライマリの SIP サーバとの接続ができなくなった電話端末等は，セカンダリとして登録した SIP サーバに自動的に接続を切り替える。

〔応答待ち時間と最低限必要なオペレータ数に関する検討〕

オペレータは自分の電話端末に着呼があると通話し，通話が終わるとその結果を入力する（以下，アフターワークという）。通話とアフターワークを行っている間は，次の電話を受けることができない。オペレータ全員がこのような応答不可の状態になると，顧客は通話できるまでに待たされることになる。

コールセンタシステムでは，この応答待ち時間をできるだけ短くする必要がある。

応答待ち時間の評価には，待ち行列理論が使われる。構築しようとしているコールセンタシステムのピーク呼数は，360 呼／時間，平均通話時間は 4 分，平均アフターワーク時間は 2 分と想定している。この場合，平均サービス時間は， 分となる。オペレータ数を窓口数  $s$  とする  $M/M/s$  待ち行列モデルで考えたとき，前記のピーク呼数に対応するオペレータ数と平均待ち行列長の関係は，次の表で与えられる。

表 ピーク呼数に対応するオペレータ数と平均待ち行列長の関係

オペレータ数	平均待ち行列長
41	2.3042
42	1.4741
43	0.9571
44	0.6257
45	0.4096

また，平均到着率を  $\lambda$  とすると，平均待ち行列長  $L$  と平均待ち時間  $W$  との間には，次のリトルの公式が成立する。

$$W = L / \lambda$$

平均到着間隔は平均到着率の逆数であり，コールセンタシステムのピーク時は  秒となる。表を用いて，ピーク時の平均応答待ち時間を 20 秒以内にするために最低限必要なオペレータ数を求めると， 人となる。

K 社は，このような技術的検討を進め，システム構築に移るとともに，オペレータの要員確保など，コールセンタ開設の準備を開始した。

設問 1 〔呼制御プロトコルに関する検討〕について, (1), (2) に答えよ。

(1) 図 1 中の  ~  に入れる適切な字句を解答群の中から選び, 記号で答えよ。

解答群

ア ACK                      イ BYE                      ウ CALL                      エ DISCONNECT

オ INVITE                      カ OK                      キ REQUEST

(2) 本文中の ,  に入れる適切な字句を, それぞれ 20 字以内で答えよ。

設問 2 〔コールセンタシステムの構成に関する検討〕について, (1)~(3) に答えよ。

(1) 1 台の呼分配制御サーバで, オペレータ拠点 M 及び N の呼の振り分けを制御できる利点は何か。25 字以内で述べよ。

(2) オペレータ拠点に SIP サーバを設置し, セカンダリとすることで, 本文中の下線の対応が可能な障害を二つ挙げ, それぞれ 25 字以内で述べよ。

(3) 音声ゲートウェイをデータセンタではなく, オペレータ拠点側に設置した場合の, 音質面の改善以外の利点を二つ挙げ, それぞれ 30 字以内で述べよ。

設問 3 本文中の  ~  に入れる適切な数値を答えよ。

問 4 ネットワーク間の接続に関する次の記述を読んで,設問 1～4 に答えよ。

A 社と B 社は, C 県内で通信サービスを提供する通信事業者であり, A 社はインターネット接続サービス用ネットワーク ISP-A を, B 社は ISP-B を運用している。ISP-1～ISP-3 は全国規模のインターネット接続サービス用ネットワークであり, ISP-A は ISP-1 と接続し, ISP-B は ISP-2 と接続している。また, ISP-1 と ISP-2 は, とともに ISP-3 と接続している。

このたび, A 社と B 社の ISP 事業の統合が決まり, ISP-A と ISP-B を接続して運用することになった。ISP-A と ISP-B を接続した後は, 経費削減のために, ISP-B と ISP-2 間の接続を廃止する。ただし, 接続作業のための移行期間を設け, 移行期間中は, ISP-B と ISP-2 を今までどおり接続しておく予定である。図に, 移行期間中のネットワークの構成を示す。

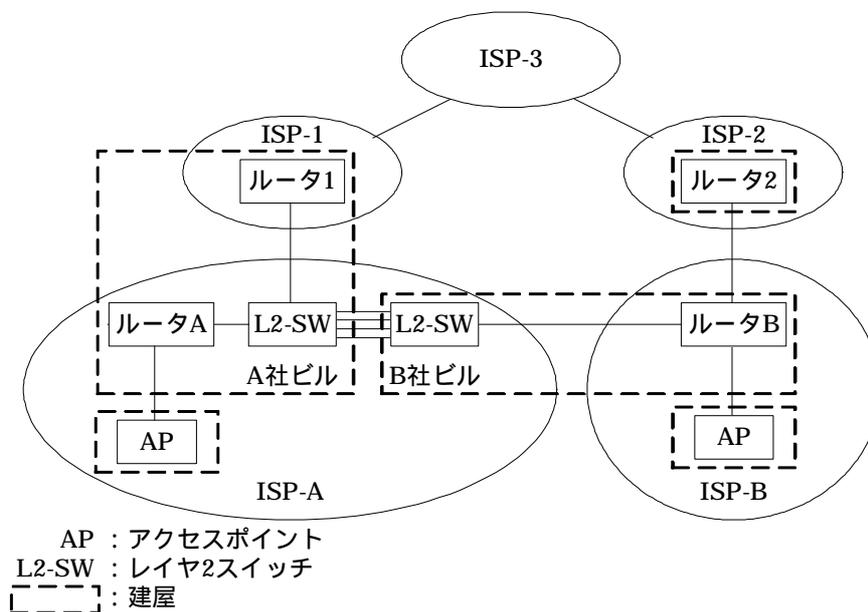


図 移行期間中のネットワークの構成

〔ISP 間の接続〕

ISP-A と ISP-B の接続のために, 通信事業者から光ファイバを 8 本借用し, A 社ビルと B 社ビル間に光伝送路を開通させる。借用する光ファイバは, 高速かつ長距離の伝送に適した **ア** モードファイバである。この光ファイバは, **イ** と呼ばれる中心部の直径が  $10\mu\text{m}$  以下と細く, 光が伝わる経路(モード)が一つなので, 高速かつ長距離の伝送が可能である。この光ファイバに適應するギガビットイーサネットポート(以下, GE ポートという)には, 光レベル仕様の異なる幾つかの種類があるので, L2-SW の GE ポートが光伝送路で使用できるかどうかを確認しておく。表に, L2-SW の GE ポートの光レベル仕様を示す。

表 L2-SW の GE ポートの光レベル仕様

単位 dBm

項目	最大値	最小値
送信レベル	5	1
受信レベル	-3	-23

L2-SW の GE ポートで通信が保証されるために、光伝送路の減衰量（単位 dB）は、送信レベルの最小値と受信レベルの最小値の差以下である必要があり、表から  dB と求めることができる。通信事業者からは、光伝送路の減衰量は 17dB であるという連絡があり、L2-SW のメーカーからは、3dB の余裕を見込む必要があると助言されている。したがって、減衰量と余裕の合計は 20dB なので、L2-SW の GE ポートを光伝送路で使用しても、問題ないことが分かる。

L2-SW 間は、四つの GE ポートで接続し、合計 4G ビット / 秒の通信容量を確保したい。そのため、当該 GE ポートをグループ化して、負荷分散の機能を有効にする設定を行う。負荷分散は、送信フレーム内の二つのフィールドをキーにして、キーの異なるフレームを異なる GE ポートから送信させる機能である。L2-SW 間の通信容量を、できるだけ 4G ビット / 秒に近付けるためには、グループ化された各 GE ポートから均等にフレームが送信されるように、キーにするフィールドを選択する必要がある。L2-SW のデフォルトのキー設定では、送信元 MAC アドレスとあて先 MAC アドレスのフィールドがキーに選択されるが、ここでは、送信元 IP アドレスとあて先 IP アドレスがキーに選択されるように設定して、負荷分散がより適切に行われるようにする。

L2-SW 間は、四つの GE ポートで接続されるので、通信が切断される危険性は低いと考えられるが、L2-SW のリンク障害通知機能を使用して信頼性をより高めることにする。リンク障害通知機能は、L2-SW の GE ポートの受信側で故障を検知すると同一 GE ポートの送信側から対向の L2-SW へ故障を通知し、対向の GE ポートの送信側を停止状態にするように実装されている。

#### 〔ISP 間の経路制御〕

ISP-A と ISP-B の割当てを受けているアドレス空間は、プレフィックス長で表すと、それぞれ 17 ビットと 18 ビットである。これらのアドレス空間には、アドレスクラスがクラス  で、連続する複数個のネットワークアドレスが使用されている。

ISP-A と ISP-B は、経路制御プロトコルに RIPv2 を使用しており、ISP-A と ISP-B の接続においても RIPv2 を使用することにした。RIPv2 は RIPv1 の拡張版で、経路選択のメトリックに、あて先ネットワークに到達するまでに通過するルータの数である  を使用することや、ルータ間で、各ルータの保持する経路情報を、デフォルトで  秒ごとに送信することは共通である。

RIPv2 には経路集約の機能があり、経路集約するプレフィックス長はルータで設定できる。仮に、ルータ A とルータ B の経路制御において、24 ビットのプレフィックス長で経路集約を行うように設定すると、ルータ A とルータ B から対向のルータに送信される経路情報のエントリ数の合計は  になる。また、経路集約するプレフィックス長を、ルータ A では 17 ビットに、ルータ B では 18 ビットに設定すると、それぞれのルータから対向のルータに送信される経路情報のエントリ数は 1 になる。

#### 〔ISP-B ~ ISP-3 間の通信経路の調整〕

A 社ビルと B 社ビルにおける、ISP-A と ISP-B の接続作業が終了して、図のネットワーク構成で運用が開始された。接続作業の前後に、ISP-B の運用管理者が、ISP-3 内の公開サーバから ISP-B 内のパソコンにファイル転送を行い、通信の確認をしたところ、接続作業前より転送速度が遅くなっていることに気付いた。ISP-3 の加入者である社員の協力を得て、 コマンドを使って通信経路を調査したところ、接続作業前の ISP-B から ISP-3 への通信経路は、往路が ISP-B → ISP-2 → ISP-3 であり、復路はその逆順であった。接続作業後は、往路は同一であるが、復路が ISP-3 → ISP-1

ISP A ISP B に変わったので、ISP 3 と ISP 1 間の回線の混雑が影響したと考えられる。復路が変わったのは、ISP 1 が ISP B のネットワークの経路情報を、ISP 3 に送信し始めたことが関係する。ISP B の制御では、復路を接続作業前の状態に戻すことはできないので、B 社は ISP 1 の通信事業者に対応を申し入れた。

ISP 1 ~ ISP 3 の ISP 間の経路制御プロトコルには、BGP が使用されている。運用上、最も優先される経路選択のメトリックは、あて先ネットワークに到達するまでに通過した AS (Autonomous System) の個数である。AS の個数が最も少ない通信経路が、最適な通信経路として選択される。ISP 1 ~ ISP 3 は、各 ISP がそれぞれ一つの AS である。ISP 1 は、ISP A と ISP B の経路情報をルータ 1 で静的に設定し、ISP 1 の AS に属する経路情報として ISP 3 へ送信している。ISP 2 は、ISP B の経路情報をルータ 2 で静的に設定し、同様に ISP 3 へ送信している。

ISP 1 の通信事業者は、ISP 3 へ送信する経路情報のメトリック値の変更を行い、B 社の希望する通信経路になった。また、ISP 1 と ISP 3 間の通信回線は ISP 1 が保有するが、ISP 1 はこの通信回線を高速化する計画になっていたもので、前倒しで実施した。

その後、ISP 1 が変更した経路情報のメトリック値を元に戻し、通信に問題がないことを確認した後、ISP B と ISP 2 間の接続を廃止した。

設問 1 本文中の  ~  に入れる適切な字句を答えよ。

設問 2 【ISP 間の接続】について、(1) ~ (3) に答えよ。

(1) 本文中の  に入れる適切な数値を答えよ。

(2) 本文中の下線 でのデフォルトのキー設定では、負荷分散が適切に行われない理由を、30 字以内で述べよ。

(3) 本文中の下線 のリンク障害通知機能によって検出できる障害の内容を二つ挙げ、それぞれ 15 字以内で述べよ。

設問 3 【ISP 間の経路制御】について、(1), (2) に答えよ。

(1) 本文中の  ,  に入れる適切な数値を答えよ。

(2) 通信経路数が増加したときに、経路集約を行わないことによる問題点を二つ挙げ、それぞれ 20 字以内で述べよ。

設問 4 【ISP B ~ ISP 3 間の通信経路の調整】の本文中の下線 について、経路情報の変更対象となるあて先ネットワークを答えよ。また、メトリック値の変更の内容について、AS という字句を用いて 25 字以内で述べよ。