

問1 データセンタの分散化に関する次の記述を読んで、設問1～5に答えよ。

C社は、OA製品の製造・販売会社である。C社では、被災しても事業が継続できるように、サーバ及びデータを保存するストレージを堅ろうな既設データセンタに収容していた。しかし、事業継続計画を見直した結果、災害によっては、1か所集中型のデータセンタでは事業継続が困難になることが分かり、データセンタの分散化を行うことになった。

分散化に当たって、新たに構築するデータセンタ（以下、新データセンタという）は、被災時に使用するバックアップセンタとしての役割だけでなく、通常時に、蓄積された各種データの分析にも活用することにした。S主任とN君は、このプロジェクトのネットワーク基盤の検討メンバーに選任された。図1は、既設システムと新データセンタのネットワーク構成図である。

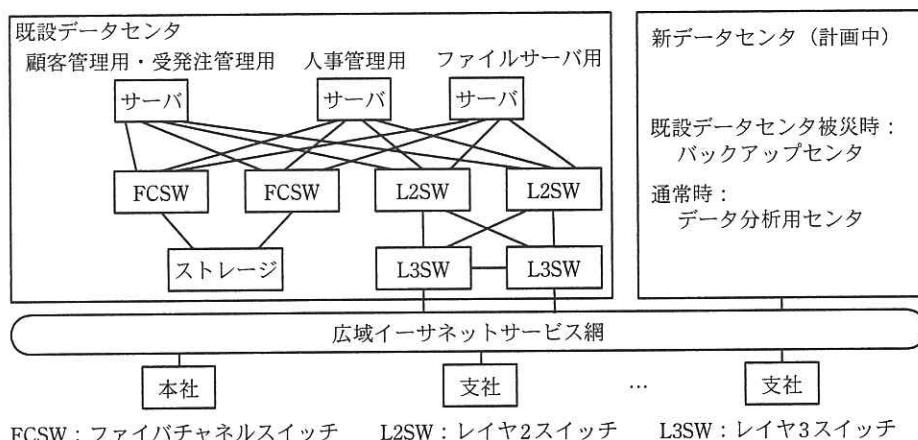


図1 既設システムと新データセンタのネットワーク構成図

新データセンタの構築においては、将来のITシステムの技術動向を踏まえて、拡張性に配慮したシステムを目指した。そこで、ブレード型サーバを使用し、その中で仮想化技術を用いて、仮想サーバを動作させることにした。サーバと他の機器との接続には、信頼性、QoS、必要通信帯域など多様な要求に対応するネットワークを実現する必要があった。加えて、ラックに搭載するブレード型サーバの外部接続インターフェース及び配線のための収容スペースが少ないので、配線を減らしたいという要求もあ

った。

S主任は、SAN (Storage Area Network) のトラフィックを収容することを想定して、次のようなネットワーク設計方針をN君に示した。

- (1) 信頼性を高めるための冗長経路を、同時に利用した通信帯域の拡張
- (2) SAN用に利用可能な、ロスがなく低遅延のデータ転送
- (3) サーバの外部接続インターフェースを簡素化するためのLANとSANの統合
- (4) 統合ネットワークの高信頼化

N君が、設計方針を実現するための調査をしていく中で、イーサネットの拡張機能をベースに、複数の技術を組み合わせる必要があることが分かってきた。そこで、N君は、設計方針とその実現技術を関係付けたネットワークの検討を、図2に示す順序で進めることにした。

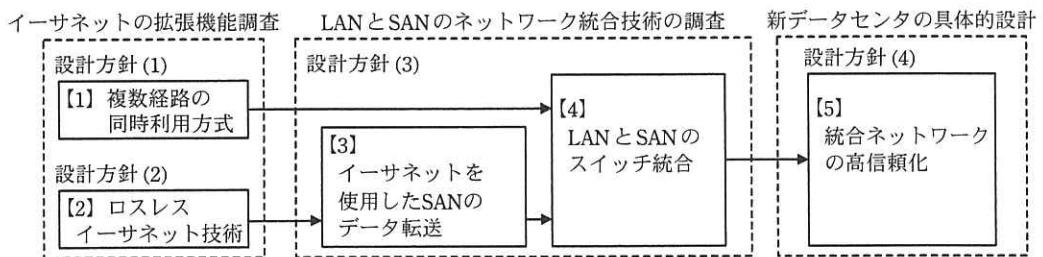


図2 設計方針とその実現技術を関係付けたネットワークの検討

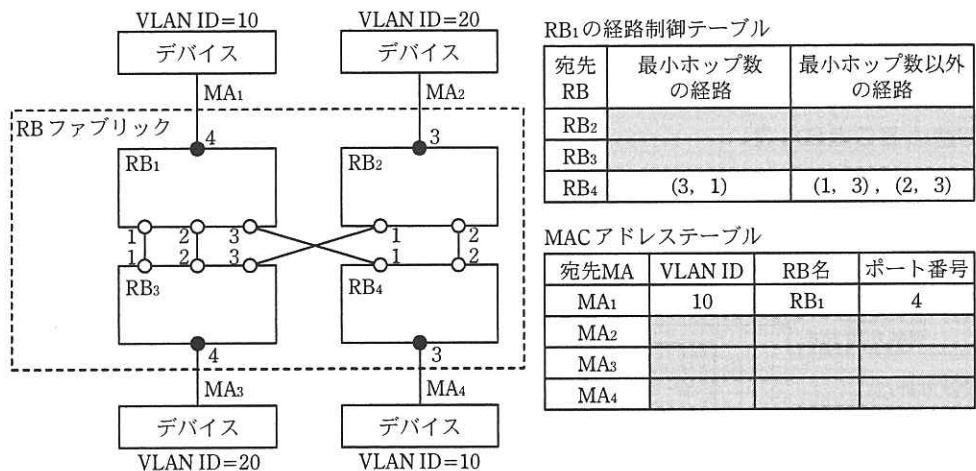
〔【1】複数経路の同時利用方式〕

イーサネットでは、ループしている経路があると、ブロードキャストフレームが無限にループするので、論理的な接続ではループを作らないように、例えばSTP (Spanning Tree Protocol) の場合には、ポートの閉塞処理が行われる。このため、物理的に冗長な経路を導入しても、同時にその経路を利用できないという問題がある。

N君が調べたところ、ルーティングを行うブリッジ（以下、RBという）で構成された1組のネットワーク（以下、RBファブリックという）内で、複数経路を同時に利用できる方式（以下、複数経路制御方式という）があることが分かった。

図3は、複数経路制御方式を説明するためのRB構成を示している。“デバイス”は、

RB ファブリックに接続するホストやストレージを表している。RB ファブリックを構成する RB には、2 種類のポートがある。一つは RB 間の接続用ポート（以下、ファブリックポートという）であり、もう一つは、デバイスとの接続用ポート（以下、エッジポートという）である。各 RB 内には、イーサネットフレーム（以下、フレームという）の転送制御のための経路制御テーブルが作成される。経路制御テーブルの内容は、宛先 RB ごとに、出力するファブリックポート番号と宛先 RB までのホップ数の組合せを示したものである。図 3 では、例として RB₁ の経路制御テーブルを示している。



○：ファブリックポート ●：エッジポート MA：デバイスの MAC アドレス

注記1 RB₁ の経路制御テーブルにおいて、(x, y) は、出力するファブリックポート番号が x、ホップ数が y あることを示す。

注記2 図中のポートに付与している 1～4 の数字は、ポート番号を表す。

注記3 経路制御テーブルと MAC アドレステーブルの網掛け部分は、設問の関係上、表示していない。

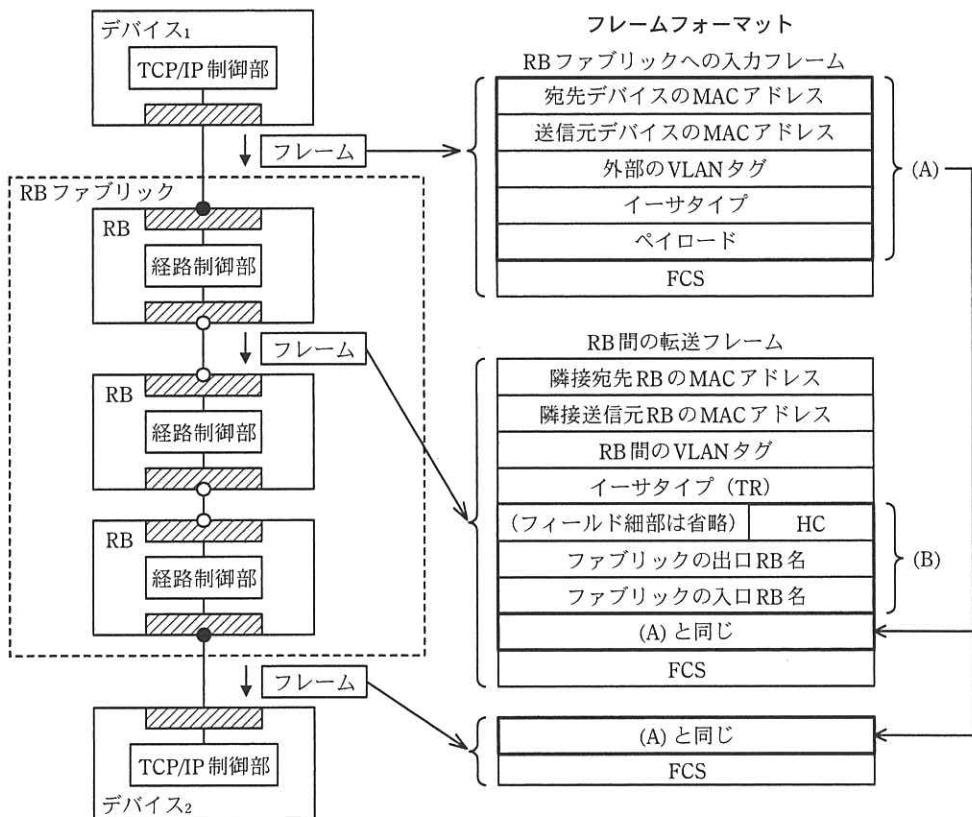
図 3 複数経路制御方式を説明するための RB 構成

RB ファブリックに入ってきたフレームは、出口となるエッジポートがある RB（以下、出口 RB という）に向かって、経路制御テーブルに従って転送されていく。出口 RB まで、最小ホップ数の経路が複数ある場合、同時に複数経路を利用できる。また、ある経路に障害が発生しても、複数ある経路の残りの経路が使える場合は、継続してフレームの転送ができる。

一方、RB ファブリックに入ってきたフレームの出口 RB と、その RB 内の出力するポートを知るためには、接続されたデバイスの MAC アドレスをあらかじめ学習して

おく必要がある。①RB ファブリックでは、各 RB で学習した MAC アドレスは、あらかじめ決められた RB に集められた後、各 RB で共通に使われる MAC アдресテーブルが作られて、全 RB に配信される。図 3 では、配信された MAC アドレステーブルを示している。

次に、RB ファブリックのエッジポートに入ってきたフレームが、どのように変換されて転送されるかを説明するために、RB ファブリックのフレーム転送を、図 4 に示す。図 4 では、デバイス₁からデバイス₂にフレームを転送する場合を示している。



HC : ホップカウント FCS : フレームチェックシーケンス : イーサネットインターフェース
注記 フレームフォーマットは、フィールド長を考慮した表現にはなっていない。

図 4 RB ファブリックのフレーム転送

入力フレームは、図 4 中の (B) に示すヘッダ（以下、TR ヘッダという）が付加され、カプセル化されて RB 間を転送される。RB 間を転送されるフレームのイーサタイプには、TR ヘッダをもつフレームであることを示す値 (TR) が設定される。出口 RB は、図 3 の MAC アドレステーブルを、入力フレームの宛先デバイスの MAC アドレス

を宛先 MA として参照することで、決定される。次の転送先となる RB は、図 3 に示した経路制御テーブルを、出口 RB を宛先 RB として参照することで、決定される。TR ヘッダの HC の値は、RB を通過するたびに減算され、HC の値が 0 のフレームは廃棄される。出口 RB まで転送されてきたフレームは、カプセル化の解除が行われ、TR ヘッダが外されて宛先デバイスに送出される。

フレーム送出時に、TR ヘッダ中の HC を適切な値にして送信するように設定すると、障害時の代替経路として、残りの正常な経路が使用できる。

[[2] ロスレスイーサネット技術]

ストレージのデータ転送のような場合に、大きな通信帯域と信頼性を実現するためにはイーサネットを拡張する技術が、IEEE 802.1 委員会の DCB (Data Center Bridging) タスクグループで規格化されている。今回の要件を満たすには、ホスト、ストレージ及び RB に、この拡張されたイーサネット（以下、拡張イーサネットという）を使用する必要がある。拡張イーサネットでは、優先度別のキュー制御や、スイッチ内バッファの ア によるデータロスを防ぐためのスイッチ間バッファ管理の仕組みが規定されており、従来のイーサネットにはないロスレス転送を実現している。また、インターフェースの速度としては、FC (Fibre Channel) の 2 G ビット／秒を超える、最低でも イ G ビット／秒のイーサネットの採用が必要と考えられる。

ホストに実装するアダプタである CNA (Converged Network Adapter) は、拡張イーサネットに対応するとともに、HBA (Host Bus Adapter) と NIC の両方の機能を備えている。CNA がもつこれらの機能は、OS からはそれぞれ別のインターフェースとして認識され、別の MAC アドレスが使われる。CNA を使うことで、ストレージとの I/O 用の FC フレームを、イーサネットフレームにカプセル化して転送することができる。

[[3] イーサネットを使用した SAN のデータ転送]

FCoE (Fibre Channel over Ethernet) は、拡張イーサネットを使用して FC フレームを転送する技術である。FC フレームをカプセル化して転送するフレームのイーサタイプには、FCoE を示す値が設定される。FCoE を使うためには、FCoE に対応したインターフェースを備えたスイッチ（以下、FCoE-SW という）が必要になり、さらに、

FCSW (Fibre Channel Switch) に相当する機能を実現する FCF (FCoE Forwarder) を FCoE-SW 上に実装する必要がある。FC による SAN は、複数の FCSW 及び FCoE-SW によるネットワーク（以下、FC ファブリックという）となる。

FC ファブリックでは、接続しようとするホストは、最初にログイン処理を行う必要がある。このログイン処理を行うことで、ホストの接続ポートを識別する ID（以下、FCID という）が割り当てられる。FCID は、ドメイン、エリア及びポートという物理的な接続関係を表すフィールドで構成されている。FCoE 対応のホストは、FC ファブリックに接続するために、FIP (FCoE Initialization Protocol) を用いてイーサネット経由で FCF にログインする。FIP を用いて FCF にログインすると、FC ファブリック側から下位 24 ビットを FCID とした、FC ファブリック内でユニークな MAC アドレスが、CNA 中の HBA に当たる部分に割り当てられる（表 1）。

表 1 CNA に割り当てられる MAC アドレスのフォーマット

用途	上位 24 ビット	下位 24 ビット
LAN 用	OUI	製造者による割当て
FC 用	固定値（例：0E-FC-00）	FCID

OUI : Organizationally Unique Identifier

FIP のフレームは、制御を行うためのものであり、データ転送の場合の FCoE のイーサタイプとは別の、FIP を示すイーサタイプが使われる。

FCF を実装した FCoE-SW による FCoE 用のフレーム（以下、FCoE フレームという）及び FC フレームの転送を、図 5 に示す。

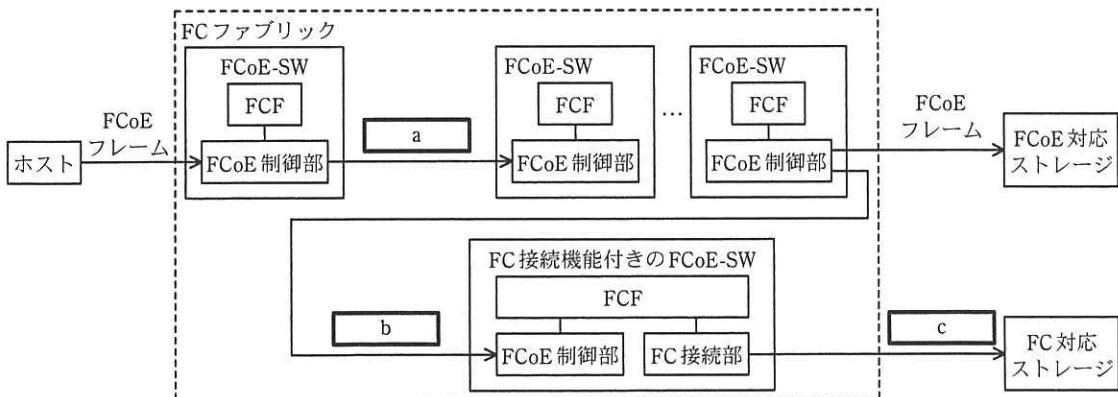


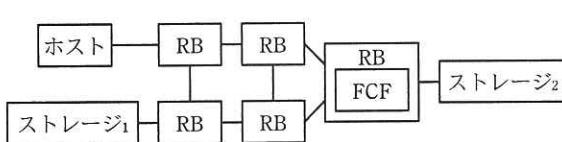
図 5 FCoE-SW による FCoE フレーム及び FC フレームの転送

FCF は、FIP の処理や FCoE フレームの中継処理を行うので、FCoE を使うために FC ファブリック内に FCF が少なくとも一つは必要である。FCF を実装した FCoE-SW では、FCoE フレームは FCF を経由して転送される。また、図 5 に示すように、FCF 経由で FC 対応のストレージを接続することも可能である。

【4】 LAN と SAN のスイッチ統合】

RB ファブリックと FC ファブリックを統合したネットワーク（以下、統合ファブリックという）を構築するには、スイッチの共用化を図る必要がある。この手段として、RB 上に FCF を実装することが考えられている。FCF へは、拡張イーサネット経由でデバイスを接続するので、FCF 機能を実装しない RB を経由して FCF 機能付きの RB に接続することもできる。したがって、複数経路制御方式と FCoE を組み合わせて統合ファブリックを構成する場合、FCF を実装した RB をどこに配置するかが課題である。図 6 は、N 君が考えた、FCF 機能付き RB の配置構成案である。

案1 FCF機能付きRBを1か所だけに配置した構成



注記 RBは、拡張イーサネットと複数経路制御方式に対応している。

案2 FCF機能付きRBを分散配置した構成

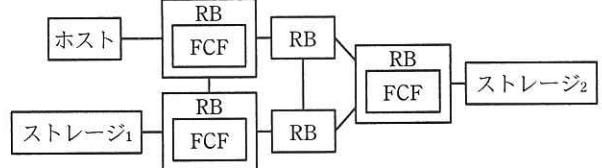
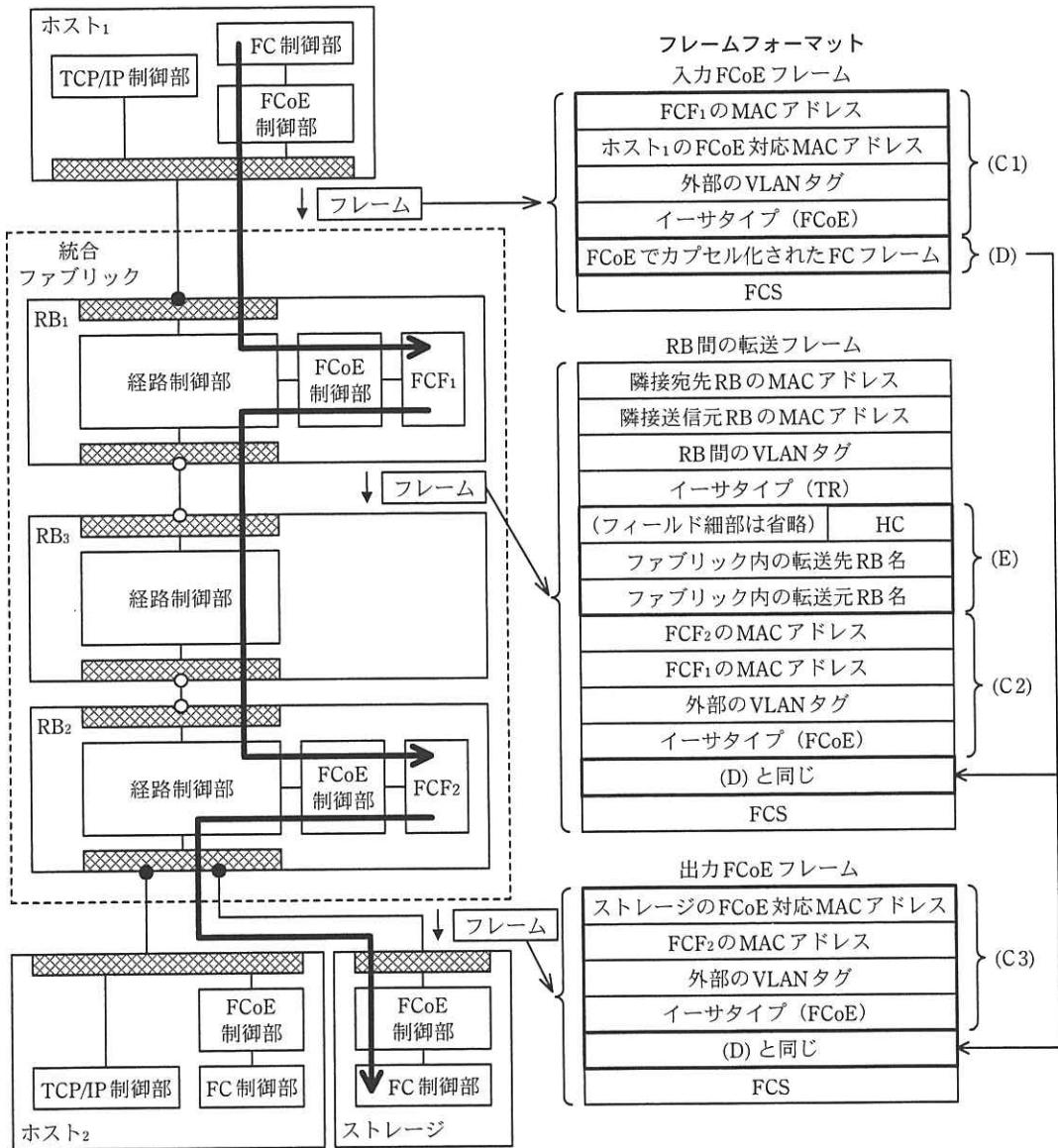


図 6 FCF 機能付き RB の配置構成案

図 6 の構成案を見た S 主任は、② “案 1 は、FCF 機能のない簡素な RB を使って、ホストやストレージを接続できるが、ホストからストレージ₁にアクセスする場合に問題がありそうだ” と指摘した。N 君は、案 1 と案 2 を比較検討し、案 2 の配置構成を採用することにした。

これまでの検討結果を基に N 君が採用した製品による、LAN と SAN の統合システムのフレーム転送を、図 7 に示す。



注記1 フレームフォーマットは、ホスト₁からFCoE対応のストレージにアクセスする場合を示している。また、フィールド長を考慮した表現にはなっていない。

注記2 → は、FCフレームが通過する経路を示している。

図7 LANとSANの統合システムのフレーム転送

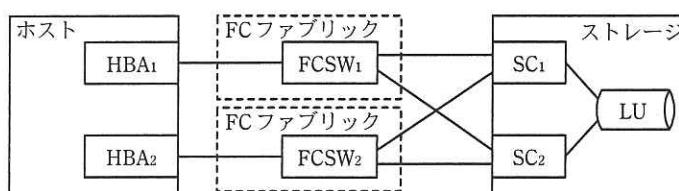
図7では、ホスト₁からストレージに向かうデータ転送用のフレームを例に、フレームの構造を示している。統合ファブリックのエッジポートに入ってきたフレームは、統合ファブリック内部を転送するためのTRヘッダが付加され、カプセル化されて、

$RB_1 \rightarrow RB_3 \rightarrow RB_2$ へと転送される。ストレージが接続された RB_2 に到達すると、カプセル化が解除され、TR ヘッダが外されて、ストレージに向けて送出される。

〔【5】統合ネットワークの高信頼化〕

N君は、これまでの調査で、LANとSANを統合するネットワーク技術に見通しがついたので、新データセンタのネットワーク構成を検討するために、SANの可用性の確保について構成要件を検討することにした。まず、サーバからストレージ内の論理的なディスクであるロジカルユニット（以下、LUという）へのアクセス経路について調べた。ストレージシステムは、データベースに高速にアクセスしたり、重要なデータを保存したりするために、高い信頼性・可用性が要求される。要求を実現するには、ホストから目的のLUへのアクセス経路を複数確保する必要がある。このとき、
ウと呼ばれる、1か所での障害発生時にシステム全体が動作不能になってしまふ機器や部位を作らないことが重要である。

FCSWから構成されるFCファブリックでは、ホストとストレージ間通信のための通信可能なポートの組合せはFCSWが管理している。また、ストレージには、複数経路からLUへのアクセスを可能にするストレージコントローラ（以下、SCという）がある。ホスト側では、LUへの経路について、③HBA→SC→LUという経路の組合せで管理するものが多い。このように、複数のアクセス経路がある場合、どの経路を使うかについては、ホスト側のソフトウェアで制御する。また、④障害によっては、一つのFCファブリックが機能しなくなる可能性もあることから、そのような場合への対応方法も考えておくことが重要である。これらを考慮したホストからストレージ内のLUへのアクセス経路を、図8に示す。



注記 LUは、1台から複数台のディスクを組み合わせて、OSからは1台のディスクとして認識される論理的なディスクであり、SCを介してアクセスされる。

図8 ホストからストレージ内のLUへのアクセス経路

図 9 は、N 君が作成した新データセンタのシステム構成である。サーバは、仮想化技術によって仮想サーバとして構築しておき、状況に応じて、必要な仮想サーバを起動し、関連するストレージ及びネットワークの接続を切り替えて使用する方式とした。

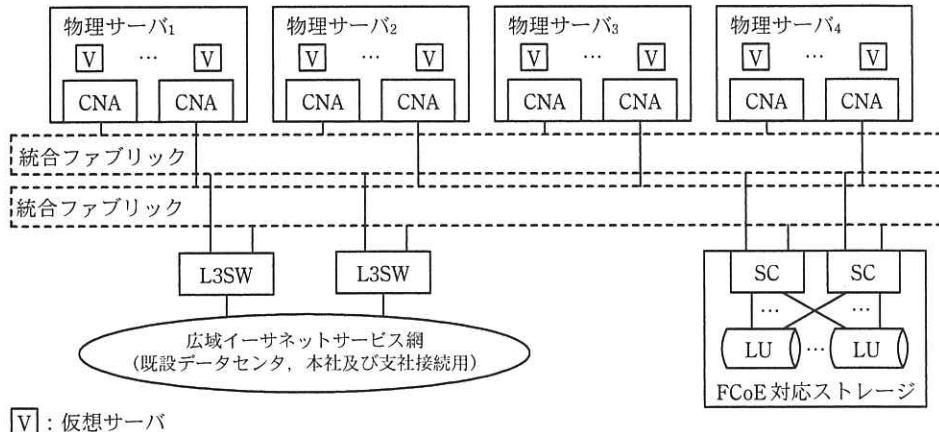


図 9 新データセンタのシステム構成

物理サーバ₁と物理サーバ₂は、通常時はデータ分析のための仮想サーバを動作させ、被災時は、既設データセンタのバックアップのための仮想サーバを動作させる。また、一方に障害が発生しても、相互にバックアップできる構成にしている。

S 主任から、ネットワーク基盤の基本方式について了承を得た N 君は、詳細なネットワーク設計に取り掛かった。

設問 1 本文中の ア ~ ウ に入る適切な字句を答えよ。

設問 2 【1】複数経路の同時利用方式について、(1)～(6)に答えよ。

- (1) 図 3 中の RB₁の経路制御テーブルで、宛先が RB₂と RB₃の場合の最小ホップ数の経路について、RB₄の場合の表記を参考に全て挙げ、解答欄の空欄に適切な字句を入れて完成させよ。
- (2) 図 3 の接続構成で、RB₁から RB₄にフレームを転送する場合に、経路の冗長性を考慮して HC の設定をどのようにすればよいか。また、その目的は何か。それぞれ、15 字以内及び 45 字以内で述べよ。
- (3) 図 3 中で、MAC アドレスの学習が必要なポートの種類を答えよ。また、その

ポートで VLAN ID を識別するために必要なポート規格を答えよ。

- (4) 図 3 中の MAC アдресテーブルについて、MA₁ の場合の表記を参考に、解答欄の空欄に適切な字句を入れて完成させよ。
- (5) 転送経路にループが発生した時に、フレームが流れ続けることを防止することと、冗長化のための複数経路を確保することの両者を考慮した場合に、RB ファブリックの HC としては、どのような値を設定するのが良いと考えられるか。25 字以内で述べよ。
- (6) 本文中の下線①について、この方法によって得られた共通の MAC アドレステーブルは、図 4 の RB 間転送フレームフォーマットのどのフィールドを決めるために使われるか。フィールド名を答えよ。

設問 3 〔【3】イーサネットを使用した SAN のデータ転送〕について、(1), (2) に答えよ。

- (1) 図 5 中の、FCoE 対応ストレージに向けて FC ファブリックに入力される FCoE フレームの宛先 MAC アドレスは、どこの MAC アドレスが使われるか。図 5 中の機器名又は機能部名を用いて答えよ。
- (2) 図 5 中の ~ に入る適切なフレーム名を答えよ。

設問 4 〔【4】LAN と SAN のスイッチ統合〕について、(1)~(3) に答えよ。

- (1) 本文中の下線②について、S 主任が指摘した問題はどのようなものだったと考えられるか。40 字以内で述べよ。
- (2) 図 7 中の (E) におけるファブリック内の転送先 RB 名と転送元 RB 名は何か。RB 名で答えよ。また、ホストストレージ間の転送では、TR ヘッダによるカプセル化とカプセル化の解除は、どのように行われるか。25 字以内で述べよ。
- (3) 図 7 中のフレームの内容で、FCF が転送処理の対象とするのは、どのフィールドか。図 7 中のフィールドを示す記号 C1, C2, C3, D 又は E のいずれかで答えよ。

設問 5 〔【5】統合ネットワークの高信頼化〕について、(1), (2) に答えよ。

- (1) 本文中の下線③について、図 8 の構成で冗長化された経路を全て挙げ、HBA_m→SC_n→LU の形式で答えよ。ここで、m と n は数字を示す。
- (2) 本文中の下線④について、FC ファブリックを利用する上で、どのような対処が必要になるか。図 8 の構成から分かることを 45 字以内で述べよ。