

三洋電機自販機(株)における 階層化ローカルエリアネットワークの設計事例

Designing Hierarchical Local Area Network
for SANYO Electric Vending Machine Co., Ltd

福田 俊 介

要 約 本稿は、階層化構造によるローカルエリアネットワーク設計の概念と、Gigabit Ethernet、レイヤ 2/3 スイッチング、VLAN Tagging (IEEE 802.1 Q)、スパンニングツリープロトコル (IEEE 802.1 d)、VRRP (Virtual Router Redundant Protocol) などのインターネット標準のネットワーク技術を採用して構築された“三洋電機自販機株式会社殿”(以下、三洋自販機と略す)の新ネットワークシステムの構築事例について記述したものである。

Abstract This paper describes concept of hierarchical network design and Internet standard technologies, such as Layer 2/3 Switching from Gigabit Ethernet, VLAN Tagging (IEEE Std 802.1 Q), Spanning Tree Protocol (IEEE Std 802.1 d) and VRRP (Virtual Router Redundant Protocol), that are actually applied to the new networking system for SANYO Electric Vending Machine Co., Ltd.

1. はじめに

昨今の急速なネットワーク技術の発展に伴い、構内ネットワークである LAN についてもその物理構造、適用技術が大きく変化している。LAN 上の通信プロトコルについては、TCP/IP が実質上の標準プロトコルとしての位置付けを占めているが、LAN を構成する物理構造については従来の FDDI (Fiber Distributed Data Interface: 分散型ファイバー回線データ・インタフェース)、中低速 (10 M/100 M) の Ethernet を使用したものから、Gigabit Ethernet への移行が急速に進展している。また、LAN で使用するネットワーク機器についても、従来から使用されてきた“ルータ”、“リピータ HUB”などに加えて“LAN スイッチ (スイッチング HUB)”を使用する構成が多くの割合を占めるのが現状である。このように現在の LAN 構築におけるポイントは、「様々な回線、機器の選択肢の中から技術、製品を適材適所に選択し、拡張性、信頼性、管理性などについてのユーザ要件に適合するネットワークを構築すること」と言える。

本稿では、三洋自販機における構築事例に基づき、階層構造によるネットワーク構造、LAN スイッチ、Gigabit Ethernet などを用いた LAN 構築手法について、主にネットワークの設計に焦点をあてて紹介する。

2. 三洋自販機における従来ネットワークの基本構成

2.1 三洋自販機における LAN の位置付け

電機メーカーである三洋自販機では、吹上工場敷地内に複数の建屋が存在し、多数のクライアント PC およびメインフレームを含むサーバ群を保有している。また、そ

れらを接続する LAN 上では、三洋自販機の製品に関する CAD を使用した設計システム、製品設計に関する技術文書管理システム、イントラネット（WWW、電子メール）などの業務データがやりとりされており、工場内の通信インフラストラクチャとして LAN の位置付けは非常に重要なものとなっている。

2.2 従来ネットワークの構成

三洋自販機が運用していた従来のネットワーク（LAN）では、1990 年代に多くの企業システムで採用された FDDI（100 Mbps）がバックボーン LAN に、10 M/100 M の Ethernet が支線 LAN に採用されていた（図 1）。

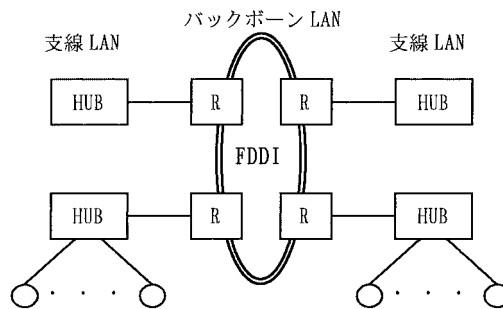


図 1 三洋自販機における従来ネットワーク構成

バックボーン LAN である FDDI を構成する光ケーブルは各建屋を結んでいる。FDDI と建屋ごとの支線 LAN（Ethernet）との接点にはルータ（一部スイッチング HUB）を使用し、支線 LAN では主にリピータ HUB を使用していた。

3. 新ネットワークの基本デザイン

3.1 新ネットワーク構築の動機

三洋自販機が従来ネットワークから新ネットワークへの切り替えを計画した主な動機（目的）は以下の通りであった。

- 1) ネットワークを高速化/広帯域化して、トラフィック増大に対処する（一部サーバ側での対処を含む）。
- 2) ネットワークの信頼性を高め、耐障害性を強化する。
- 3) 障害監視、性能監視などのネットワーク管理機能を強化する。

3.2 ネットワークデザインにおける基本ポリシー

新ネットワークの基本設計にあたり、ユーザ要件に基づき技術的な側面における以下のような基本ポリシーを設定した。

- 1) LAN の適用技術の中で最新のものを採用する。回線については最も広帯域である Gigabit Ethernet をバックボーン部分に採用する。
- 2) 従来ネットワークで採用されていた帯域共有型 LAN を LAN スイッチによるスイッチング型 LAN に変更する。これにより、LAN 上にボトルネックが発生することを排除する。また、従来はルータが行っていたルーティングの機能は、高速なレイヤ 3 スイッチで実行する。

- 3) LAN の拡張性, 管理の容易さを確保するために「階層化ネットワーク構造(後述)」を採用する。
- 4) ルーティング, 障害対策, ネットワーク管理で使用するプロトコルについては, 全てインターネット標準のプロトコルを採用する。これにより将来, 機器, 機能を追加する際に柔軟に対応することができる。
- 5) 障害対策の実装では, 極力, 自動切り替えの仕組みを適用して, ユーザへの影響の抑制, 管理者への負担軽減を実現する。
- 6) 従来ネットワークから新ネットワークへの移行を安全かつ円滑に実施するために, サーバおよびクライアント PC 側の IP アドレスをできる限り変更しない移行方法を採用する。

3.3 階層化ネットワーク構造

LAN スイッチを使用したネットワーク構造の設計では、「階層化ネットワーク構造」を採用するケースが多い。この構造では, 使用する LAN スイッチを物理的な階層構造に割り当てネットワークのトポロジー(形状)を構成する設計手法であり, 一般的に以下のような利点を挙げることができる。

- ・統制がとれたネットワークの全体構造, 及び機器構成における各レイヤ(層)の機能を明確に定義できる。
- ・レイヤ 3 機能の適切な配置により, ネットワークを論理的な構造に分割できる。
- ・ネットワーク構造が明確(シンプル)であり, 管理者にとって運用管理が容易となる。
- ・物理構造がモジュール化されているため, 将来における新製品, 新技術の適用に容易に対応できる。

「階層化ネットワーク構造」については, 設計上のガイドラインとして主要ネットワーク機器のベンダから図 2 に示す「基本 3 階層モデル」が提示されており, このモデルをベースに各ユーザ要件に基づいて, アレンジして使用する場合が多い。

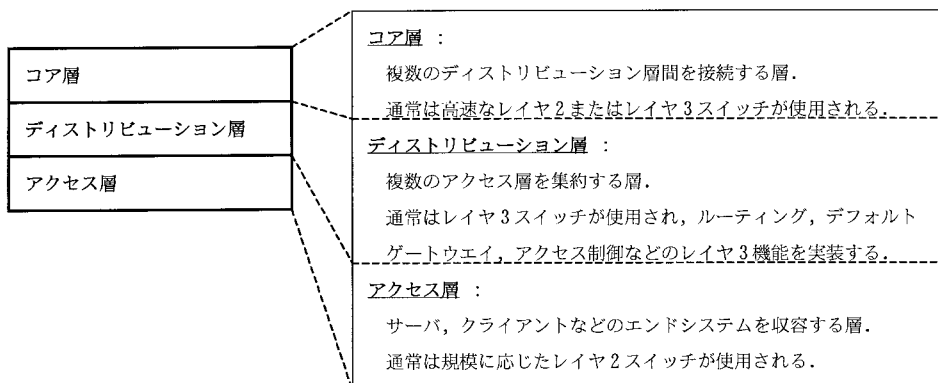


図 2 基本 3 階層モデル

基本 3 階層モデルは, 各層で使用する LAN スイッチの機能に明確な基準を規定しているが, 適用するユーザネットワークの規模とエンドシステムの配置によっては,

必要以上にネットワーク機器の数を増やし、費用を増大させてしまう結果となる可能性がある。一例をあげれば、ディストリビューション層の役割として、LANのパフォーマンス劣化の要因の一つであるブロードキャストパケットの境界を定義することにより、帯域の消費を抑制する機能が挙げられるが、そのLANがTCP/IPプロトコルのみを使用するならば、ブロードキャストパケットの発生頻度は決して高くはないので、わざわざディストリビューション層の独立のためにネットワーク機器を割り当てるのは過剰設備である可能性が高い。逆に階層が多いほどネットワークの物理構造も複雑化するので、障害の発生箇所が増加する可能性がある。よってコア層とディストリビューション層とを一つのネットワーク機器で統合するほうが適切である場合も多い。

三洋自販機におけるネットワーク設計では、ネットワーク機器の費用、障害対策の容易さ、実際に使用するネットワーク機器（LANスイッチ）の仕様などを総合的に評価し、図3に示す2階層モデルを採用した。

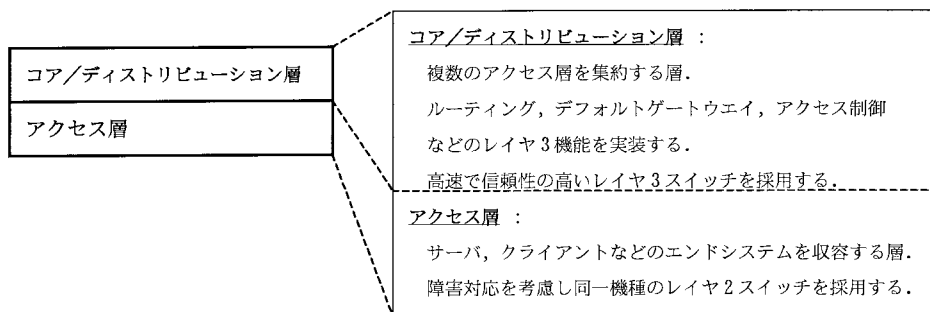


図3 三洋自販機 新ネットワーク

上記のように基本3階層のコア層とディストリビューション層を統合し、レイヤ3機能をネットワークの中心部分に集約したネットワーク形態を「コラプスト・バックボーン」と呼ぶ場合もある。

三洋自販機では、コア/ディストリビューション層～アクセス層のLANスイッチ間を高速なGigabit Ethernetにより接続し、ネットワーク内での広帯域確保、伝送遅延の抑制を実現している。また各層において使用するLANスイッチについては、以下の基準に応じて製品の選択を行った。

- 1) コア/ディストリビューション層（以降では総称してコア層と記す）
 - ・レイヤ3スイッチとして、十分なパケット処理能力を有していること
 - ・アクセス層のレイヤ2スイッチからのGigabit Ethernetを収容するための十分なポート数を実装可能であること
 - ・高信頼化のためのVRRP（Virtual Router Redundant Protocol：RFC 2338）、同一筐体内での二重化構成などが採用できること
 - ・インターネット標準のルーティングプロトコルを実装し、必要に応じて選択できること
- 2) アクセス層

- ・レイヤ2スイッチとして、サーバ/クライアント接続のために十分な 10/100 M Ethernet のポートを有していること
- ・コア/ディストリビューション層に接続するための、Gigabit Ethernet (コア層が二重化されているので2回線) を有していること
- ・信頼性を高めるためにスパンニングツリープロトコル (IEEE 802.1 d) に対応していること
- ・VLAN (Virtual LAN) をサポートしていること

実際の物理構成としては、コア/ディストリビューション層のレイヤ3スイッチとしてファウンドリーネットワークス社の BigIron 4000 (2台), アクセス層のレイヤ2スイッチとして同社の FastIron WG を採用した (図4)。

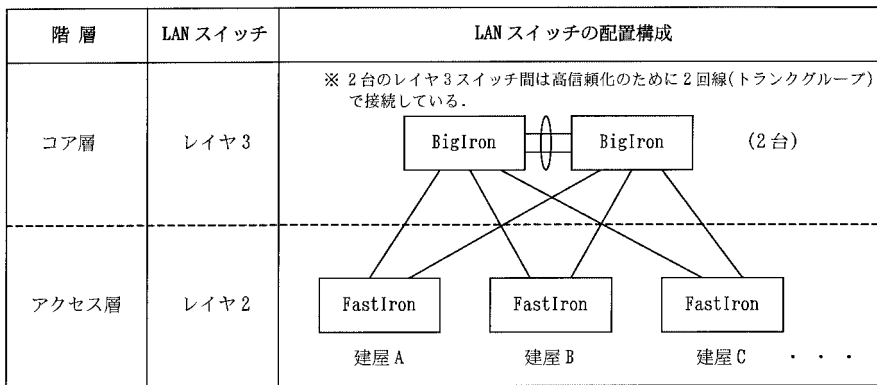


図4 2階層モデルにおけるLANスイッチの配置構成

採用したLANスイッチ製品の基本仕様は表1の通りである。

表1 使用LANスイッチの基本仕様

基本仕様項目	BigIron 4000 (レイヤ3)	FastIron WG (レイヤ2)
ポート数 (10/100BASE-TX)	モジュールの実装構成による	24 (固定)
ポート数 (100BASE)	最大 32	最大 2
バックプレーン容量	128Gbps	4.2Gbps
バッファメモリ	最大 8MB	1MB
レイテンシー	5μ秒未満	10μ秒未満
最大 MAC アドレステーブル	256,000	16,000
最大 VLAN 数	4,096	1,024
最大 IP ルートテーブル	48,000 (OSPF), 256,000 (BGP)	—

適用する製品の選択にあたっては、ネットワークの基幹部分にあたるコア層のレイヤ3スイッチを中心に、主に Gigabit Ethernet 使用時の性能および実績などに重点を置いて検討した。

3.4 接続形態、LANメディアの選択

新ネットワークでは、階層化構造をベースに以下のような接続形態およびLANメディアを採用した。

- 1) コア層～アクセス層 (Gigabit Ethernet)

コア層～アクセス層の LAN スイッチ間では、広帯域を確保するために Gigabit Ethernet を採用した。

Gigabit Ethernet の規格 (IEEE 802.3z) では、表 2 の LAN メディアが規定されている。

表 2 Gigabit Ethernet におけるメディア

規格	伝送媒体	接続可能距離
1000Base-LX	光ファイバーケーブル (シングルモード)	3km まで
1000Base-SX	光ファイバーケーブル (マルチモード)	260m まで
1000Base-TX	ツイストペアケーブル	100m まで

新ネットワークでは、コア層～アクセス層の LAN スイッチ間の接続距離に応じて、1000 Base SX (260 m まで) または 1000 Base LX (3 km まで) のいずれかを選択した。実際には 1000 Base TX (100 m まで) が使用可能な距離の LAN スイッチ間も存在したが、LAN スイッチ側に実装するインタフェースボードの種類、構成をシンプルにする観点から、伝送媒体として光ファイバーケーブルを使用する 1000 Base SX または 1000 Base LX のいずれかのメディアを採用している。

2) アクセス層～サーバ/クライアント

アクセス層の LAN スイッチ配下には、サーバ、クライアントなどのエンドシステムを以下の接続形態、メディアにより接続している。

① サーバファーム

サーバファームとは、クライアントからアクセスされるエンタープライズサーバ群を収容する領域である。三洋自販機における基本的な接続形態としては、Fast Ethernet (100 Base T × 1 回線) によりアクセス層の LAN スイッチにサーバを直結しているが、一部のサーバでは、表 3 に示す通り、各々サーバの要件/仕様に基づき、従来ネットワークにおける接続仕様を踏襲した。

表 3 従来ネットワークから踏襲したサーバの接続仕様

サーバ	規格	伝送媒体	接続形態
CAD サーバ	100Base-T	ツイストペアケーブル (カテゴリ 5)	100M × 4 回線を束ねた FastEtherChannel (FEC) 接続
メインフレーム	FDDI	既存の FDDI コンセントレータのみで FDDI を構成 (FDDI リングは廃止)	既存のルータ経由で LAN スイッチに接続

新ネットワークのサーバファームにおける各サーバの接続構成のパターンを図 5 に示す。

② クライアントファーム

クライアントファームとは、各建屋に存在するエンドユーザのクライアント PC、CAD 端末、部門サーバなどを収容する領域である。三洋自販機における基本的な接続形態としては、クライアント PC および CAD 端末については、Fast Ethernet (100 Base T × 1 回線) によりリピータ HUB を介してアクセス層の

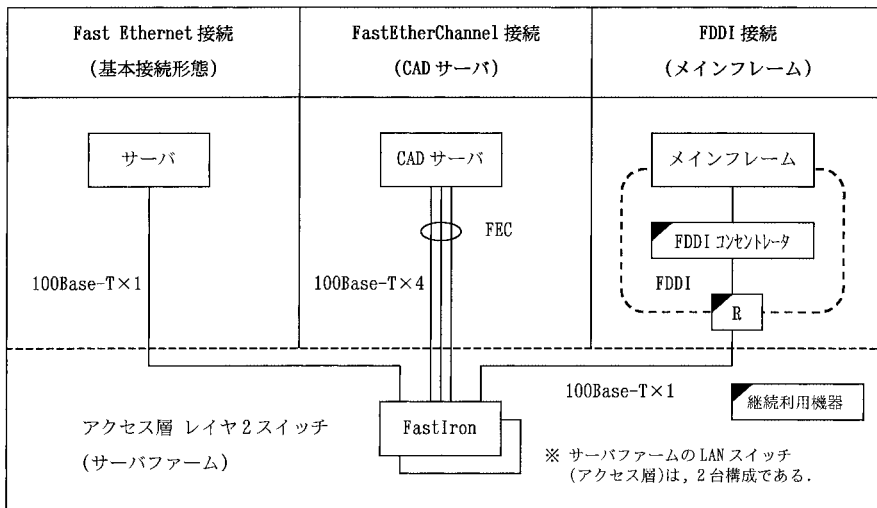


図 5 サーバファームにおける接続形態

LAN スイッチに接続している .部門サーバについては ,Fast Ethernet(100 Base T×1 回線)により直接アクセス層の LAN スイッチに接続している .

新ネットワークのクライアントファームにおける接続構成のパターンを図 6 に示す .

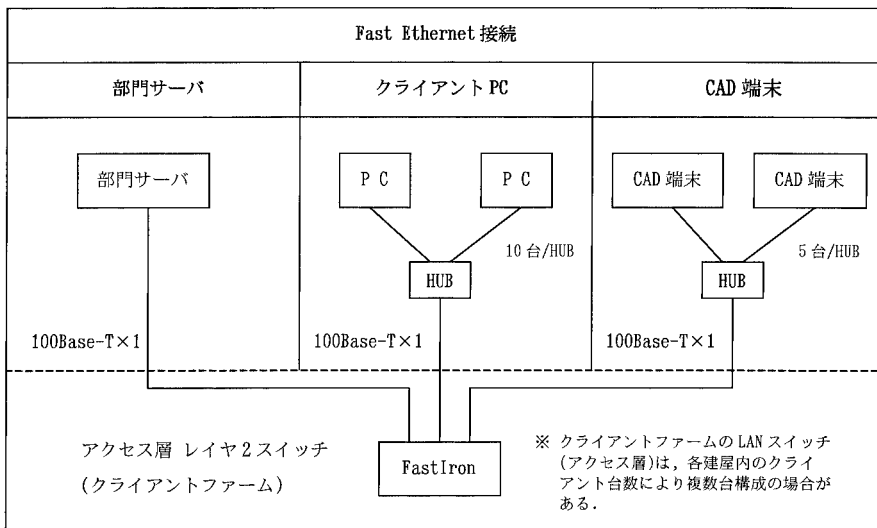


図 6 クライアントファームにおける接続形態

3.5 Virtual LAN (VLAN) の適用

Virtual LAN (以下 VLAN と略す) とは、レイヤ 2 スイッチが接続ポートの単位 (ポートベース VLAN) またはサーバ/クライアント側の MAC アドレスの単位 (MAC ベース VLAN) にブロードキャストフレームの送信範囲を限定し、LAN の物理構成に依存しない論理的な IP サブネットを構成するための機能である。VLAN を使用することにより、従来は物理的なりピータ HUB の単位であった IP サブネットをレイ

ヤ 2 スイッチに接続されるポート単位またはサーバ/クライアント側の MAC アドレス単位で構成することができる。また、複数のレイヤ 2 スイッチ間を「VLAN Tagging」と呼ばれるプロトコルで接続することにより、複数の異なるレイヤ 2 スイッチに接続されるクライアント同士を同一の IP サブネットに所属させることもできる。但し、異なる VLAN 間で通信を行うためには、従来の物理 LAN の場合と同様に IP プロトコルのレベルでルーティングを行うためにルータまたはレイヤ 3 スイッチが必要である。

VLAN を使用した一般的なネットワークの構成を図 7 に示す。

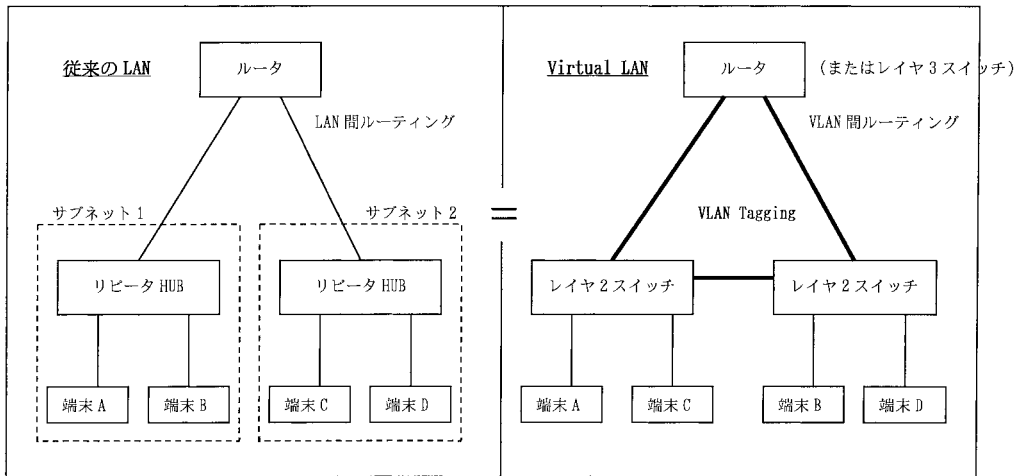


図 7 従来の LAN と VLAN

なお、VLAN を使用する際に全てのクライアントがアクセス層のレイヤ 2 スイッチに直接接続されている場合にはクライアント単位で VLAN を個別に設定することが可能であるが、レイヤ 2 スイッチの配下にリピータ HUB が接続される構成の場合には、同一のリピータ HUB に接続されている各クライアントはポート単位の VLAN 構成では、全て同一の VLAN に所属することに注意が必要である。

三洋自販機の新ネットワークでは、従来ネットワークで使用していた IP アドレス体系を、新ネットワークへの移行時に変更することができないという事情があったため、アクセス層のレイヤ 2 スイッチでポートベース VLAN を使用して、サーバ/クライアント側の IP アドレスを変更せずに新ネットワークへの一斉移行を実施した。また、複数のアクセス層のレイヤ 2 スイッチ間で同一の VLAN 設定を可能にするため、コア層のレイヤ 3 スイッチとアクセス層のレイヤ 2 スイッチ間の Gigabit Ethernet のトランク回線（アップリンク）において、前述の「VLAN Tagging」の設定を行っている。VLAN Tagging とは VLAN をサポートする複数のレイヤ 2 スイッチ間の接続において、1 回線上で複数の VLAN のフレームを多重化するための仕様であり、標準プロトコル仕様は、IEEE 802.1 Q で規定されている。Cisco 社では独自の VLAN Tagging 仕様である ISL (Inter Switch Link) を提供しているが、標準の IEEE 802.1 Q との間には互換性はない。なお Cisco 社製品における ISL では、VLAN Tagging

用のヘッダとして VLAN の識別番号を含めて 26 バイトのヘッダが追加されるが、このヘッダの追加により、Ethernet フレーム長が Ethernet 仕様で規定されている最大フレーム長 (1518 バイト) を超過することになるため、VLAN Tagging を行うレイヤ 2 スイッチ間にリピータ HUB が存在するような構成では、Tagging されたフレーム (最大 1544 バイト) が異常フレームとして認識され、正常に伝送されない場合がある。

図 8 に IEEE 802.1 Q 標準における Tagging されたフレームの形式を示す。

Initial MAC Header	TPID (2 バイト)	TCI (2 バイト)	Initial Type / Data	New CRC
--------------------	-----------------	----------------	---------------------	---------

TPID : Tag Protocol Identifier (0x8100 固定)

TCI : Tag Control Information (12 ビットの VLAN 番号を含む)

図 8 IEEE 802.1 Q フレーム形式

IEEE 802.1 Q の標準フレーム形式では、VLAN Tagging 用の追加情報として合計 4 バイト (TPID:2 バイト, TCI:2 バイト) のヘッダを追加するのみであり、前述の Cisco ISL を使用した場合の追加ヘッダ (26 バイト) と比較して格段に少ない追加情報で VLAN の Tagging を行うことができる。厳密に言えば、IEEE 802.1 Q を採用した場合においても、4 バイトのヘッダ追加により Ethernet 仕様で規定されている最大フレーム長 (1518 バイト) を超過することになる (最大 1522 バイト) が、ISL と比較して追加ヘッダ長が短いため、VLAN Tagging を行うレイヤ 2 スイッチ間にリピータ HUB が存在するような構成においても異常フレームなどの問題が発生しない場合が多い。現状では Cisco 社の製品を含めて主要なレイヤ 2 スイッチ製品は IEEE 802.1 Q に準拠している。したがって、VLAN Tagging の適用にあたっては、マルチベンダー環境の機器構成も考慮し、できる限り標準プロトコルである IEEE 802.1 Q を採用すべきである。

3.6 ネットワークの高信頼化 (障害対策)

ネットワークの高信頼化 (障害対策) は、ミッションクリティカルなネットワーク構築における重要な課題である。三洋自販機における新ネットワークの設計では、前述の階層構造における個別の構成要素を二重化構成とすることに加えて、複数台のレイヤ 3 スイッチ間で VRRP (Virtual Router Redundant Protocol: RFC 2338)、スパンニングツリープロトコル (IEEE 802.1 d) といった標準的な二重化構成のための方式を採用した。

1) 個別構成要素の二重化

ネットワークにおける最もわかりやすい高信頼化の方策は、ネットワークを構成する各個別要素の二重化を図ることである。三洋自販機の新ネットワークでは、表 4 に示す個別構成要素について二重化を図っている。

2) スパンニングツリープロトコルを使用したスイッチ間接続の二重化

三洋自販機の新ネットワーク構造では、コア層のレイヤ 3 スイッチとアクセス

表 4 新ネットワークにおける個別要素の二重化

ネットワーク内における個別構成要素		高信頼化(二重化)の方策
機器	コア層 レイヤ3スイッチ	コア層のレイヤ3スイッチを複数台(2台)構成とする。各レイヤ3スイッチの電源部を二重化構成とする。(RPS: Redundant Power Supply) UPS(無停電電源装置)を設置する。
	アクセス層 レイヤ2スイッチ	UPS(無停電電源装置)を設置する。予備機を用意する。
回線	コア層 スイッチ間	2台のレイヤ3スイッチ間を2回線で接続し、回線の障害対策、負荷分散を図る。(Trunk Group 機能)
	コア層 ~ アクセス層 スイッチ間	各アクセス層のレイヤ2スイッチを2台のコア層レイヤ3スイッチに各1回線(2回線/レイヤ2スイッチ)で接続する。(スパニングツリープロトコル)

層のレイヤ2スイッチの間は、物理的な経路に冗長性を持たせるために、トライアングル形状 (= ループ形状) で接続されている。LAN スイッチの場合、エンドシステムから発生するブロードキャスト/マルチキャストフレームを受信ポート以外の全ポートにコピー (フラッディング) する仕様となっているため、スイッチが信頼性向上の目的でループ形状に接続すると、“ブロードキャストストーム” という致命的な問題が発生する。これを防止するための方策はスパニングツリープロトコル (IEEE 802.1d) を使用することである。スパニングツリープロトコルでは、スイッチ間でループのない論理トポロジ (ツリー形状) を自動形成することにより、ブロードキャストストームを防止すると共に、スイッチ間の回線障害時に自動的にトポロジを修正する機能を持つ。

図 9 にスパニングツリープロトコルを使用した場合の定常状態を示す。

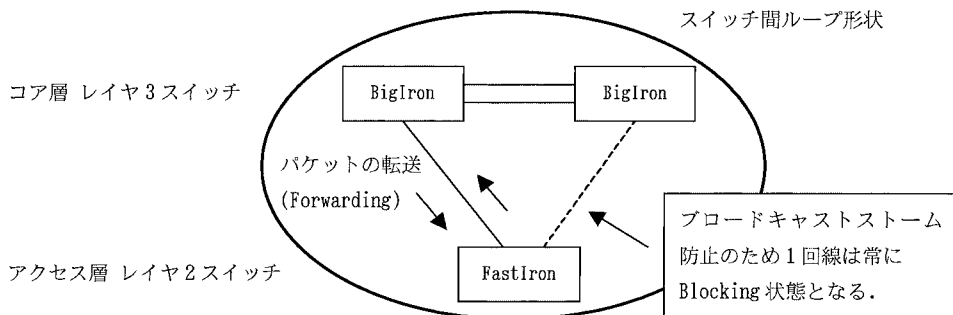


図 9 スパニングツリープロトコルを使用したスイッチ間接続の二重化構成

なお、スパニングツリープロトコルの機能を拡張、補完するためのベンダー独自機能として、ファウンドリ社製品には以下のような機能が提供されている (Cisco 社製品にも同様の機能がある)。

- ① スパニングツリープロトコルの経路切替を高速化するための「アップリンクファースト機能」

通常のスパニングツリープロトコルの経路切替には、実装されるタイマ設定によるが、30~50秒を要する。アップリンクファースト機能を使用することにより、切替時間を5秒程度に短縮することが可能である。

② VLAN 単位でスパンニングツリープロトコルを動作させる「PVST(Per VLAN Spanning Tree) 機能」

通常のスパンニングツリープロトコルの動作では、ループ形状で接続されているスイッチ間の1回線が自動的に Blocking 状態となり、通信には使用できない。(ブロードキャストストームの防止のため) VLAN 単位で複数のスパンニングツリープロトコルを動作させることにより、スイッチ間の全回線を負荷分散で稼働させることが可能となり、ネットワークリソースをより有効に活用することができる。

3) VRRP を使用したコア層レイヤ3スイッチの二重化

コア層におけるレイヤ3スイッチは、従来のルータが行っていたIPルーティングの機能に加えて、エンドシステム(サーバ、クライアント)から見たデフォルトゲートウェイとして機能する。エンドシステム側にはデフォルトゲートウェイのIPアドレスを設定する必要があるため、デフォルトゲートウェイの障害時には他のネットワークへの通信ができなくなってしまう状況となり、この場合エンドシステム側でデフォルトゲートウェイのIPアドレスを再設定などの運用が必要となってしまう。VRRP(Virtual Router Redundant Protocol: RFC 2338)では、デフォルトゲートウェイを複数台のルータまたはレイヤ3スイッチで構成し、仮想的なIPアドレスをエンドシステムに提供することにより、デフォルトゲートウェイの障害時に迅速な切り替え(通常の設定では切替時間=10秒以内)を可能とするインターネット標準の技術である。なおVRRPと同様の機能を提供する技術として、Cisco社の製品で提供されるHSRP(Hot Standby Router Protocol)があるが、HSRPはCisco社の独自技術である。VRRPを使用したデフォルトゲートウェイ(三洋自販機の場合、コア層のレイヤ3スイッチ)の二重化の仕組みを図10に示す。

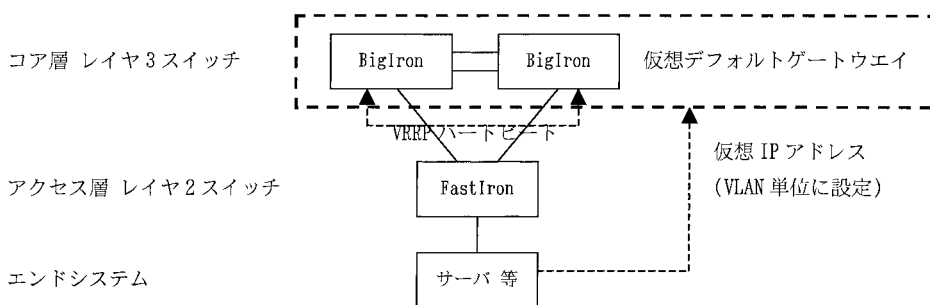


図 10 VRRP を使用したレイヤ3スイッチの二重化

図 11 にスパンニングツリープロトコルと VRRP を併用した際の障害回復のシナリオを示す。

LAN における障害対策で留意すべき点は、使用する障害対策のメカニズムが複数存在(本稿の例では、スパンニングツリープロトコルと VRRP)し、各メカニズム間の動作には連携性がないことである。特に、回線の切り替え動作を伴う場合、メカニズ

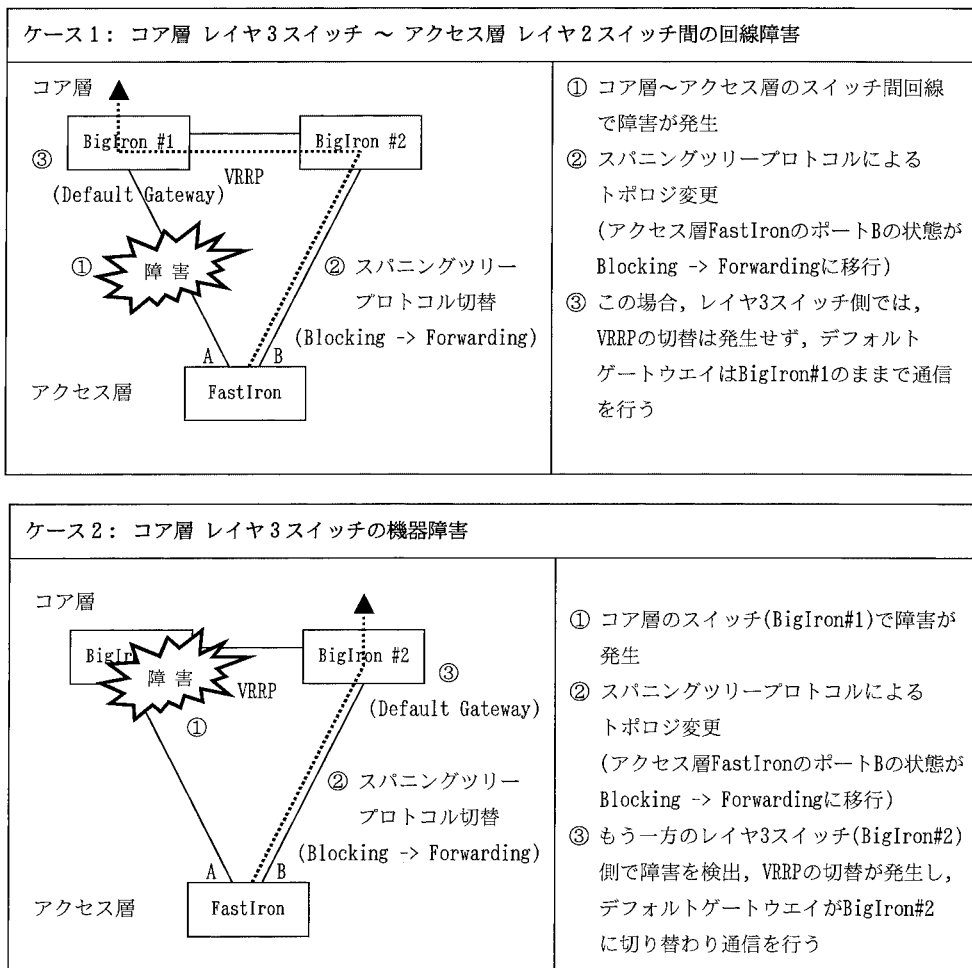


図 11 主なネットワーク障害における切り替え動作 (スパニングツリープロトコル+VRRP)

ムごとに各種のタイマが実装されているため、障害時において複数のメカニズムが作動して、タイミングに関わる問題が生じる可能性がある。デフォルトのタイマ値の設定は、各メカニズムごとの理由により最適化されているため、安易にタイマの変更を行うことは危険な場合もある。従って、設計段階で選択した障害対策のメカニズムが矛盾なく相互動作することを実機ベースで確認することが重要となる。なお、切り替え発生時にはパケットの破棄を伴う可能性があるが、これはエンドシステム間でのTCPプロトコルなどの再送機能によってリカバリされる。したがって、切り替えが発生しても、エンドユーザにとっては応答時間の一時的な劣化という程度の影響があるのみである。

3.7 ネットワーク管理

三洋自販機では、全社レベルで使用する業務サーバが配置されているサーバファームには、ネットワークの統合管理を行う目的でSNMP(Simple Network Management Protocol)プロトコルをベースとしたネットワーク管理システム(JP1/Cm2ネットワークノードマネージャ)を導入し、ネットワーク内の全LANスイッチ、ルータお

よび一部サーバの障害監視および性能監視を行っている。ネットワーク管理者は自席 PC 上の Web ブラウザからマシンルーム内に設置されているネットワーク管理システムに接続し、障害監視を実施している。

1) 障害監視

様々な業務システムを接続するネットワークでは、自動的に障害箇所を回復するための障害対策機能の実装と共に、ネットワーク管理者がネットワークの稼働状況を監視し、障害の発生を迅速に検知するための監視機能が必須となる。三洋自販機では、障害の監視は SNMP トラップによるデバイス側からの自律的な障害通知によるほか、監視対象デバイス（LAN スイッチ、ルータ、一部サーバ）に対する PING 送信（ポーリング）を行っている。このポーリングは、通知を行うネットワーク機器自体が稼働状態であることが前提である SNMP トラップによる障害検出を補完するという意味でも必須である。三洋自販機では、PING 送信の間隔をネットワーク機器の重要度（障害範囲の広さ）に応じて表 5 の通りに設定している。

表 5 PING によるネットワーク機器の監視

監視対象機器	PING 監視の間隔	備考
コア層 レイヤ 3 スイッチ	1 分	スイッチの IP アドレスを監視
アクセス層 レイヤ 2 スイッチ	5 分	スイッチの IP アドレスを監視
ルータ	5 分	各インターフェースの IP アドレスを監視

なお、ネットワーク管理システム側からの PING 監視による一般的な問題点としては、図 12 に示すように、ネットワークの中間経路上で障害が発生した場合に障害箇所より先に配置されている機器の全てが障害と判別されてしまう点が挙げられる。

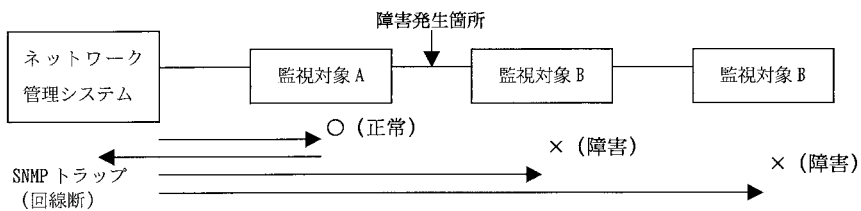


図 12 ネットワーク管理システムからの PING 監視による問題点

この問題に対処するために、ネットワーク管理システム側では、複数の障害通知を受信した場合に予め定義された設定に基づき、障害箇所の特定を容易にするための通知メッセージの選別機能を装備している。

2) 性能監視

三洋自販機では、各 LAN スイッチはポート毎の 1 時間あたりの伝送バイト数を標準 MIB を使用してネットワーク管理システム側に通知している。ネットワーク管理システム側では、収集した伝送バイト数をベースに各回線の使用率を算

出し、回線使用率が予め設定されている表6のしきい値を超えた場合にはネットワーク管理者に通知するようにしている。

表 6 性能監視における回線使用率のしきい値

監視対象回線	回線使用率のしきい値
Gigabit Ethernet	70%
10/100M Ethernet	40%

3.8 ネットワークの全体構成に関する考察

LANスイッチによる階層化されたネットワーク構造をベースに、SNMPを使用したネットワーク管理システム、WAN接続、ダイヤルアップ接続などを含めた三洋自販機におけるネットワークの全体構成は図13の通りである。

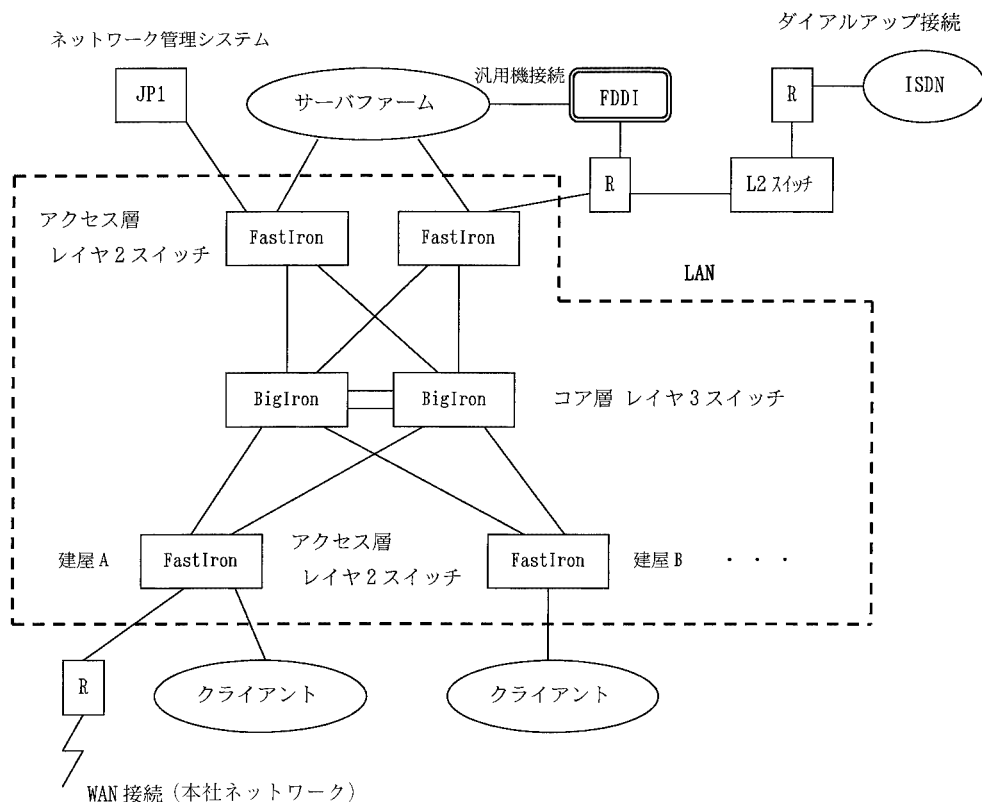


図 13 ネットワーク全体構成図

ネットワーク全体では、前述の階層構造で構成されたLANスイッチ群を中心に、サーバファーム、クライアントファーム、および外部接続のためのルータを配置している。レイヤ3スイッチ～ルータ間ではインターネット標準のダイナミックルーティングプロトコルであり、障害などによるトポロジ変化時のコンバージェンス（経路の収束）が高速なOSPF（Open Shortest Path Fast）を採用し、OSPFにより使用されるLSA（Link State Advertisement）のドメインを限定するためにコア層のレイヤ3

スイッチ間(エリア0)を中心にしたエリア分割を実施している。また、WAN 接続のルータでは、異なるルーティングプロトコルを使用している本社ネットワークとの間で経路情報の再配布(RIP OSPF)を行い、IP ルーティングにおける相互接続性を維持している。ルーティングの観点からは、将来的にはコア層のレイヤ3スイッチ~ルータ間のルーティングトポロジをより簡素化し、外部接続時の経路を最適化する(現状では本社接続のトラフィックがWAN ルータが接続されている特定のアクセス層のレイヤ2スイッチに集中している。)ために外部接続用ルータをコア層のレイヤ3スイッチに直接接続する構成への改善も考えられる。

4. お わ り に

本稿では、三洋自販機におけるネットワーク構築事例に基づき、LAN スwitchを使用したネットワークの基本設計における階層構造の考え方、標準技術に基づく障害対策などの紹介を行った。

事例ではネットワーク基幹部分のLAN スwitchにファウンドリーネットワーク社の製品を採用しているが、他社の同等クラスの製品を使用した場合においても、現状では使用される要素技術に大きな差異はなく、本稿で紹介した設計手法をそのまま適用することができると思う。

さて昨今は本稿で紹介した技術のみならず、従来にも増して技術革新が激しくなっている。適用する要素技術の変化に伴いネットワークの設計手法も変化していくため、ネットワーク設計者には常に最新の製品、技術、設計手法に精通し、柔軟に対応していく姿勢が求められる。現状では、各製品が保有する個別機能の優劣よりも、性能、機器費用、機器ベンダーのサポート力、設計ベンダーにおける該製品に対する技術ノウハウの蓄積度合いなどが、製品選択の基準となる場合が多い。特に基本設計以降の詳細設計、実装(導入)段階においては、設計ベンダーが採用製品の詳細な仕様、制限事項、問題点などの技術ノウハウをいかに熟知しているか。実際にカタログ、マニュアル上に記載される機能を動作させた際に公開されていない制限事項、問題点が存在する場合も少なくない。といった点が非常に重要である。

更に今後は、ネットワークの設計者には、ネットワークのインフラ部分を越えたサーバ、クライアントなどのエンドシステムをカバーする広範囲な技術力がますます要求されることになるはずである。なぜならばネットワークシステムは、既に様々なエンドシステムを有機的に結合するためのハブとして、重要な位置づけを占めており、今後ユーザがネットワーク設計者に求めるスキルの要求はますますその範囲が拡大することになると思われるからである。

そして忘れてはならないのはユーザがネットワークシステムに何を求めているか? という視点である。ネットワーク設計者は得てして技術的な側面に目を奪われ、ユーザがネットワークシステムに求める本質的な要求を見逃してしまいがちである。ネットワーク設計者は技術的な能力に加えて、ユーザとのコミュニケーション能力の向上についても常に心がけなければならない。

最後に、本稿では三洋自販機におけるIPアドレスの体系、セキュリティ機能の実装を含めて詳細な設計仕様に関わる部分については、セキュリティ上の理由から一切

の記載を行っていないことをご了承頂きたい。

- 参考文献**
- [1] インターネットワーキング技術ハンドブック (Cisco Press) Kevin Downes 他著ソフトバンク
 - [2] トップダウンネットワークデザイン (Cisco Press) Priscilla Oppenheimer 著ソフトバンク
 - [3] キャンパスネットワーク設計ガイド (Cisco Press) テリー・クイン=アンドリー, キティ・ハラ著プレントイスホール出版
 - [4] CCIE 基本ガイドネットワークデザイン&ケーススタディ (Cisco Press) シスコシステムズ著ソフトバンク

執筆者紹介 福田 俊 介 (Shunsuke Fukuda)

1985 年神奈川大学経済学部卒業, 1990 年日本ユニシス株式会社入社, ネットワーク機器を使用したネットワークインフラストラクチャの設計/構築, インターネット系サーバを含むイントラネットの設計/構築に従事. 現在, ネットワークサービス部インテグレーションサービス室所属.