

IP 統合ネットワークにおける施設システムの連携と統合

廣瀬 啓一

(技術研究所)

Coordination and Integration of Facility Systems on IP Integration Network System

by Keiichi Hirose

Abstract

Modern building has brought a lot of convenience and comfort to users with a variety of facility systems. In order to construct such building, it is important to install a network system and facility control systems that are used to communicate with various application systems in the building. Author proposes some methods that integrate various networks with common medium. In this study, it is discussed to build a large scale system using the proposed method, and it is considered the performance of the proposed network system based on the measurement.

概要

現代の施設は、情報技術を利用した施設システムがその用途に応じて施設内に多種配置され、多くの利便性・快適性を利用者にもたらしている。それらの機能を十分に発揮させるためには、施設の情報を統合して扱う、神経系にあたる情報通信ネットワークと、統合されたインフラ上にあるシステムの相互運用性が重要になる。

本稿では、異種通信システムを物理的に共通なネットワークとする IP 統合ネットワークと、広域拠点・複数システム相互運用するビル管理 (BA) システムの構築手法について述べ、実際の施設への適用事例を説明する。また、そこでの各システムに関するネットワークトラフィックについて計測を行うことによりネットワーク性能について検証し、IP 統合ネットワークが施設のネットワークシステムとしての要件を満たすことを確認する。

§1. はじめに

本稿では、施設における情報の統合利用と、安全、柔軟かつ低コストなシステムの実現を目的に、複数の用途ネットワークを共通の配線を用い統合した「IP 統合ネットワーク」と、WEB 系技術を基にしたビル管理システムを中心とした施設運用に関わるシステム (以後、施設システム) との計画・構築手法を述べ、実際の建物インフラに適用した例を示す。また、施設システムを中心としたネットワークトラフィックについて計測を行い、IP 統合ネットワーク性能について検証する。

従来より建物内での情報通信のためのネットワークは、用途に応じそれぞれ別のシステムとして構成されてきた。各システムのネットワークは、それぞれの用途の管理運用システムの枠組みで計画され構築されることから、用途により利用・構築ポリシーや運用時の保守管理システムが異なることが通常である。しかし、近年では、省エネに関わる経営判断のために施設運用に関わる情報をユーザ業務用のパソコンで閲覧したり、パソコンのアプリケーションとしてテレビ電話を利用したりするなど、施設における各システムの用途を越えた統合的利用を可能とすることが求められている。

筆者らはこれら各通信ネットワークを、建物における共通の「神経系」実現を理念的思想として、配線量・構成機器の低減および運用の統合、相互運用性の向上を狙い各システムを物理的に共通なものとした「IP 統合ネットワーク」について、これまで内部的に開発・検証を続けてきた。さらに IP 統合ネットワークをインフラとして、広域展開や相互運用性向上を図り、WEB 系技術を施設システム統合の基本エンジンとしたビル管理 (BA) システムの基本技術として取り込む試みも行ってきた^{1),2)}。

§2. 背景:施設における情報システム

現代における施設は、自分自身の機能を発揮維持するために、情報を必要とする存在となっている。

建物の内部環境すなわち温湿度や照明を制御することは必須の事項となり、さらに、建物の内部環境のみならず、衛生給排水、入退場管理・鍵、あるいは電力計測等多様な施設運用に関するシステムの監視・制御も要求される。またこれらのシステムは単独で完結しているわけではなく、例えば解錠に伴い照明が点灯されるなど、相互に連携して動作することも求められる。このように現代の施設は、自分自身の機能を発揮維持

するために、情報を必要とする存在となっており、これら施設運用に関わるシステムを適切に運用するためには、各システムの機能を果たし相互に連携するための情報伝達と、それらを統合して扱うための仕組みが必要となっている。

2.1 施設システム情報化の進展

1960年代後半より機械的・電氣的ロジック機構だけでは困難な、建物環境の動的特性を把握した上でのエネルギー利用の最適化、信頼性・安全性向上を図るために、電子計算機を用いて建築設備の集中監視制御を行うことが志向され³⁾、1970年代初頭には実際の施設に導入され始める^{4),5)}。

1980年代以降、計算機の通信機能であるLAN(Local Area Network)技術は、業務システムのみならず自動制御・中央監視システムをはじめとする個々の施設システムや生産システム(FA)においても利用されるようになる。1990年代には産業用システムにもイーサネット(Ethernet)等の一般的な情報通信ネットワークを活用する動きが現れる。2000年代には、インターネットの発展に伴い既にデータ系では一般的になっていたIP(Internet Protocol)により、施設システム群を連携させる情報交換(監視情報や統計情報の取得、制御指令や警報の送出)が行われるようになった。

そして施設システムの相互運用のために用いられる情報通信ネットワークインフラも、価格や保守性の面から、特殊な機器の通信を除き、イーサネットを基本としたIPネットワークが事実上の標準となっている。

施設内でIP通信ネットワークを利用するシステムは、管理運用上大きく以下のような用途系統に分類されることが多い。

業務(データ)系 施設ユーザの業務による通信。パソコンやプリンタ、サーバなどが接続され、WEB閲覧、メール送受信、ファイル転送や印刷等の信号がやりとりされる。

ユーザが日常業務で用いる機器が接続されることから、平均的に昼間トラフィックが多く、大容量のバースト的転送の発生頻度も高いと推定される。

音声(電話)系 電話・TV会議の通信。以前は建物内ではPBXを中心としたアナログ線による電話通信網が構成されてきていた。しかし現在ではIPネットワークにIP電話機とIP-PBXを接続し、音声をデジタル化・パケット化して通話を実現するIP電話システムが一般的になってきている。

呼制御信号や音声信号等、比較的小サイズのパケットが多量に流れる。パケットの脱落は通話品質の低下に繋がるため、通話性能確保のための対応がLAN設備側で必要になると考えられる。昼間のトラフィック

は大きい、夜間のそれは小さいと推測される。

施設(BA)系 ビル管理システム(BA(Building Automation))—空調・照明・熱源等の監視制御や、物理セキュリティシステム—監視カメラ・入退室システム等の監視、など機器の監視と制御を行うシステムがこの範疇に含まれる。最近では電力監視・制御を重視した、BEMS等エネルギー管理系システムの比重がより高くなっている。

空調、照明、入退室システム等は、サイズの小さいパケットが頻繁に流れること、パケットの脱落が監視や制御の失敗となること、などから、ネットワークシステム側で通信性能確保のための対応が必要になると考えられる。

一方、監視カメラ(ITV)は大量の映像データが流れることから、各カメラの必要フレーム数などから必要な帯域を算出し帯域の制限を行うなど、要件を充足しかつネットワーク資源の蚕食を防ぐ必要がある。

2.2 統合への要求

以上に述べたように現代では施設の各用途においてIPネットワークが一般的に利用されている。その一方で、設計、発注、管理運用の都合により、各用途のネットワークシステムは他システムとは切り離し、個別に構築・運用されることが多い。

しかし近年は省エネのための取り組みを中心としたエネルギーマネジメントが施設エンジニアのみならず施設経営者や利用者に対しても要求され、そのための意志決定や経営判断に影響する情報の確実な蓄積と迅速な提示を行うために、適切なユーザが必要な情報にいつでも・どこからでも簡潔なインタフェースを用いてアクセス可能とすることが施設管理システムの要件とされるケースが増えている。

このような要件を充足するためには、単に用途毎に閉じてネットワークを用いるだけではなく、各システムの情報を集約・集積しシステム相互を連携させるなど、情報を統合して扱う必要が生じてくる。

しかし無定見に個別のシステムを追加し、単純に同じネットワークに繋ぎ込んでいくと、それぞれのシステムに要求されるネットワーク性能が異なるため、システム相互が干渉したり、矛盾した動作が引き起こされるなど、施設システム全体での整合性が失われてしまう。

§3.IP統合ネットワークの提案

そこで、施設システムの情報を統合的に扱うために、建物内の情報通信システムを共通の配線・機器を用い管理運用上も統合する「IP統合ネットワーク」として構築し、有機的な空間を構築するためのインフラ

とすることを提案する。IP 統合ネットワーク構築の目的としては、情報の統合化に加えて以下の効果の追求が挙げられる。

1. 建物内に敷設する情報通信ネットワーク機器・配線の量を低減できる。
2. 機器の論理構成の変更により、新たなシステムを容易に追加・変更できる。
3. 共通資源とすることにより、幹線ネットワークにおける管理運用手順や障害対応を共通のものとする。

一方、統合を行うために解決すべき課題としては以下の項目が挙げられる。

- 通信媒体を同一にした場合の相互の影響を少なくする。
- ネットワークシステムがダウンしても、施設機能が完全停止することを防ぐ。
- 管理運用分界点の設定…システム障害時の原因切り分けや、管理運用の際の責任分界点を明確にする。

3.1 VLAN による論理的ネットワーク区分

IP ネットワークは、その下位レイヤーに通常 Ethernet を利用する。Ethernet では、同じネットワーク (ブロードキャストドメイン) に多数の機器が接続されると、自分とは無関係なブロードキャストの増加により、通信性能が低下してしまう。また、スイッチのインタフェースや配線を共有するスイッチ間通信では、ファイル転送など転送量が大い用途と、制御システムのように帯域は非常に小さいが遅延は許されない用途が混在する場合、前者の転送により後者の転送に待ちが入ることによりパケット転送に遅延や失敗が生じ、通信性能の低下が起こる場合がある。

そのような相互に影響する問題を解決するために、ネットワークを論理的なグループに分割する VLAN (Virtual Local Area Network) を用いた。これにより、それぞれの VLAN を一つのネットワークとして経路制御や性能設定を個別に行うことが可能となった。

IP 統合ネットワーク構成のために、以下に挙げる VLAN 手法を用いた。

ポート VLAN スwitchの接続ポート毎に「どの VLAN に属するか」を設定することにより、接続ポートのグルーピングを行う。図-1において、VLAN1 と設定されたポートに接続している機器同士、あるいは VLAN2 と設定されたポートに接続している機器同士は通信可能だが、VLAN1 と VLAN2 間で相互に通信することはできない。

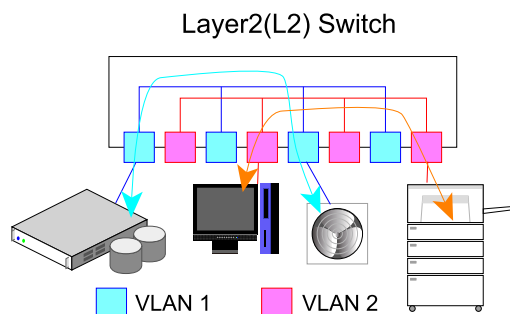


図-1 ポート毎に VLAN を設定

タグ VLAN 通信するデータ (Ethernet フレーム) に VLAN を識別する「タグ」を追加し、どの VLAN (グループ) に属するフレームかを識別可能とする方法で、IEEE802.1Q⁶⁾として規格化されている。複数のスイッチ間を跨いで、各 VLAN に属するフレームを相互に送受することができる。スイッチ間の通信線は単独でも問題ない。図-2の例のように、PCからの信号はスイッチで VLAN2 タグが付され、対向のスイッチに送られる。対向のスイッチでは、受け取ったフレームからタグを除き、プリンタにフレームを送る。サーバと空調機の通信もスイッチ間で同経路を用いるが、こちらは VLAN1 タグがついているため、混信することはない。

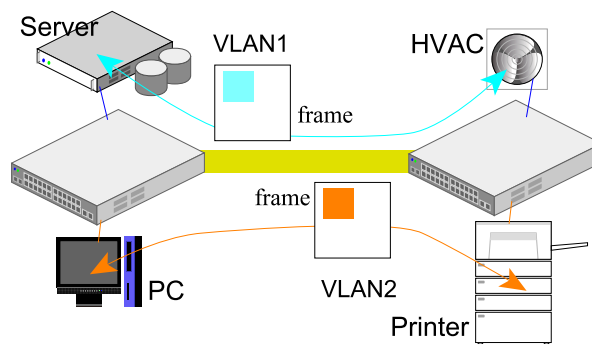


図-2 スイッチ間でのタグ付きフレームによる通信

VLAN を利用した通信品質確保 スイッチ間の通信をタグ VLAN 設定とし、PC やサーバ等の機器に対してはタグを解いてポート VLAN で接続することとした。通信の優先順位や帯域の設定を VLAN 単位で行い、アプリケーション毎に必要なネットワーク資源を割り当てる。

経路制御 不要な通信による干渉、不正侵入、マルウェアの伝播等を防ぐために、各 VLAN 間の通信は、必要な場合のみルータ・L3 スイッチ等により接続することとした。

3.2 可用性対策 (冗長化)

現代の LAN システムの標準的な構成は、スイッチ (SW) を中心としたスター型トポロジーをとるため、構造的に SW が単一障害点となる。したがって、SW が故障するとそこに繋がる機器の通信は途絶してしまふ。IP 統合ネットワークにおいては、情報通信ネットワークが障害により通信不可能となると、業務だけではなく施設の運用そのものがストップしてしまう。

事業継続性の確保のために、機器故障や災害があつたとしても通信し続けられるよう、情報通信ネットワークの冗長化を計画した。

冗長化手法としては、既に当社研究所などで採用し運用実績が積まれている、スタック&アグリゲーション方式を用いることとした。ハードウェアチャンネルで複数 SW を接続 (スタック) して一体の SW として動作させ、相互に冗長構成を監視制御する。端部の SW はスタック上の異なる SW からそれぞれ接続経路を張り、論理上一つの接続とみなす (図-3)。大規模な

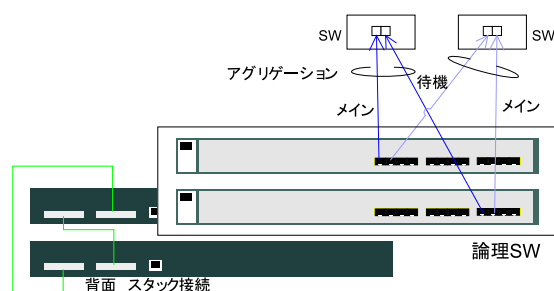


図-3 スタック&アグリゲーション構成

ネットワークにおいては、さらにこの機能を抽象化し、上位や平行する SW に対しても冗長接続を行うことが可能なネットワーク仮想化を適用できる。これらの手法は特定のメーカーに限定される手法であったり、非常に高価な機器を必要としたり (仮想化ネットワーク) するが、障害検知時の切替が高速であり、平常時にも複数の経路を同時に通信に利用することにより高い性能を享受できるなど、良好な性能を発揮することが期待できる。

3.3 施設システムの通信手順

一方、省エネ法などを背景に、非専門家であっても施設の情報を統合し利用する要求が生じてきたことから、ビル管理システムをはじめとする各種施設システムも、それぞれの機能を相互に連携させた統合的な施設アプリケーションとして、適切なユーザインタフェースを用いてユーザに提供することが求められてきている。また、事業者が複数の管理対象を統合的に扱うための多棟管理・広域管理機能も要件とされるようになってきている。

しかし、従前の施設システム関連の通信プロトコルでは、それらの要件を満たすには十分ではなかった。例えば施設管理プロトコルである BACnet/IP⁷⁾は UDP/IP による通信を採用しているが、同一サブネット内に通信相手が居ることを前提としているため、IP ネットワーク上でルータやファイアウォールを越えて運用するためには BACnet 専用の経路制御機器が必要となる。従って BACnet を IP 統合ネットワーク上及び広域対応システムの相互運用プロトコルとすることは難しい。

そのため筆者らは、多様な機種からなる施設・設備管理システムの相互運用性を確保する、SOAP(Service-Oriented Architecture Protocol)⁸⁾による施設関連システムの開発を進めてきている^{1),2)}。

SOAP は通信の足回りとして、Web で用いられる HTTP を基にすることが一般的であり、IP ネットワークやインターネット上での取扱いが容易である。また、SOAP における通信コンテンツを記述する XML(eXtended Markup Language) は、データへの構造と意味の付与が可能であるため、異なる思想の下に構成されている機器間で流通するデータ表現として有用である。

3.4 統合された施設システムの構成

ネットワーク的・物理的な配置の自由度と、多様なシステムへの対応能力の獲得を狙い、また過度の集中処理を避けることを考慮し、ビル管理システムを中心として統合された施設システムの構成を定める。各設備機器を専門に監視制御するサブシステム、サブシステムと BACnet/IP 等の通信手順により、監視制御の実際の信号を扱うローカルステーション (LS) と、複数の LS から SOAP により監視情報を集約し制御情報やスケジュール計画を LS に発行する BA サーバからなる分散的な階層構造を採用している (図-4)。

LS は WEB API を持たないもののそれ自身完結した設備監視制御システムであり、単独でもミドルレンジ案件での自律的監視制御を行う能力がある。

BA サーバは、各設備の負荷点 (ポイント) のコンフィグレーションや現在の状態を示すポイント値を保持するオブジェクトとデータベース、および監視制御ロジックを備える。また、監視制御のためのインタフェースとして WEB サーバを持ち、LS に対しては通信用 WebService を、監視クライアントに対しては監視画面用 WEB API を提供する。

監視クライアント PC は WEB ブラウザで BA サーバに接続することにより、中央監視 WEB アプリケーションを利用した施設管理業務を行う。

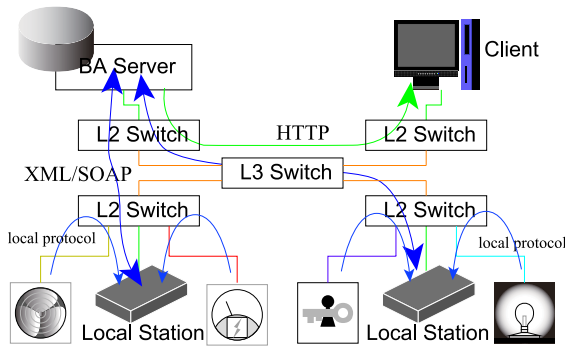


図-4 ビル管理システム基本構成

§4. 実建物への適用と評価

ここまで述べた提案を基に、高層事務所ビル(建築面積: 2,200 m^2 、延床面積: 51,800 m^2 、地下3階+地上22階・塔屋1階、建物高さ: 110m)においてIP統合ネットワーク上に統合的施設システムを構築した。ネットワークシステムの規模としては、業務系ネットワークへの接続端末数が約5,000台、IP電話端末数が約4,000台、設備システム機器数が250台となっている。

4.1 システムの構築

4.1.1 ネットワークシステムの構成

基幹ネットワークはIP統合ネットワークとし、耐障害性を高めるために、3階層のネットワークを基本とした冗長化構成をとった。各階層は次に挙げるものである。

コアスイッチ 大型L3スイッチ複数台を10GBEでスタック接続した仮想化ネットワークスイッチを、全てのVLANを接続しパケットのフォワーディングとルーティングを行う中心に位置するスイッチとした。

フロアスイッチ 複数のスイッチを束ねて(スタック)1つの論理的スイッチとみなし、複数配線により相互に接続するスタック&リンクアグリゲーションを基本とした冗長化構成とした。ここでは2つのスイッチをスタックし、コアスイッチからの2つの配線を異なる物理スイッチに対して接続している。

アクセススイッチ フロアスイッチからの配線を受け、端末や機器を接続するためのポートを提供する。1つの論理フロアスイッチ中の異なる物理スイッチからそれぞれ1本、計2本の配線を受け、耐障害性を高めたシステム構成としている。フロアスイッチから送られてきたフレームのタグを外し、各VLANポートに転送する。逆に端末・機器側からのアクセススイッチへの通信は、VLAN毎にタグを付与してフロアスイッチへ送り出す。アクセススイッチ-フロアスイッチ間や、フロアスイッチ-コアスイッチ間は全てタグ

VLANで接続されている。(図-5)。

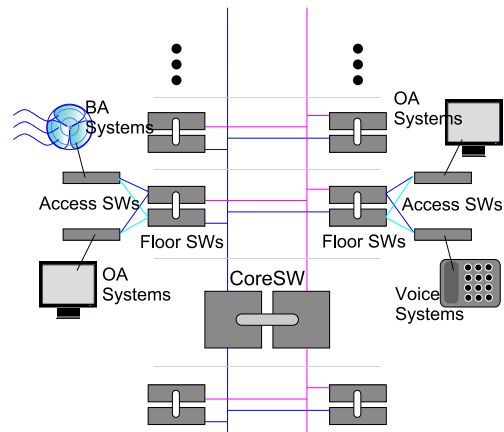


図-5 冗長化ネットワーク構成

4.1.2 ネットワーク通信品質の確保

システムシステムにより必要帯域や遅延に対する許容度を事前に調査し、各システムが利用するVLANに対して優先制御に関するQoS(Quality of Service)設定を行った。音声系や施設系ネットワークは小帯域だが低遅延が要求されることから、各スイッチにおいて当該VLANの優先順位を高くすることにより、小帯域低遅延システムと、大トラフィックシステムとの干渉を小さなものとするのが期待できる。

施設系ネットワークは、接続機器総数は250台程度であったが、空調自動制御、照明、監視カメラ、電力監視制御などのサブシステムが接続され、制御点としては総数約20,000点の監視と制御を行うことになった。各サブシステムはそれぞれ用いる監視・制御手法やプロトコルが異なるため、トラフィック傾向も異なる。そこで他システム間でのトラフィック負荷による影響を低減するために、各サブシステムをそれぞれ別VLANとし、各々の優先順位を個別に調整して、系全体としてのQoSを確保した。特にITVは、送受するパケット量・サイズともに大きく、台数も65台と大トラフィックが予測されるシステムであることから、優先制御対象からは外した。各サブシステムは同一VLAN内でサブシステムとして一貫性のあるネットワークを構成し、システムベンダー固有の機能などを他からの干渉を受けない形で動作できる。

4.1.3 ビル管理システムの実装

物理的に分散配置されたLSの監視・制御情報は、BAサーバにより集約される。LS-BAサーバ間はXML/SOAPを用いた通信により、監視制御情報を交換する。統合BAサーバは、中央監視アプリケーションとしてWEBベースでのユーザインタフェースを提供することにより、施設情報を公開し、オペレーションを統合した。中央監視アプリケーションはサーバからクライアントに対するプッシュ通信を可能とし



図-6 Web ベースの BA 監視画面

ており、ポーリングによる実装との比較でリアルタイム性向上と通信量低減を実現している (図-6)。

IP 統合ネットワークは耐障害性を高める構成としているが、なお通信障害が生じた場合においても、施設機能は一定の水準で維持する必要がある。そこでビル管理システムにおいては、LS 単独でもある程度の監視制御を行うことができる局所管理、自律的運用を構成ポリシーとして、以下の方針を適用した。

- 施設系サブシステムを物理的な配置 (階、エリア) とシステム系統によって分節する (ローカル監視制御エリアの設定)。
- 各階を担当する施設系サブシステムは、各階に設置された LS により必要な制御指令を受け取り、また、LS に対し監視情報を提供する。

この構成により、幹線障害時においても各エリアにおいて必要な監視制御を継続し、ユーザの操作も有効とすることができる (図-7)。

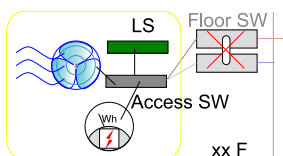


図-7 LS による局所的監視制御

4.2 通信面でのシステム評価

以上のように構築した IP 統合ネットワークと施設システムのうち、施設系におけるネットワークトラフィック (データ転送量) について計測を行った。こ

こでは、施設系ネットワークの各サブシステムに視点を置き、計測値をもとに IP 統合ネットワークの要件に対する性能について考察する。

4.2.1 トラフィック計測手順

施設系システムが繋ぎ込まれるアクセス SW に対して、各ポート毎のバイト数、ユニキャストパケット数、マルチキャストパケット数、ブロードキャストパケット数、のそれぞれ入出力値について 300 秒毎に SNMP により問い合わせ集計することによりトラフィック計測を行っている。従って、以下に示すグラフはトラフィックの 5 分平均量としてとらえられる。

計測サーバには PC サーバ (OS: FreeBSD 9.0-Release) を使い、SNMP 問い合わせには、Net-SNMP project⁹⁾によるツール“snmpbulkwalk”を用いている。

4.2.2 トラフィック計測結果

2012 年の同一のある 1 日間の施設系ネットワークの各サブシステムにおいて、特徴的な性質を持つと思われるトラフィックをグラフ化した結果が図-8~12 である。緑色のグラフはアクセス SW に対する input (設備機器側から見ると出る方向)、一方青色 (点線) のグラフはアクセス SW に対する output (設備機器側に入る方向) を示している。

ローカルな制御系統を構成している空調自動制御系機器の通信 (図-8) をみると、120 分周期で同じパターンを刻む定期的なトラフィックが繰り返されている。22 時に見られるピークは、ログデータの転送によると考えられる。

照明系 (図-9) をみると、日毎のパターンが明瞭に見られる。12 時と 13 時に急峻なピークを持ち、7 時 30 分と 20 時付近に緩やかな頂点を持っていることが

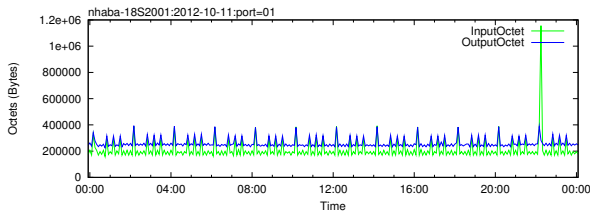


図-8 空調自動制御系のトラフィック

分かる。早朝および昼間のピークは照明の点灯・全消灯のための制御信号によるトラフィックであると考えられる。16時以降は通信量が増加するが、20時付近を最大として漸減する。

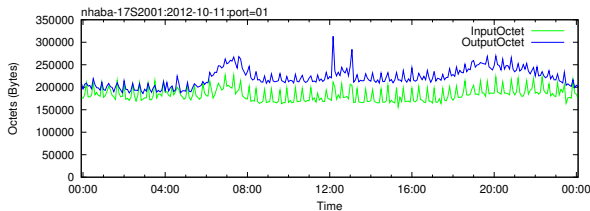


図-9 照明系のトラフィック

BA サーバのトラフィック (図-10) については、設計時の想定 10Mbps を平均的には下回っており、1日で見した場合時間に応じた比較的明瞭なパターンが確認できる。一方で、1週間に数回程度バースト的に想定値付近まで流量が増加する場合が観察される。

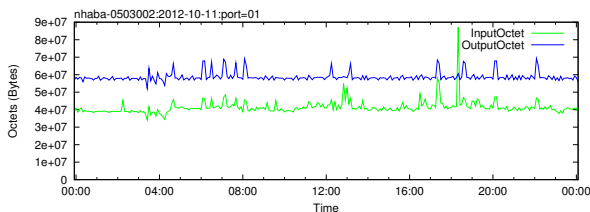


図-10 BA サーバのトラフィック

カードによる鍵管理を行う入退場システム系のトラフィック (図-11) は、出退勤時間にそれぞれピークをなし、特に input(カードシステムの出力) 側は日中に主なトラフィックが集中するなど、時刻により明瞭なパターンを描いている。

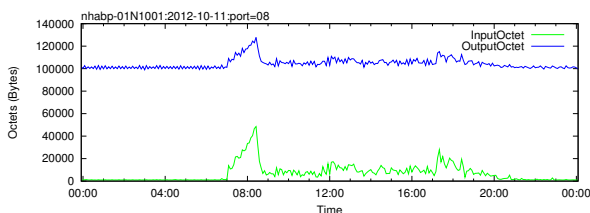


図-11 入退場システムのトラフィック

ITV システム系の映像サーバのトラフィック (図-12) は 130Mbps と設計時の想定帯域を下回るが、ITV 145

カメラの台数が 65 台と設計当初想定 11 台の 6 倍となっている。実測ではカメラ 1 台あたりの最大トラフィックは 5Mbps であり、ピーク時には ITV 系での総想定帯域 550Mbps に近い値で推移している。

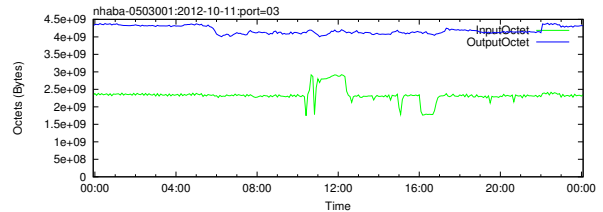


図-12 ITV サーバのトラフィック

以上で示したように、施設系のなかでの各サブシステムのトラフィックは大きく異なっている。そこで比較のため、2012年10月1日～10月31日の期間について、あるアクセス SW に連なる各系統のポートをそれぞれ 1 つ取り出し、input 方向、すなわち各機器から発せられ基幹方向に向かうトラフィックの対数を取り比較した (図-13)。図-13 から全般的な傾向をみる

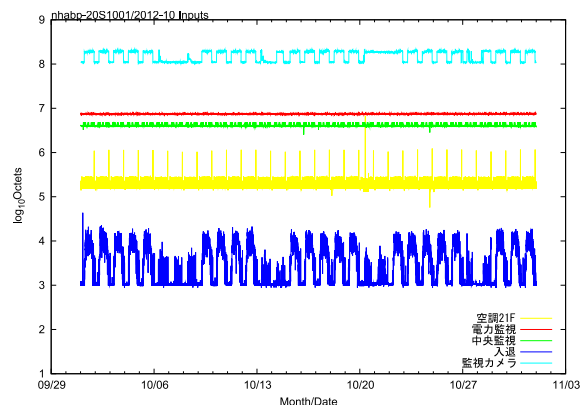


図-13 各系統間トラフィックオーダー比較

と、ITV の通信量が圧倒的に多く、空調自動制御系とは 10^3 倍、入退系とは 10^4 倍の開きがある。中央監視 (LS-BA サーバ間) および電力監視系は、ITV とその他の中間程度に位置する。以上より、このネットワークの帯域は ITV 系の通信により規定されると言える。

§5. おわりに

本報では、施設システムを中心としたネットワークトラフィックについて計測を行い、施設システム視点での IP 統合ネットワーク性能について概観し、ユーザが人間ではなく各種設備機器である施設系システムネットワークの、各システムにおける特徴的なトラフィックを確認することができた。施設系各システムのトラフィックは、周期的かつ明瞭なパターンを確認できる場合が多く興味深い。設備の運用と合わせてト

ラフィックの周期性を継続的に観察することによりあるべきトラフィックを推定し、現状と比較することで設備の健全性や障害検知を間接的にすることも可能であると考えられる。

一方、施設系ネットワークにおける各サブシステム系統間の比較により、系統間の通信量の相違が非常に大きいことが確認できた。しかし IP 統合ネットワークにおいては、VLAN による系統分離と優先制御設定により ITV 以外の施設系通信の優先順位を高く設定していることから、このトラフィックの差にもかかわらず小トラフィックシステムも支障なく機能できてお

り、提案の手法は統合の要件を満たしていると考えられる。

なお、可用性については現在のところ検証できるイベントが発生していないため、今後も注視する必要がある。

これらのシステムを安定して運用し、障害発生や性能低下を抑止するためには、システムのモニタリングを行い、定常状態を知る必要がある。今後は施設系のみならず、業務系や音声系のモニタリングも実施し、施設における通信の形を全体として把握していきたい。

<参考文献>

- 1) 広瀬 啓一, “広域対応施設管理フレームワークの検討 –XML/SOAP を基とした統合監視制御システムの開発–”, 2007 年度日本建築学会大会学術講演梗概集 (九州) A-2, pp.493-394, 2007
- 2) 佐藤 和浩, 広瀬 啓一, 斉藤 浩, 高島 斉, “「統合警報監視システム」の開発”, 清水建設研究報告 第 86 号, 2007
- 3) 荒木 睦彦ほか, “清水建設研究所設備のコンピュータ制御システム (その 1-4)”, 清水建設研究所報 第 22 号, 1974
- 4) “環境・エネルギー性能の最適化のための BEMS ビル管理システム”, 社団法人 空気調和・衛生工学会, 2001
- 5) 大門 豊, “建物に頭脳と神経を与えたビル管理システム開発物語”, 「設備開発物語 建築と生活を変えた人と技術」建築技術支援協会・LLB 技術研究会 編, pp.178-181, 市ヶ谷出版社, 2010
- 6) IEEE Computer Society, “802.1Q IEEE Standards for Local and metropolitan area Networks, Virtual Bridged Local Area Networks”, The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2003
- 7) American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, INC: “BACnet ビルディングオートメーション用データ通信プロトコル (原題: A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks (ANSI/ASHRAE 135) 2004)”, 社団法人 電気設備学会, 2005
- 8) World Wide Web Consortium (W3C): “SOAP Version 1.2 Part1: Messaging Framework”, <http://www.w3.org/TR/2003/REC-soap12-part1-20030624/>, 2003
- 9) <http://www.net-snmp.org>