

ビルディングオートメーションシステム

Building Automation Systems

インテリジェントビルで居住者にはより良いオフィス環境と安全性を、ビルオーナーや管理者には省エネルギー、省力及び増改修時のフレキシビリティなどの経済性を与えるために、ビルオートメーションシステムがOAシステム、高度情報通信システムと並んで非常に重要な地位を占めている。

本稿では快適正、省エネルギー及び省力を追求するビル管理システムを中心に、安全確保のための防災システム、セキュリティシステムを統合した統合化ビルオートメーションシステムの位置づけ、構成、機能、統合化による特長と効果、及び最近の動向について記述する。統合化ビルオートメーションシステムを構築することによって、いっそうの経済的効果、居住者に対する利便性及び安全性の確保を得ることが可能になった。

豊田武二* *Takeji Toyoda*
金子 隆** *Takashi Kaneko*
奥田雅夫*** *Masao Okuda*
伊藤昌廣**** *Masahiro Itō*

1 緒 言

インテリジェントビルの要求機能を大きく分類すると、OA (Office Automation) 支援機能、高度情報通信機能及びビルディングオートメーション機能(ビル総合管理サービス機能を含む。)の3機能が中心となると考えられる。前の二つの機能は、高度情報化時代でのオフィスで働く人々の創造性を高め、かつオフィス業務の生産性の向上を支援する機能である。三番目のビルディングオートメーション機能は、前の二つの機能の具備しているビルディングなどの電気設備、空調設備、給排水衛生設備、防災設備及びセキュリティ設備に対して統合的にコンピュータシステムにより管理、制御をすることによって、次の二つの効果を得ようとするものである。

- (1) 居住者に対しては快適性、利便性及び安全性を必要時、必要箇所に提供することによって、より良いオフィス環境を提供する。
- (2) ビルオーナーやビル管理者に対しては、省エネルギー効果、省力効果、保全性とサービス機能向上によるランニングコストの低減、設備改修時のフレキシビリティの確保及びライフサイクルコスト効果の向上に貢献して、ビル管理の付加価値をいっそう高める。

このビルディングオートメーションに対するニーズは、最近建設省で行ったインテリジェントビルに関するニーズ調査¹⁾でも非常に高い。このビルディングオートメーション機能の支援と実現を図る主要システムがビル管理システムであり、インテリジェントビルでは、従来のビル管理システム以上に重要性を増し、多様でフレキシブルな機能が求められている。

2 ビル管理システムの動向²⁾

2.1 インテリジェントビルに対するシステム機能

ビル管理システムは、ビルなどの建築設備での基盤技術として日立製作所の場合は日立ビル管理システム“BUILMAX”を中心に約20年の歴史を持っている。インテリジェントビルに追従するためには、下記の機能を満足することが必要であり、この機能はインテリジェントビルだけでなく、一般ビルや工場、プラント設備などの産業施設に対する管理システムの基本機能になりつつある。

- (1) オフィス設備、情報通信設備、オフィス空間の変更・増設に対する建築及び建築設備側のフレキシブルな対応に対し、直ちに追従する柔軟性の確保。
- (2) オフィス業務の生産性向上のための環境性(エルゴノミクス)の向上をサポートする、オフィス業務と連動した環境制御機能の充実。
- (3) オフィス業務の生産性を阻害する要因の排除、すなわち設備の運用上の信頼性を確保するための機能の充実。
- (4) オフィス業務の高度化、高品質化及びオンライン化に対する情報の安全性を確保するための機能の充実。
- (5) 情報通信系との協調が可能で、OA側と情報交換及びデータ処理の機能分担が可能。
- (6) ビル管理システムの信号伝送メディアとして、ビル内のPBX (Private Branch Exchange : 構内電話交換機)系やLAN (Local Area Network)系を共用し、伝送のフレキシビリティを確保。
- (7) 信頼性のあるビル設備の運営及びエネルギー、ランニングコスト低減のための機能の充実。

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所水戸工場 *** 日立製作所システム事業所 **** 日立エレベーターサービス株式会社

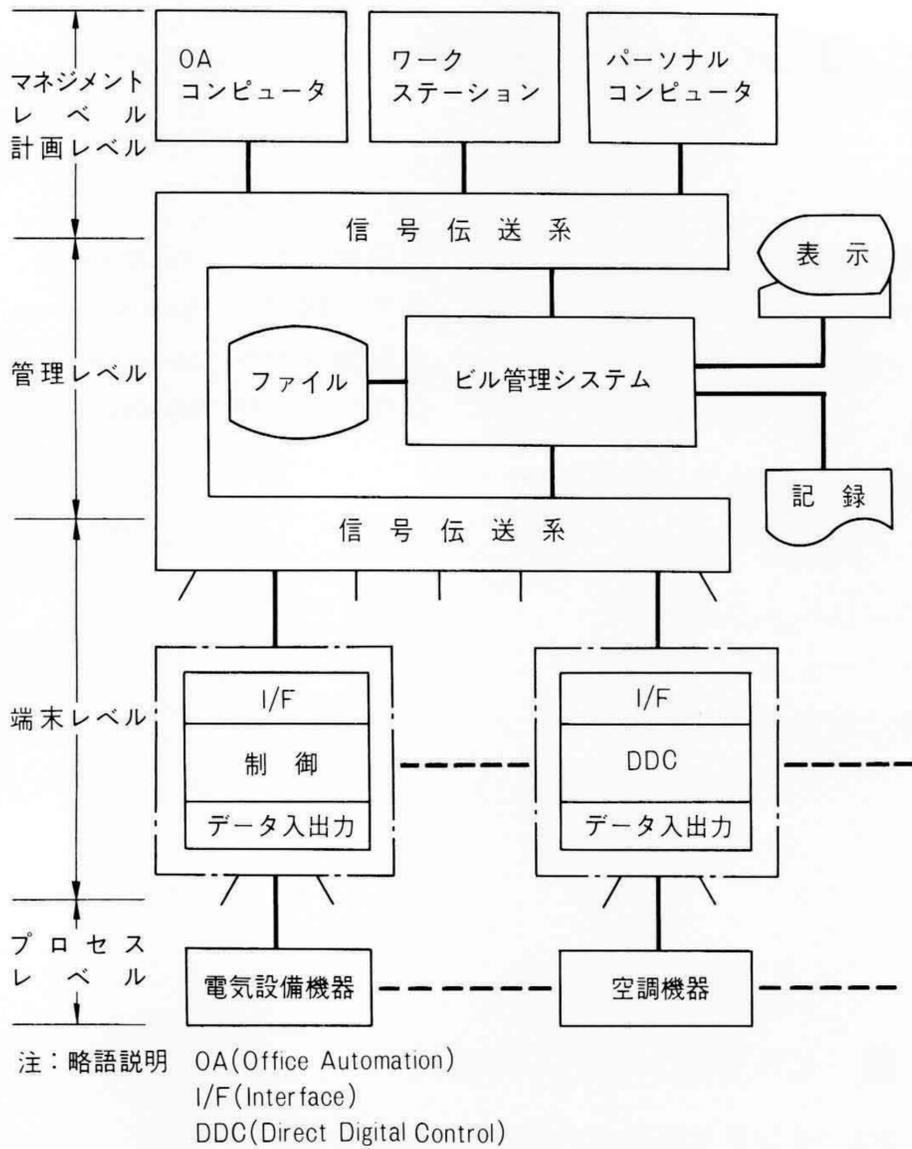


図1 BUILMAXシステム階層構成 システムの階層構成と各階層の内容を示す。

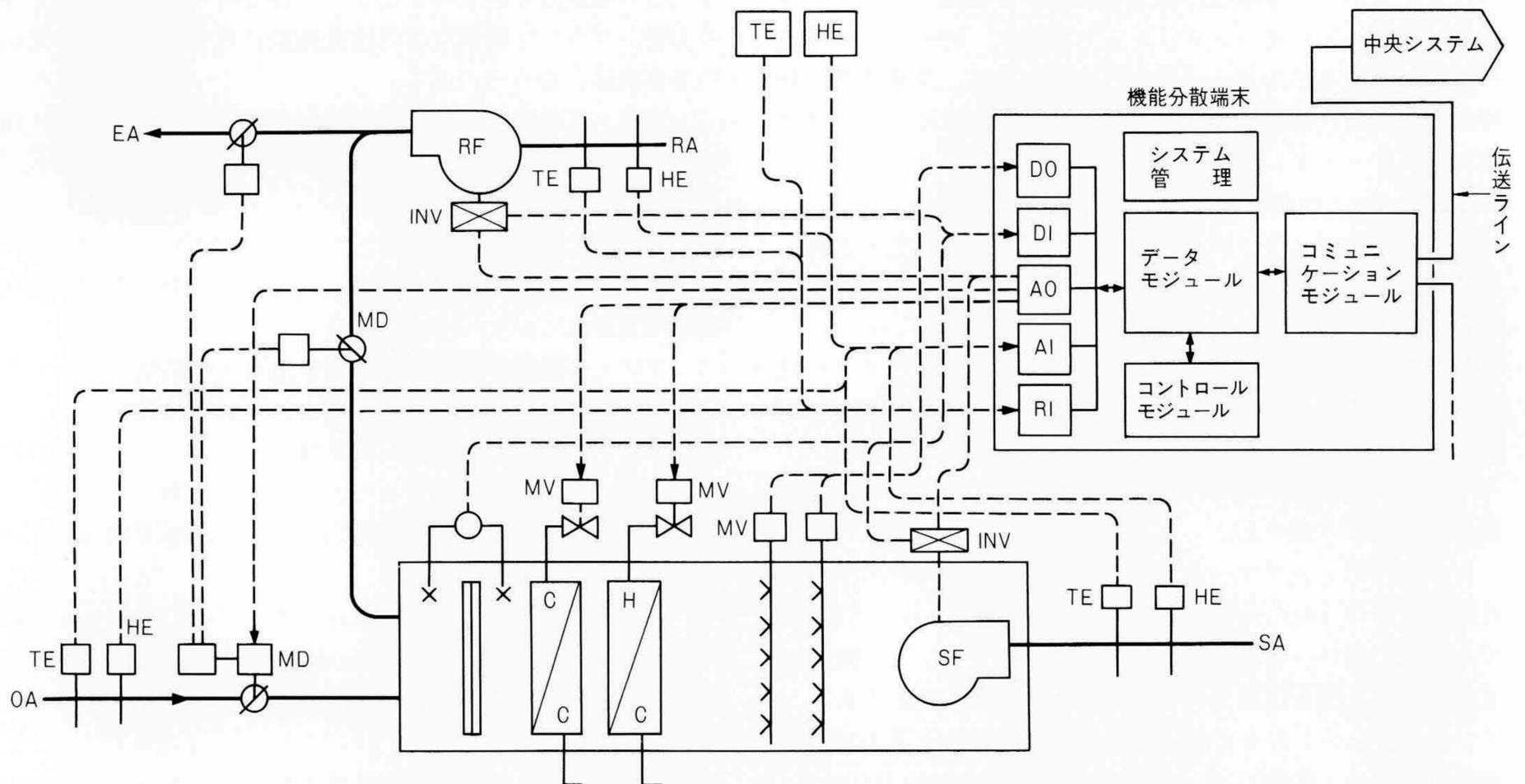
(8) ビル設備マネジメントのための管理機能及び電気、ガス、水道などの使用量に対するテナント又は部門ごとへの課金計算機能の充実。

(9) 防災システムやセキュリティシステムとインテグレーションを図り、統合的管理サービスの提供。

(10) ビル内部・外部の各システムとの統合が可能で、総合管理システムが構築できるように多様なシステム間インタフェース機能の具備。

2.2 システムの構成と機能分散制御

コンピュータシステムの分野では、集中処理と分散処理についてその長所と短所が盛んに論じられてきたが、マイクロコンピュータの技術、ネットワーク技術、データベース技術及び分散システムアーキテクチャ技術の発展に支えられて、現在は概して分散化の傾向が強い³⁾。ビル管理システムでも、従来の管理制御の中央集中監視制御方式から「管理の集中、制御の分散」を基本コンセプトとした分散制御方式が、同様に信頼性、制御性、応答性及び拡張性向上の点から主流になりつつある。日立ビル管理システム“BUILMAX”での分散の形態は、図1の階層構成図に示すようにプロセス側からプロセスレベル、データ入出力、ローカル制御などの端末レベル、管理レベル及び計画マネージメントレベルによって構成される機能別階層分散制御方式としている。この方式により、従来システムに対していっそうの管理性能、制御性能、信頼性、応答性及びシステム柔軟性の向上を得ることができ、前項に記述したシステム機能達成のための基本要因であり、イ



注：略語説明 AI(アナログ入力) DO(デジタル出力) HE(測湿素子) SA(サブライエア) MD(モータダンパ) INV(インバータ)
AO(アナログ出力) RI(抵抗値入力) RA(リターンエア) SF(サブライファン) C/C(冷水コイル) EA(排気)
DI(デジタル入力) TE(测温抵抗体) RF(リターンファン) MV(マグネットバルブ) H/C(温水コイル) OA(外気)

図2 機能分散端末と空調機 空調機でのHIRISと自動制御の構成例を示す。従来の温度調節計方式と比較するとシンプル化されている。

ンテリジェントビルに最適なシステムであると同時に、今後のビル管理システムでの基本技術の一つになっている。すなわち図1に示した端末レベルには、マイクロコンピュータ内蔵のインテリジェント化端末“HIRIS”(Hitachi Remote Intelligent Station)が使用される。この端末は機能分散端末ともいわれ、DDC(Direct Digital Control)をも含めたプロセスレベルに対するローカル制御機能と管理や監視に関する情報の収集と分配、及び管理レベルに対するデータの送受信機能を備えている。制御機能のローカル分散によって危険分散と機能分散が図られ、信頼性・制御性・柔軟性の向上を確保できる。また、管理レベルを構成する中央処理システムの制御負担を軽減することによって管理機能の充実と応答性の向上を図ることができる。管理と制御の機能分散によって、管理レベルと端末レベル間の信号伝送システムでのデータ量が大幅に軽減されるために、伝送メディアとしてビル内の情報系通信システムであるPBX系やLAN系などの使用が可能となる。

図2及び表1に、機能分散端末HIRISの構成例と分散機能内容例を示す。

2.3 BUILMAXシステム

図3に、日立ビル管理システム“BUILMAX”の基本構成を示す。BUILMAXシステムは管理点数、管理内容、規模別に次の3種をシリーズ化している。

- (1) 大規模用……BUILMAX-L
- (2) 中規模用……BUILMAX-M
- (3) 小規模用……BUILMAX-S

図4にBUILMAX-Mの外観を示す。それぞれのシステムは、階層別機能分散制御システム構成を核として表2に示す機能と性能を持ち、マンマシンの高機能化、インテグレート対応

システム、システムのフレキシブル化及び高信頼化を中心に、図5に示す特長を持っている。表3に各シリーズの標準ハード仕様を示す。

2.4 省エネルギー制御機能

空調設備及び電気設備に対し表4に示す制御目的(機器の高効率運転、機器の運転時間、空調負荷の軽減、外気エネルギーの活用、熱回収、夜間電力利用、契約電力の低減及び電力基本料金の低減)に対し、最適化制御することによって、15~20%の省エネルギー⁴⁾の実現を図る。これらの省エネルギー制御は、管理レベルからのスケジュールや最適演算された目標値を機能分散端末“HIRIS”側で保持し、保持されたデータに従ってHIRIS側で実行される。

2.5 省力制御機能

日常業務、非常時業務の自動化及びシステムのインテグレート統合化によって、下記の機能により省力効果の実現を図る。

- (1) 日常業務の自動化
 - (a) 動力や照明機器のスケジュール制御
 - (b) 計測上・下限値の自動チェック
 - (c) 日報、月報などの管理レポートの自動作成
 - (d) 電力や水道などの使用量の負担元ごとの自動集計及び作表
 - (e) マンマシンインタフェースを改善し、フレンドリー化による監視操作効率の向上
- (2) 非常時業務の自動化
 - (a) 動作、故障の発生時刻、種類及び内容の自動記録
 - (b) 停電時、復電時の負荷の制御
 - (c) 火災時の関連空調機器の自動停止
 - (d) 故障時の日本電信電話株式会社加入回線利用による遠

表1 中央システムとHIRISの機能分散例 中央管理系、HIRIS、プロセスの機能分散の内容とデータの流れを示す。

中央総合管理システム	機能分散端末“HIRIS”		プロセス
基準時刻、登録スケジュール 残業延長スケジュール、 臨時スケジュール 季節判定・冷暖判定 外気利用判定 各種統合制御 各種予測機能 パラメータ設定、上下限值設定 OA遠隔オン・オフ アニュアル オン・オフ モニタ、記録のリクエスト	基準時刻受信及び時刻管理 週間スケジュール、 臨時スケジュール保持 季節判定・冷暖判定保持 外気利用判定保持 各種統合制御指令保持 パラメータ値上下限時保持 ループ制御設定値保持 中央マニュアル発停出力	送風温度制御、可変風量制御 外気冷房制御、最小外気量制御 ウォーミングアップ及びクーリ ングダウン制御 ゼロエネルギーバンド制御 スケジュール制御 手元スイッチ入力による発停制御 ハンディオペレータコンソールに よる個別操作(メンテナンス用) 出入管理空調機オン・オフ	ダンパアクチュエータ(AO) 冷温水弁(AO) 加湿弁(DO) 切換弁(DO) FAN動力(DO) FAN INV(AO) 出入管理(DO)
設備モニタ、計測モニタ 異常上位発報 設備情報管理 設備情報収集管理 各種トレンド、履歴管理 収集データ、統計データ上位転送	状態変化、 警報ローカルファイル 計測値ローカルファイル 運転時間・回数積算 計量パルス積算 ハンディオペレータコンソ ールによるモニタ	状態変化検出、警報検出、 上下限検出 計測値検知 手元スイッチ入力検出 出入管理入力(最初入、最終出)	温度(RI) 湿度(AI) 風速(AI or DI) 差圧スイッチ(DI) 手元スイッチ指令(DI) 状態(DI) 出入(DI) 故障(DI)

注：略語説明 HIRIS (Hitachi Remote Intelligent Station)

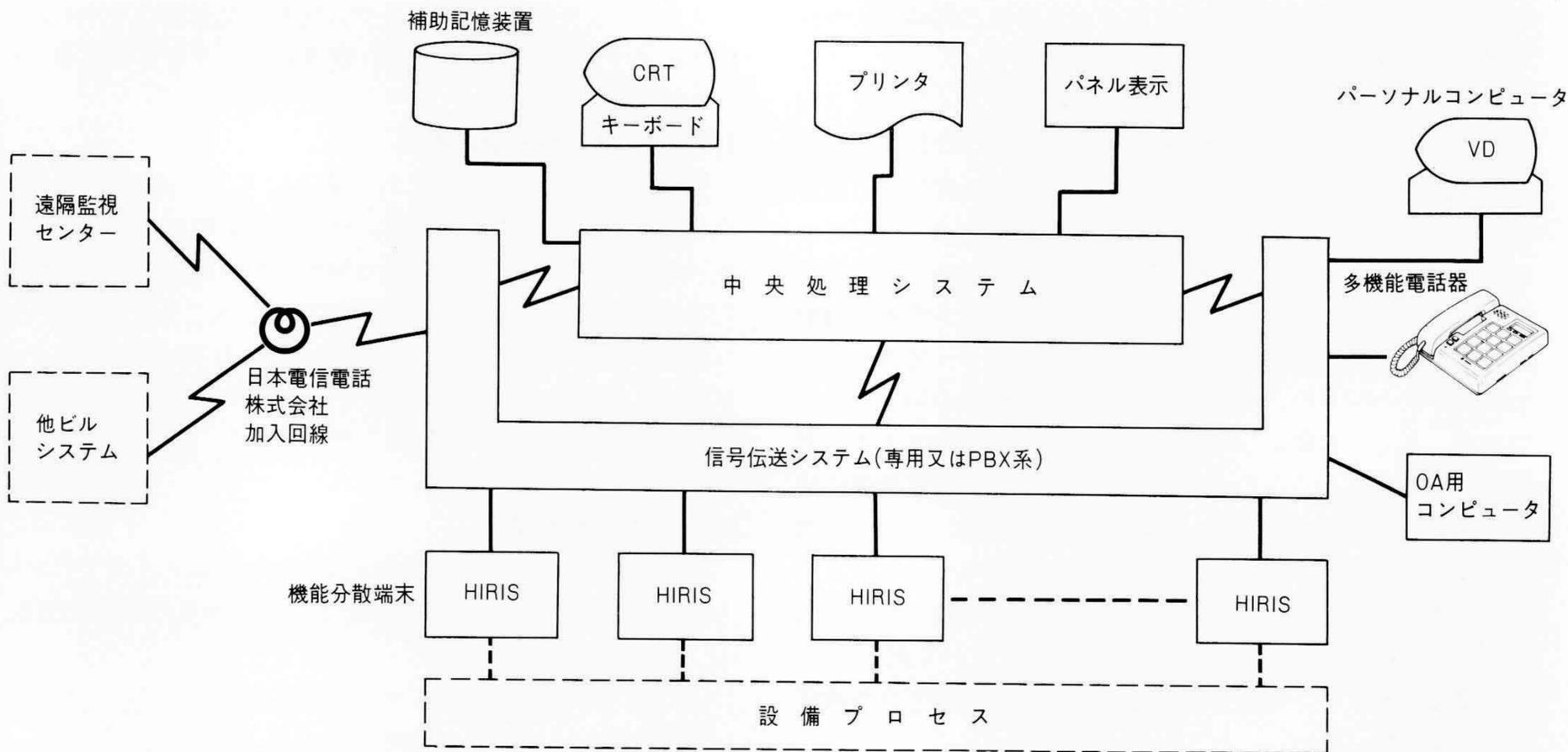


図3 BUILMAX基本構成 BUILMAXシステムの基本構成を示す。本システムは、中央処理システム、伝送システム及び機能分散端末で構成される。



図4 BUILMAX-Mシステム外観 中規模向けBUILMAX-Mシステムのデスクトップ形監視操作卓を示す。

隔監視者への通知

(3) システムのインテグレート統合化

システムの統合化による機能と効果については、3.2節の統合化による機能で記述する。

3 総合ビルディングオートメーション

3.1 統合管理と総合ビルディングオートメーション

経済の国際化によって24時間の経済活動が現実となった今日で、インテリジェントビルの居住者であるテナントの勤務時間帯などの勤務形態が多様になってきている。したがって、

従来のような一率的な環境とセキュリティサービスでは不十分であり、テナント単位にきめ細かいサービスを提供することが、サービス性の向上だけでなく、むだ運転の防止による省エネルギー的見地から必要となってきている。すなわち、テナントごとや独立した部屋ごとに空調設備、照明設備及びセキュリティ設備をテナントの実際の勤務状況に合わせて運用する傾向となってきている。日立ビル管理システム“BUILMAX”は、電気、空調、衛生給・排水などの建築設備だけでなく、図6に示すように防災システム、入室管理システム、警戒システム、CCTV(Closed Circuit Television)システム、OAシステム及び遠隔管理システムとリンケージして、一元的に統合管理を行う総合ビルディングオートメーションシステムを構成することによって上述のニーズを次に示す統合化による機能で実現し、テナントに対しては安全とサービスの向上を、ビルオーナーやビル管理者に対しては省力効果ときめ細かい管理による省エネルギー効果を達成する。

3.2 統合化による機能

統合化することで管理が一箇所に一元化されるために、管理運用効率の向上による省力化が図られるほかに、図6に示すようにそれぞれのシステムを組み合わせ運用することによって、以下に述べる効果の実現が可能である。

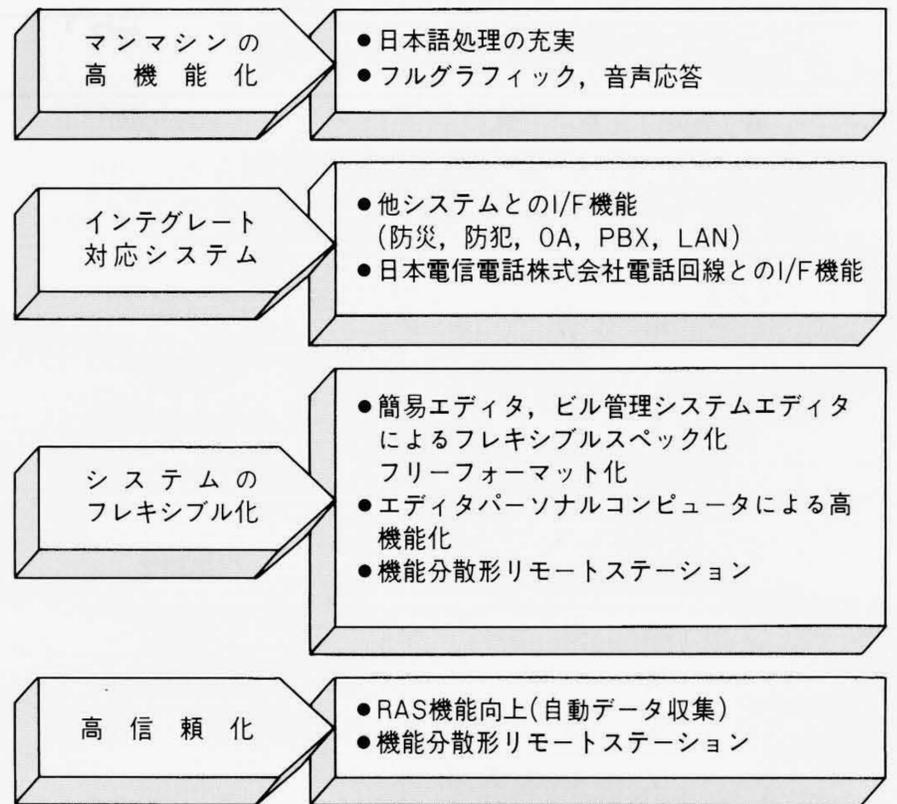
(1) 入室管理システムとのリンケージ効果

従来の警備室などで煩雑なキーの受渡しをなくし、IDカードとカードリーダーによる入室管理システムによって建物や各オフィスの出入口の電気錠の制御を行う。同時に各オフィスの空調機、照明を最初入場と最終退場によりオン、オフをすることで関連設備の勤務実態に合わせた自動運転が可能となり、省力化とともにむだ運転が省け省エネルギーが図れると同時に環境サービス性が向上する。

表2 BUILMAXシリーズ機能内容 BUILMAXの各形式ごとの機能項目と内容を示す。

機能区分	機能内容	BUILMAX-S	BUILMAX-M	BUILMAX-L	
規模	管理点数	200~700	500~2,000	2,000~	
	建築規模(m ²)	3,000~15,000	10,000~40,000	40,000~	
監視機能	CRT監視	○ (モノクローム)	○ (カラー)	○ (カラー)	
	CRT漢字、グラフィック表示	—	○	○	
	ライトペン操作	—	△	△	
	LEDグラフィックパネル	△	△	△	
	ANN表示	△	△	△	
計測機能	CRT計測値表示	○	○	○	
	上下限值監視	○	○	○	
	計量値積算	○	○	○	
	運転時間積算	—	△	△	
	トレンドグラフ	—	△	△	
制御機能	マニュアル発停	○	○	○	
	スケジュール制御	○	○	○	
	復電時制御	○	○	○	
	各種省エネルギー制御	△	△	△	
	各種連動制御	△	△	△	
	火災時空調機停止	△	△	△	
記録機能	漢字印字	—	○	○	
	ランダム印字	○ (ミニプリンタ)	} ○(共用)	○	
	日報印字	△		○	
	ハードコピー (モノクローム・カラー)	—	△	△	
管理機能	音声警報	—	△	△	
	エディティング機能	—	○	○	
	料金計算印字	—	△	△	
メ信号伝送	専用	○	○	○	
	PBX	—	△	△	
	LAN	—	△	△	
統合機能	RS-232C I/F	△	△	△	
	RS-422 I/F	△	△	△	
	モデム I/F	△	△	△	
	日本電信 電話株式 会社加入 回線制御	センター側	—	△	△
		子局側	△	△	△
	HELPS監視センター 発報	△	△	△	
信頼度向上	機能分散制御	—	△	△	
	二重化構成	—	△	△	
	直送グラフィックパネル	△	△	△	

注：記号説明 ○(標準), △(オプション)
 略語説明 CRT(Cathode Ray Tube)
 LED(発光ダイオード)
 ANN(状態表示器)
 PBX(構内電話交換機)
 LAN(Local Area Network)



注：略語説明 RAS(Reliability, Availability, Serviceability)

図5 BUILMAXシステムの特長 BUILMAXシステムのインテリジェントビル向きとしての機能上の特長を示す。

また、平日と休日などでは出入管理システムの運用方法にテナントごとに差があるので、ビル管理システムから週間スケジュールを受信して運用区別の自動化を行う。

(2) 警戒システムとのリンケージによる効果

外部からの異常侵入をセンサにより検知して、自動的に通報する警戒システムで、夜間警戒時間帯の設定や休日の警戒設定のオン、オフを出入管理システム及びビル管理システムのスケジュールとリンケージして行うことで運用も自動化され、省力化と確実なセキュリティサービスを実現することができる。

(3) 遠隔管理システムとのリンケージによる効果

夜間や休日などの管理人が不在又は少人数化されているとき、ビル設備に事故や水槽のオーバーフローなどの設備の異常及び防災や警戒上の警報が発生すれば、遠隔発報装置により自動的に遠隔管理システムの監視センター(日立製作所のBUILMAXシステムの場合は、日立エレベータサービス監視センター)及び警報管制センターへ自動通報され、最寄りの設備上のサービス拠点又は防災・防犯出動拠点へ通報され、ただちに専任要員が緊急出動して緊急対応を実行するため、24時間の管理サービスの向上を省力化された状態で維持することが可能となった。

(4) 防災システムとのリンケージによる効果

防災システムとリンケージすることによって、自動火災報知設備や防排煙設備などの防災設備の状況を効果的にCRT(Cathode Ray Tube)ディスプレイに表示できるため、防災設備側では地図式表示設備を大幅に縮小できる。また空調機や換気ファンなどの設備を一括停止でなく、火災場所や火災の状況によりきめ細かく部分的に停止できるので、火災の初期状態では非火災フロアに不安を与えることが少なく、また

表3 BUILMAX標準ハード仕様 BUILMAXシリーズの各形式ごとの標準仕様を示す。

項目		シリーズ	BUILMAX-S	BUILMAX-M	BUILMAX-L
管理点数			200~700	500~2,500	2,000以上
中央処理装置			16ビットCPU	16ビットCPU	16・32ビットCPU
主記憶容量			128kバイト	1.5Mバイト	1.5M~4Mバイト
補助記憶装置	フレキシブルディスク		—	1Mバイト×2	1Mバイト×2
	磁気ディスク		—	20M~40Mバイト(オプション)	40M~160Mバイト
CRT表示装置			モノクロキャラクタ (カラーはオプション)	カラーグラフィック 漢字使用 ライトペン可	カラーグラフィック 漢字使用 ライトペン可
プリンタ			ミニプリンタ 赤黒印字	漢字プリンタ 赤黒印字	漢字プリンタ 赤黒印字
リモートステーション	処理装置		8ビットCPU		
	伝送路		ツイストペアシールドケーブル		
	伝送速度		250kbps		
	プロセス入出力		DI, DO, AI, AO, RI, RO, PI		
機能分散端末 HIPIS	処理装置		16ビットCPU		
	伝送路		ツイストペアケーブル, PBX, LAN		
	伝送速度		1,200~9,000bps		
	分散制御機能		スケジュール制御, シーケンス制御, イベント制御, DDC制御, 上下限検知, ローカルファイル		
	プロセス入出力		DI, DO, AI, AO, RI, RO, PI, RS-232Cシリアルインタフェース		

表4 最適制御項目と目的 省エネルギー制御での最適化項目と最適化のための目的相関関係を示す。

区分	最適化制御項目	目的								
		機器の 高効率 運転	運 転 時 間 の 短 縮	負 荷 の 直 接 軽 減	外 気 エ ネ ル ギ ー の 活 用	熱 回 収	夜 間 電 力 利 用	契 約 電 力 低 減	電 力 基 本 料 金 の 低 減	安 全 性
空調関係	最適起動・停止制御	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	室温設定値制御	—	—	○	—	—	—	—	—	—
	可変風量制御	—	—	○	—	—	—	—	—	—
	CO ₂ 外気取入れ制御	—	—	○	—	—	—	—	—	—
	蓄熱槽蓄熱制御	○	—	—	—	—	○	○	—	—
	熱源台数制御	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	外気冷房制御	—	—	—	○	—	—	—	—	—
	間欠運転制御	—	○	—	—	—	—	—	—	—
	冷却塔ファン台数制御	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	全熱交換機制御	—	—	—	○	○	—	—	—	—
	ファン, ポンプ回転制御	○	—	—	—	—	—	—	—	—
電力関係	力率制御	○	—	—	—	—	—	—	○	—
	電力デマンド制御	—	—	○	—	—	—	—	○	—
	トランス台数制御	○	—	—	—	—	—	—	—	—
	照明制御	—	○	○	—	—	—	—	—	—
防災関係	自動火災報知論理判断	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	火災状態段階別制御	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	火災試験	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	自動導通試験	—	—	—	—	—	—	—	—	○
	感知器自動試験	—	—	—	—	—	—	—	—	○

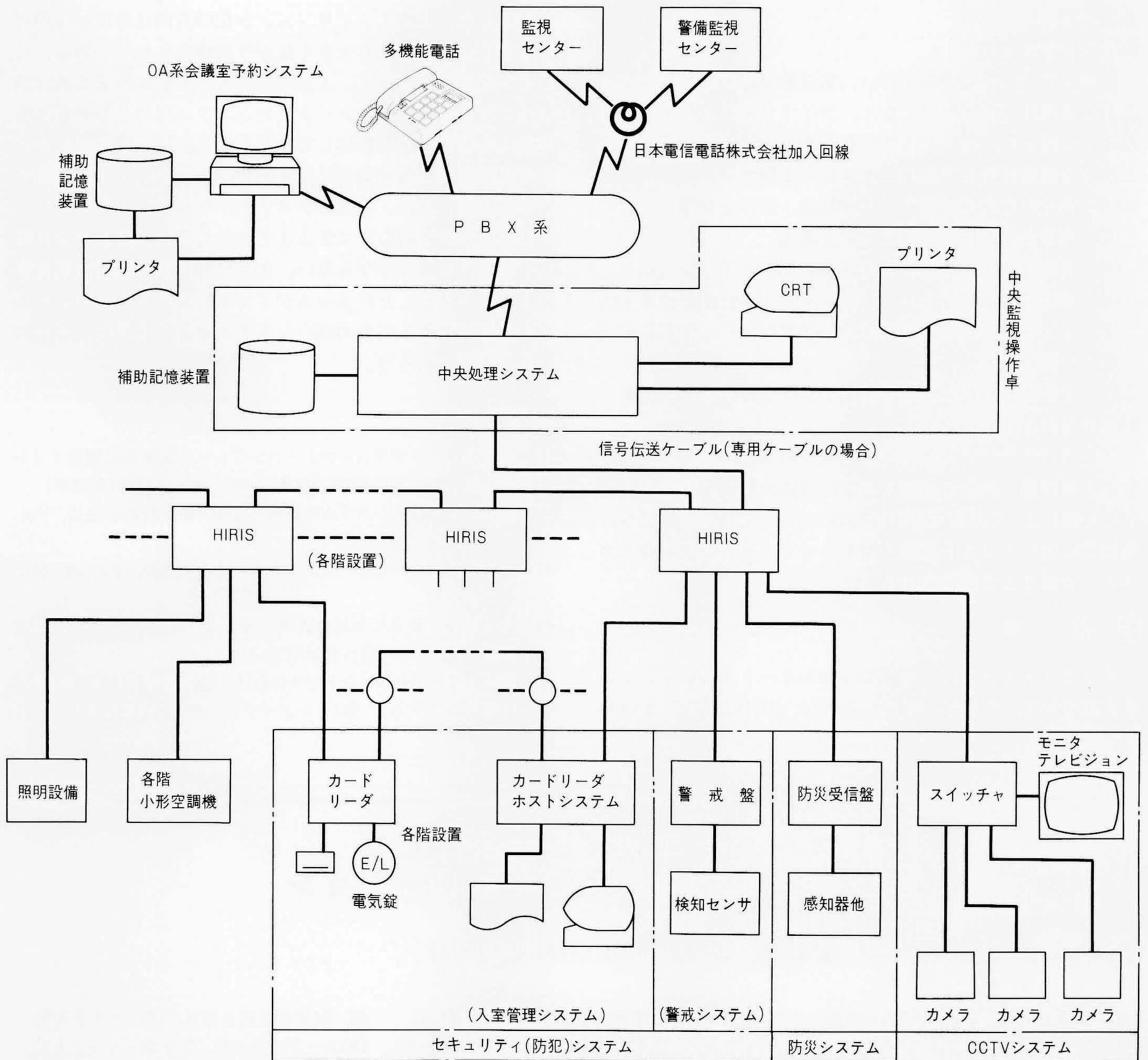


図6 統合化システム例 OA系、遠隔監視系、セキュリティシステム、防災システム、CCTVシステムなどを統合したBUILMAXシステムを示す。

環境サービスの低下を防止できる。

(5) OAシステムとリンケージによる効果

オフィス内のパーソナルコンピュータやハイブリッド電話(又は多機能電話)とPBXを経由してリンケージすることによってオフィスや会議室の空調機の発停、残業延長運転及び温度設定値の変更を会話形式によるプッシュボタン操作によりエンドユーザーである居住者が直接行うことができる。これらにより、延長運転伺いなどの手続き処理及び寒い、暑いなどのクレーム処理と変更のためのオペレータが不用となり、省力と同時に環境サービス性が向上する。また、OA側の会議室予約システムとリンケージすることによって、会議当日の空調機と照明の自動立上げ、会議終了による自動停止を行うことができるので、空調機と照明の運用のためのオペレータが不用となると同時に、環境サービス性が向上し、また最小

必要時間帯だけの運転のため省エネルギー化も図ることができる。

4 設備マネジメントのオートメーション

設備マネジメントのオートメーション化は今後の重要な課題であるが、ビルディングオートメーションシステムは次の項目について支援又は実行が可能である。

(1) データ収集と保存・解析によるエネルギー管理

エネルギーに関するデータを収集し、パーソナルコンピュータなどのデータ処理システムはOA系のコンピュータとリンケージし、管理機能分散を図ることによって各種の解析(エネルギー原単位計算、効率計算、空調エネルギー消費係数計算、成績係数計算、各種の統計処理)などを行って、エネルギーの使用状況や収支状況などを分析したり、図形処理や作表処理

を行う。

(2) 保全管理支援

設備に対し十分に保全を行い、常に最良の状態稼働することは信頼性の確保だけでなく、ライフサイクルコスト効果の向上も図られ、経済上の効果も大きい。BUILMAXシステムは保全業務に対し下記のことを行い支援する。

- (a) 保全のための必要データの収集、記録と表示
- (b) 異常の早期段階でのモニタと検出
- (c) 運転回数又は時間による整備時期のガイド
- (d) 事故発生前後のトレンド、ジャーナル記録によるトラブルシューティング、原因追求に必要なデータや現象の表示及び記録
- (e) 上記の自動化による省力化とデータの精確性の確保

(3) 料金計算能力の向上

ビル内のテナントや各部門などで使用する電気、水、ガスなどの使用量と料金を負担元単位に自動集計し、作表する。また必要によっては請求書作成業務も行う。この機能により、負担元に対してコスト意識を向上させて、それぞれに省エネルギーを図るよう動機づける。

5 結 言

インテリジェントビル時代でのビルオートメーションシステムについて、日立ビル管理システム“BUILMAX”を中心

に記述した。このインテリジェント化の方向は単にビル内だけでなく、ビル外にも大きく広がり広域化されつつある。このような状況にあって、インテリジェントビルを支える一つの柱であるビルオートメーションシステムに対し求められる機能は多様化、高機能化している。すなわち、分散DDCから高度情報通信、情報処理に至るまでのハード、ソフト両面での技術検討、更に、単純なシステムから高度にインテグレート化された統合的なシステムまでのシステム検討を十分に幅広く行われなければならない。またビル設備の経営的運営管理とリンクしたビルマネジメントシステムや、中小ビルでの経済的で導入効果の高いシステムなどの実用化が今後の大きな課題であろう。

参考文献

- 1) 建設省・インテリジェント・コンプレックス推進協議会：インテリジェントビル戦略(第3章)，ケイブン出版(昭和61年)
- 2) 豊田：ビル管理システムの現状と動向，電気設備学会誌，Vol. 7, No. 3 (1987)
- 3) 八木：分散コンピュータシステム，計測と制御，Vol.26, No. 1 (昭62-1)
- 4) 栗山，外：日立ビル総合管理システム「ビルマックス」，日立評論，66, 6, 437~440(昭59-6)
- 5) 豊田：インテリジェントビルにおける建築設備資料集(第4章ビル管理システム)，第1インターナショナル(昭和61年)

論文抄録

スーパーコンピュータによる 室内気流分布のシミュレーション

日立製作所 吉原郁夫

情報処理 27-11, 1250~1256 (昭61-11)

偏微分方程式の数値解を求める数値シミュレーションは、高速処理を必要とする大規模問題の代表的なものである。スーパーコンピュータの出現により、以前はとうてい扱えないと思われていた大規模問題が、次々と解けるようになった。しかし、それでも限られた計算機資源のもとで所望の解を得るには、対象システムのモデル化、数値解法、プログラミングなど数々の工夫が必要である。

本稿は、スーパーコンピュータによる数値シミュレーションの高速処理技法に関するものである。まず、室内気流分布シミュレーションを例に、モデル化、数値解法、スーパーコンピュータに適したプログラミング法を示し、次に種々の数値シミュレーションに共通な課題を抽出し、その高速解法を提示する。

室内気流分布シミュレーションは、気流動態をナビエ・ストークス方程式と連続式

で表し、その定常解を求めるものである。偏微分方程式に時間平均操作を施し、その結果現れるレイノルズ応力項を、 $q-\epsilon$ 型2方程式モデルで評価し、乱流を表す支配方程式系を構築する。差分法により空間を離散化し、数値解を求める。時間微分項に関しては、前進差分に基づく陽解法をとり、空間微分項に関しては、中心差分及び風上差分をとる。特に、数値解法上のポイントとして、スタガードメッシュによる離散化、差分スキームの安定化法、境界処理の方法を取り上げ詳説する。演算量が最も多い、圧力に関するポアソン方程式の求解には、流体方程式の性質を巧みに利用した速度圧力同時緩和法を採用する。気流シミュレーションをスーパーコンピュータを用いて効率よく実行するためのプログラミング技法に関して、まず一般的留意事項を列挙する。次いで気流シミュレータのベクトル化で特に重要な箇所である風上差分部、緩和計算

部、収束判定部を取り上げ、ベクトル化、DOループの長大化、アンローリングなど、ベクトル計算機向きの技法を具体的に示す。

流体解析、構造解析、回路解析など偏微分方程式で記述される問題に共通の、高速化の課題について示す。各種数値シミュレーションを整理すると基本手順は極めて類似しており、演算の主要部が連立一次方程式求解部であることが判明する。連立一次方程式の解法としては種々のものがあるが、どの解法が適当かは係数行列の性質によって決まる。係数行列の形を、規則疎、不規則疎及び密に分類し、それぞれに対応した解法を列挙する。その中で、偏微分方程式の数値シミュレーションで特に重要なSOR法(逐次加速緩和法)とICCG法(不完全コレスキー分解付き共役こう配法)について、アルゴリズムの要点とベクトル計算機向けプログラミング法を示す。