

需要予測型統合ビル管理システム BUILDAC™-GT

BUILDAC™-GT Building Control System with Thermal Demand Prediction

鈴木 力
SUZUKI Chikara

道念 信行
DONEN Nobuyuki

山田 富美夫
YAMADA Fumio

クライアント/サーバ(C/S)アーキテクチャでシステムを構築し、空調の省エネルギー機能を搭載した需要予測型統合ビル管理システムBUILDAC™-GTを開発した。このシステムは、制御機能、データベース機能をもつローカルオブジェクトコントローラ(LOC)を分散サーバとし、小規模ビルから大規模ビルまで柔軟なシステム構築を実現している。また、ビルの空調熱負荷や室温の変化を動的に予測し空調機の最適省エネルギー運転を可能にする需要予測型空調省エネルギー制御と、快適性指標ニューロPMVに基づく快適空調制御により、省エネルギーと快適性を同時に実現している。

We have developed the BUILDAC™-GT building control system with thermal demand prediction on a client-server architecture which provides an energy-saving function in air-conditioning control. The local object controller (LOC), which is installed on-site, has the function of controlling the local equipment and has a database on them. The architecture of the LOC makes the system configuration flexible.

The BUILDAC™-GT building control system realizes both energy-saving and comfort, based on demand prediction and the index of comfort (neuro-PMV).

1 まえがき

1984年に米国コネチカット州にインテリジェントビルとしてCityPlaceビルが出現して以来、ビル管理システムは従来のビル設備機器の監視を主体とするシステムから、オフィスオートメーション(OA)や情報通信システム、防災・防犯システムと連携しビルの運営、運用を支援するビルマネジメントシステムやファシリティマネジメントシステムの機能を取り込み、ビル全体をトータルに管理する統合ビル管理システムとして発展してきた。

しかし、近年においてはビルの高度化、多様化への対応だけでなく、70年代半ばから建設された高層ビルのリニューアル対応も求められている。また、ビル運用面では地球温暖化防止の観点から冷暖房、照明などのビル内消費エネルギーの低減を、アメニティの観点からはより快適な執務環境の提供を要求されている。

これらビル管理システムを取り巻く環境の変化を見据え、BUILDAC™-GTでは、LOCをシステムの最小単位とした分散制御・分散処理技術により、24時間稼働ビルに対応する高い信頼性とリニューアル工事にも容易に対応できる柔軟な拡張性を備えたシステムを構築している。

また、事務所ビルの消費エネルギーのうち約50%を占めている空調設備の省エネルギー運転を行う需要予測型空調省エネルギー制御機能と快適空調制御機能を搭載し、省エネルギーと快適性を同時に実現している。

2 システム概要

BUILDAC™-GTは、ビルの現場設備側に設置される末端のコントローラ部分に、制御機能、データベース(DB)機能をもつLOCを配置しC/Sアーキテクチャでシステムを構築している。ヒューマンインターフェースステーション(HIS)(図1)やビルマネジメントシステムなどのサブシステムは

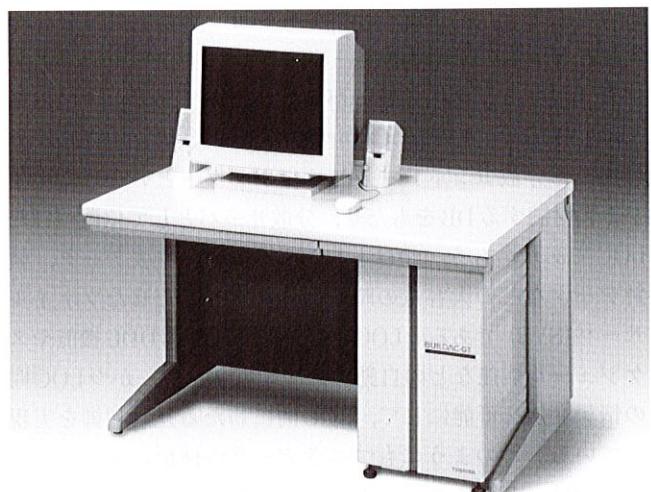


図1. ヒューマンインターフェースステーション 運用形態に応じて自由に配置できる。

Human interface station

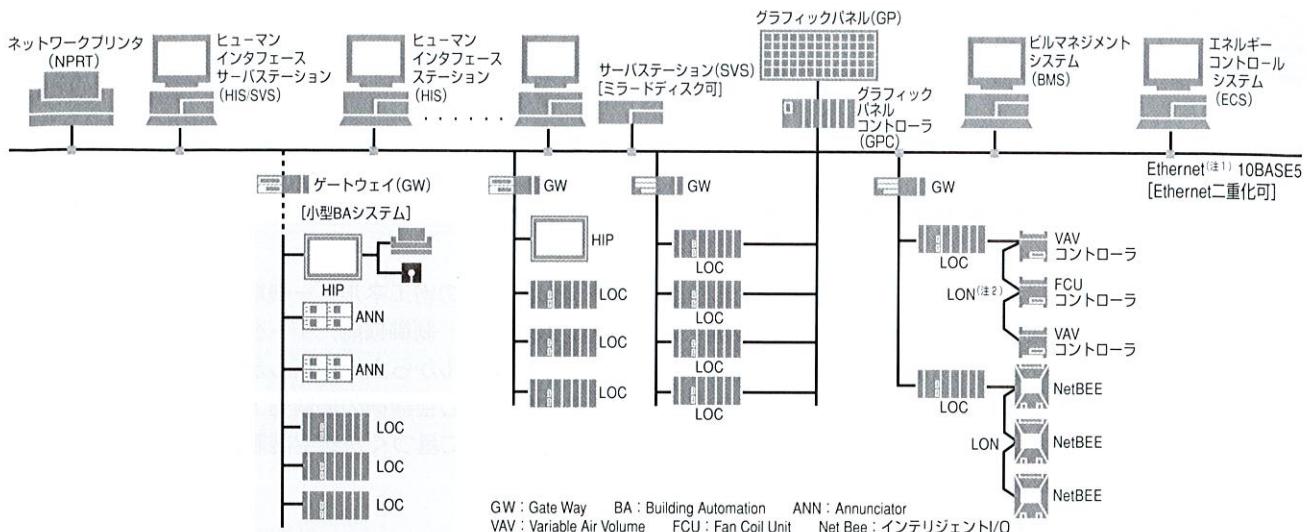


図2. BUILDAC™-GTのシステム構成 小規模システムから大規模システムまで同一アーキテクチャでシステム構築されている。
System configuration of BUILDAC™-GT

クライアントとして、LOCは分散サーバとしてビルの使用形態に応じて自由にネットワーク上に配置し、各種の機能を効率的に実行している。また、LOCを増設するだけで管理点数60点から60,000点までの小規模ビルから大規模ビルまで柔軟で効率的なシステム構築が実現できる。

図2にシステム構成を示す。

3 BUILDAC™-GTの特長

C/S型のビル管理システムは、OA系で発展してきたヒューマンインターフェースとDBを分離するシステム技法を取り入れ構築している。すなわち、サーバにDBをもたせることにより、ヒューマンインターフェースをパソコンベースにすることができ、高機能なオペレーション環境と低価格化を実現している。BUILDAC™-GTでは、この考え方をさらに発展させ、二種類のサーバ構成をとっている。一つは従来のI/OユニットやDDC(Direct Digital Control)ユニットにあたる分散コントローラにオブジェクトという形でポイントに付随するDBをもたせ、分散サーバとして位置づけたLOCであり、もう一つはトレンドデータ、作表データ、検針データなどの大容量の時系列データをもたせたファイルサーバ(SVS)である。LOCには、さらに空調DDC機能やスケジュール機能などの自動制御機能をもたせ、かつLOC間の情報交換を可能にして、LOC間にわたる連動制御を実現している。このようにもつべきデータの種類によってサーバを分け、かつオブジェクトという形でデータと処理をまとめてLOCにもたせることにより、最適な機能分散とシンプルなC/S型システムが構築でき、次のような特長を生み出している。

- (1) 高いリニューアル性 最小単位の機能分散構成により、機器の老朽化によるリニューアルはもとより、ヒューマンインターフェース部の機能向上、設備機器更新に伴うリニューアルが容易となる。
- (2) 高い信頼性 LOCは、独立したコントローラとして動作するため、万一のLOC異常による影響を最小限に抑えられ、信頼性の高いシステムが構築できる。
- (3) スケーラビリティの実現 管理点数はLOC単位となり、LOCをネットワークに接続し、必要な分だけ管理点数を増やすことができる。そのため数十点単位の小規模から数万点の超大規模まで同一のアーキテクチャにより構成可能である。

4 ヒューマンインターフェース

ヒューマンインターフェースを行う装置として、HISとヒューマンインターフェースパネル(HIP)があり、そのOSにWindowsNT®(注3)を採用した。監視画面はWindowsNT®上に表示されるため、使い慣れたパソコンと同じ感覚で操作できる。各機能はすべてウインドウで展開でき、それぞれのウインドウはマルチウインドウ・マルチタスク環境で構成され、ウインドウからウインドウへと自在に展開することができる。オペレータと対話をを行うウインドウは、自由に配置変更や拡大・縮小ができる、複数ウインドウの構成を登録／再表示するカスタム画面機能も備えている。警報発生時は、重要なウインドウを自動的に最前面に表示する。

(注1) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の商標。

(注2) LONは、米国Echelon社の商標。

(注3) WindowsNTは、Microsoft社の商標。

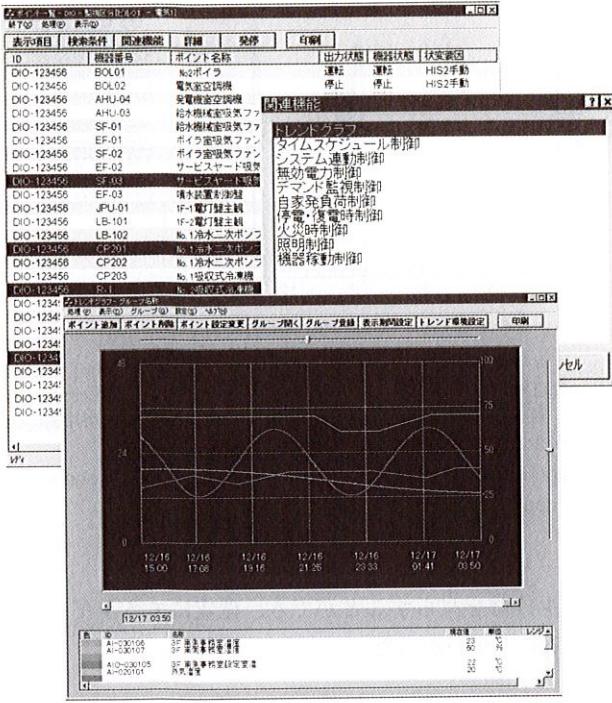


図3. 展開ウィンドウ例 ポイント一覧表示でポイント選択すると展開ウィンドウが表示され、多機能ウィンドウを表示することができる。

Example of expanded windows

グラフィック画面やポイント一覧画面では、操作対象機器の複数選択やグループ化が簡単にでき、一括操作や一括設定も行える。また、選択機器に関連する制御画面や表示画面もワンタッチで呼び出せる。

誤操作防止に対しては、重要機器の発停三挙動登録^(注4)や機器の発停やパラメータ設定時に機器ごとの注意や確認を促す操作ガイドの自動表示、“点検中”，“省エネルギー運転中”などの札掛けが設定できる。

図3は、ポイント一覧画面から各機能への展開例を示している。

5 オープン化対応

ヒューマンインターフェース装置(HIS, HIP)にパソコン、OSにWindowsNT[®]、幹線LANのプロトコルには業界標準であるEthernet TCP/IP(Transmission Control Protocol / Internet Protocol), 支線LANのプロトコルにはLonWorks[®]^(注5)を採用し、システムのオープン化を図るとともにライトサイジングによるコストパフォーマンスの向上も実現している。

また、WWWサーバをビル内のインターネットに接続し、

(注4) 誤操作をなくすため、運転停止、入り切りなどを3回の操作を行わないと制御できないしくみにすること。

(注5) LonWorksは、米国Echelon社の商標。

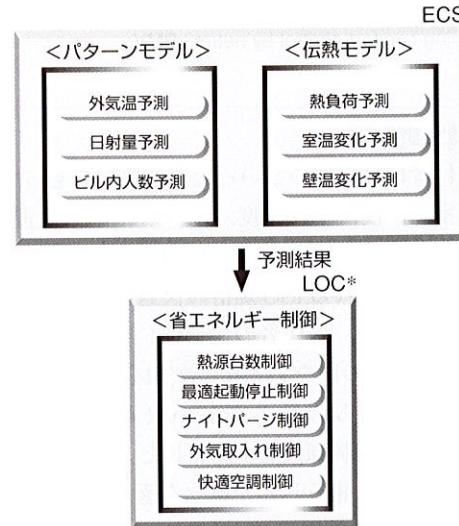
テナントのパソコンから容易に空調機の残業予約や室内的温度設定が行え、管理者からのお知らせも伝えることができる。

6 空調省エネルギー制御機能

6.1 需要予測型空調省エネルギー制御

事務所ビルで消費するエネルギーの内、約50%は空調関連設備が占めている。このため、ビル内の空調熱負荷変動を事前に予測し把握することによって、需要に見合ったエネルギーを生成する需要予測型の空調制御機能を開発した。

この機能をエネルギーコントロールシステム(ECS)およびLOCに組み込んだ概念を図4に示す。外気温、日射量、ビル内人数の時間変動パターンモデルを予測し、さらにビル室内の熱収支を伝熱モデルを用いた差分方程式で解き、熱負荷、室温、壁温を予測している。



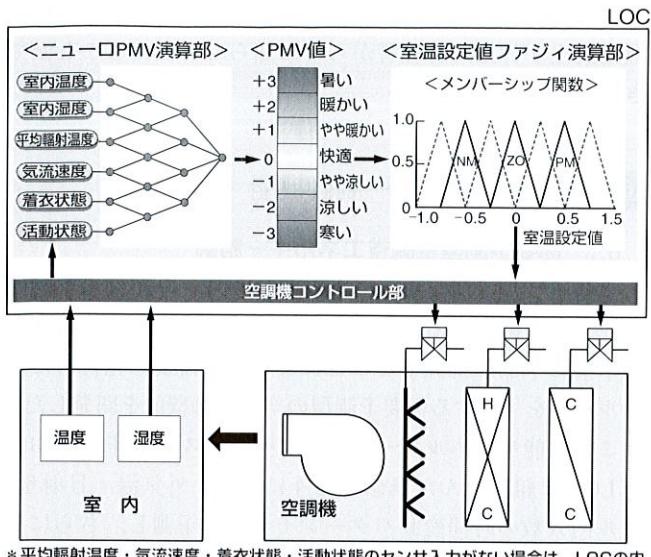
*LOCは単独でも省エネルギー制御が実行できる。

図4. 需要予測モデルと省エネルギー制御 室内の熱や温度に関する予測を行うことで、需要に見合った過不足のない空調制御が実現できる。

Thermal demand prediction model and energy-saving control

これらの予測結果を用いてLOCでは、蓄熱槽の運用効率を高める熱源台数制御、早朝の部屋使用時刻に合わせて空調機の起動時刻を最適化する最適起動停止制御、夏の夜間外気の取り入れをもっとも効果的な時刻に行うナイトバージ制御^(注6)、昼間に室内外のエンタルピー差と在室人数に応じて無駄なく空気の入れ換えを行う外気取り入れ制御など各種省エネルギー制御を行う。

(注6) 夜間の冷気を利用して部屋をあらかじめ冷やしておくことにより、昼間の冷房負荷の軽減を図る制御。



* 平均輻射温度・気流速度・着衣状態・活動状態のセンサ入力がない場合は、LOCの内部演算で算出する。
NM : Negative Medium (弱い), ZO : Zero (現状), PM : Positive Medium (強い),
H : 温水コイル, C : 冷水コイル

図5. ニューポ PMVによる快適空調制御 快適性を左右する六つの因子と居住者の温熱感覚をニューラルネットワークで学習することにより快適空調が実現できる。

Air-conditioning comfort control by neuro-PMV

6.2 快適空調制御

部屋の居住者は暑い寒いといった温熱感覚をもっており、この感覚は室内温度、室内湿度、平均幅(ふく)射温度、気流速度、着衣状態、活動状態により変化する。これらの6因子に基づいて算出されるISO規格の快適性指標PMV^(注7)の考え方をベースに、居住者の快適性(“暑い”は+3、“寒い”は-3としてその間を7段階で数値区分)をニューラルネットワーク学習で反映する新しい快適性指標ニューポPMVによる快適空調制御機能を開発した。

この機能をLOCに組み込んだ概念を図5に示す。ニューポPMV値が快適な範囲である-0.5～+0.5になるよう、ニューポPMV値とその変化率に応じたファジィ演算により室温設定目標値を補正している。

快適空調制御により快適性範囲の室温環境が確保され、過剰な温度設定による冷暖房負荷を抑えることができ、省エネルギーを実現することができる。

開発した空調省エネルギー制御の効果を評価するために、室温一定での従来制御とのエネルギー比較シミュレーションを行った。図6は、夏の冷房時期を想定して、快適空調制御を実施した場合のシミュレーション結果である。省エネルギー制御は、従来制御に比べ、快適性を保ちながら室温設定値を上げることができたため、図6の冷却コイル負荷のグラフの比較からわかるように、従来制御に比べて冷

(注7) PMVはPredicted Mean Vote(予測平均申告)の略で、デンマークのFanger教授によって提案された快適性指標。種々の室温環境条件下における被験者の快適性申告を実験式で表現したもの。

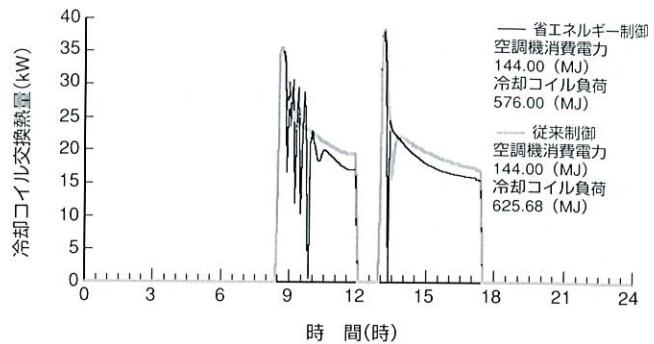


図6. 省エネルギー制御と従来制御の消費熱量のシミュレーション比較 従来制御に比べて開発した快適空調制御のほうが冷却コイル負荷が少なくて済んでいる。

Simulation comparison of energy consumption using air-conditioning comfort control and conventional control

却コイル負荷を減らすことができ、確実にエネルギー削減が図れることがわかった。

7 あとがき

ビルを取り巻く環境が急速に変化するなか、現在世の中で汎(はん)用的になっているコンピュータ技術と先進の制御技術を組み合わせることで、ユーザニーズに適応したシステムを構築することができた。

また、このシステムは通商産業省の“エネルギー使用合理化関係技術実用化開発費補助金”的交付を受け開発しており、地球環境保全が呼ばれるなか地球温暖化防止に微力ながらも貢献できるシステムを開発できたことは幸いである。

ビル管理システムは社会の変化とともに成長してきているシステムであり、今後も多様化する社会ニーズに応えるべく開発を進めていく所存である。



鈴木 力 SUZUKI Chikara

府中工場 官公需計装・制御システム部主査。
統合ビル管理システムのソフトウェア開発に従事。
Fuchu Works



道念 信行 DONEN Nobuyuki

官公システム事業部 施設システム技術第二部主査。
ビル管理システムのシステムエンジニアリング業務、および開発企画に従事。
Government & Public Corporation Systems Div.



山田 富美夫 YAMADA Fumio

電力・産業システム技術開発センター 産業システム制御技術担当グループ長。上下水道・ビル・都市防災など官公社会システムの開発に従事。電気学会、システム制御情報学会会員。
Power and Industrial Systems Research and Development Center