

仮想自律化のためのシステム技術

Technologies for Virtual, Autonomous Systems

あらまし

社会・経済活動を支えるITシステムの堅ろう性や信頼性を実現する基本機構として、仮想・自律機構への期待が高い。

本稿では、IT利用時のビジネス要件やシステム運用要件に基づいて、運用時に管理者・保守者が行っていた諸判断を集約した「ポリシー」と呼ばれる情報を用いたシステムの自律運転のための制御アーキテクチャを述べる。また本稿では、ビジネス要件を最上位とする4種に区分した階層構成を提案している。さらに、進化した仮想自律機構を活用するための利用技術として、将来のサービス要求量を推定することで、最も経済的なIT運用を支援する分析技術の概要についても触れる。これらの技術は、今後のユビキタス社会の中で、さらに発展することが期待されている。

Abstract

Virtual, autonomous mechanisms are expected to serve as a foundation for solid, reliable IT systems that can support social and economic activities. This paper describes a policy-controlled architecture that can become core technology for the autonomous operation of IT systems based on business and system operation requirements. Policy refers to the consolidated information about various decisions, which have conventionally been made by individuals who administrate and maintain IT systems. This paper also proposes a new hierarchical structure that classifies types of policy into four levels, with business requirements ranked first. Moreover, this paper outlines an analysis technology for the application of advanced virtual, autonomous mechanisms. This analysis technology enables us to support the most economical IT system operations based on estimated future requirements for services. These technologies are likely to be further developed for the emerging ubiquitous-networking society.



勝山恒男（かつやま つねお）
Web&IPシステム研究センター
所属
現在、ITサービス基盤技術の研究開発に従事。



木村康則（きむら やすのり）
ITコア研究所 所属
現在、サーバシステム、ベタスケールコンピューティングの研究開発に従事。

まえがき

経済・社会の基盤を構成するITシステムには、高い安定性や堅ろう性と、経済性が求められる。パソコンだけでなく、携帯電話端末やPDAなどの多様な情報機器を収容して、ますます高度化するITシステムを、今まで以上に安定して機能維持していく中核技術となるのが仮想化・自律化である。プロペラ飛行機は、パイロットが細かく操作しても運転できるが、ジャンボジェット機となると、熟達したパイロットであっても、燃料供給から、飛行制御の一つ一つを逐次操作しては的確な操縦はできない。高度なジェットエンジンなどの機能を生かすためには、各種自動装置がアシストし、検知装置がパイロットの目となり、頭脳となって運転を助けている。ITシステムも同様である。多層構成をとるサーバ群とその上に構築されるミドルウェアやアプリケーション、データまでを的確に掌握し、さらに、地理的にも広がりのあるネットワーク接続を考慮に入れたオペレーションを一つも間違えなく、しかも、経済的にも最適に維持し続けることは限界となってきている。決められた手順を忠実に実行する自動処理だけでなく、人間が行ってきた判断の一部をもシステムが肩代わりすることが、自律処理であり、IT基盤「TRIOLE」をはじめ、各所で開発実用化が進められている技術分野である。

本特集でも論述されているとおり、TRIOLEも自律仮想化の進化を続けている。進化段階としては、

- (1) システム状態を把握し、可視化する段階
- (2) システム構成変更を人の指示で間違えなく実行する段階（プロビジョニングの自動化）

を経て、

- (3) 事前に決めた運用ルールにのっとり、人手を介さずにシステムが構成変更などを含めた運転継続を行う段階

が自律化の基本ゴールとなる。さらに、

- (4) 運転継続だけでなく、提供されるサービスの価値を最大化するように自律運転する段階
- (5) 将来の変化を予測し、リスクなどを回避した予測運転を行う段階

へと進化するものと考えられる。

なお、この進化過程では、技術開発の観点だけでなく、システム活用やシステム開発のそれぞれの場

での要件や対応条件などに的確に応えるものでなければならない。自律化が総合的なITシステム変革であることを認識した技術開発である必要がある。

本稿では、自律運転の基本段階を構成する基本技術、および価値最大化や予測運転を目指したマネジメント技術について、その基本技術を述べる。最後に、ユビキタス社会の到来に応えた今後の技術方向について触れることとする。

サービスポリシー制御による自律化

可視化やプロビジョニングの自動化の段階にあるITシステムは、図-1にそのイメージを示すように、システム動作の監視分析結果を、管理者が判断して、必要に応じて、適切な操作を決定実行している。分析情報はシステム動作を詳しく分析した結果であり、各サーバの処理時間割合なども提示されるので、管理者はシステムの状況を的確に把握できる。また、システム操作も高度化されており、サーバ組込み追加などの大きな操作を行えばよく、細部のコマンドレベルまで正確に指示する必要はない。

このシステムでは、従来と比して、負荷状況やトラブルなどに的確に対応し得るシステム管理が可能となるが、それぞれの事象に応じた管理者の判断が必要であり、そこに操作ミスが入り込む余地がある。また、技術的にも高度な判断を必要とすることから、熟練した管理者でなければならない。さらに、人間が介在しているために、応答時間という意味では、瞬時の対応までは期待できない。例えば、電子ショッピングなどで、お客様の電子注文が増えてき

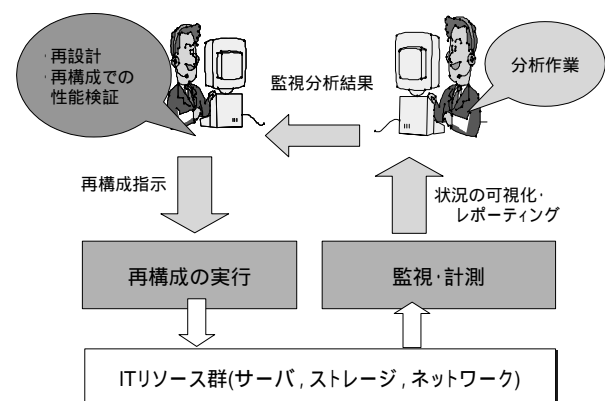


図-1 可視化、自動プロビジョニング段階のITシステム
Fig.1-IT systems in visualization or auto-provisioning stage.

たときにも、瞬時に対応して、Webサーバを1台追加することで需要処理能力を増強することには無理がある。一括で管理できるサーバ数にも上限が出てくるので、多数のサーバやサービスをまとめて管理することでリソースの利用効率を上げることに限界がある。このような高度なIT利用や、高信頼な運転のためには、システムを管理している現場で人が行う判断をなくして、自動化していくことが有効である。

この自律化の基本段階を実現する技術が、ポリシー制御技術である。ポリシーとは、システム制御のための運用ルールなどを記述した基本情報であり、典型的には、ルール型と呼ばれるif(条件), then(アクション)の形式で記述されることが多い。このほかにも宣言型と呼ばれる満たすべき目標要件の形式で記述されることもある。これらは、IETF(Internet Engineering Task Force)でも基本形式などは標準となっており、すでに、システムの実行制御などに導入されているが、人が分析結果などを見て、適切な操作を決定する判断プロセスや手順を、ポリシーとしてあらかじめシステムに与えておくことで、判断業務を自動化することにも使える。

ポリシー制御を適用したシステムのアーキテクチャを図-2に示す。実現すべきITサービス計画を原点として、業務設計などのシステム開発が行われる。そのアウトプットとして、業務設計がなされ、システム構築が行われる。この結果は、システム構成データベースに格納され、システム運用が始まる。開発作業ではこのほかに、運用要件も検討され、こ

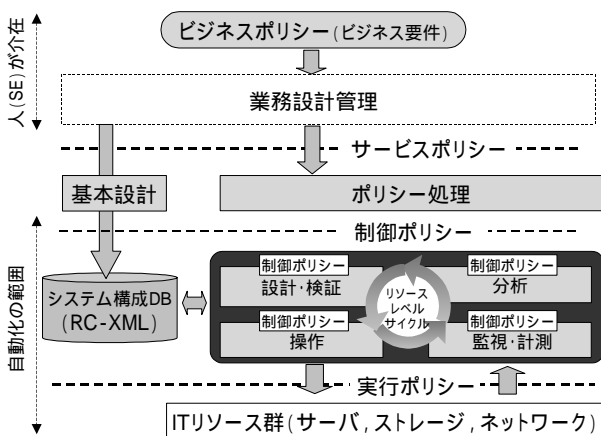


図-2 サービスポリシーに基づく自律制御システム
Fig.2-Policy-based automation systems.

の結果を「サービスポリシー」(後述)として記述する。サービスポリシーには、システムが達成すべき性能要件などが記述されており、また、この性能達成が難しくなった場合の対応方法などのアクションが記されている。

自律型システムでは、このサービスポリシーを受け取ると、この要件や対応条件、方法に従うようにシステム動作の監視計測や性能分析を行う。もし、性能要件を満たさなくなるような負荷急増などの事態が検知されると、ポリシーに記載された対応動作として、オンラインでの自動再設計動作や構築動作が起動され、この事態を自律的に回避する。例えば、負荷の増加に対して、予備サーバをWebサーバとして追加して、レスポンス時間を決められた条件以下に維持する。このように、監視計測から、対応動作までの一連のサイクルを自律的に動作させることで、迅速に環境変化に間違えなく対応できることになる。このサイクルを繰り返し実施することで、ポリシー制御の品質を高める。

ポリシー制御では、利用者・運用者からのビジネス要件を「システム性能」、「論理システム構成要件」、そして「物理システム制御コマンド(実行コマンド)」へと順次展開し、自律制御システムの各機能ブロックに配布することで自律動作を実現している。このために、図-3に示す4種のポリシーを定義している。

(1) ビジネスポリシー

利用者のビジネス要件や運用要件を記したものである。基本的には宣言型で記述される。

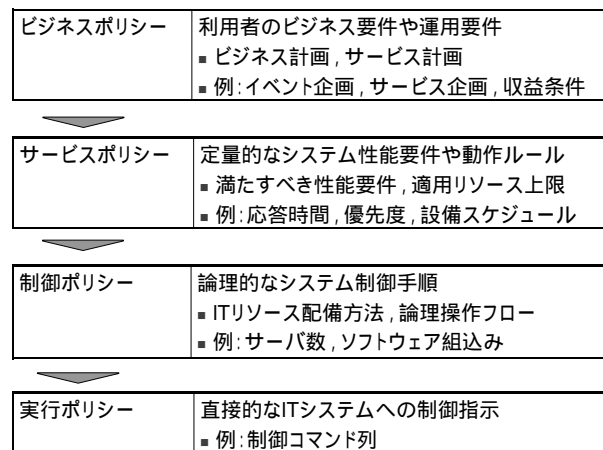


図-3 ポリシーの階層構成
Fig.3-Hierarchy of policy.

(2) サービスポリシー

サービスごとに満たすべきサービス要件が宣言型で記述される。さらに、この要件の充足を監視し、満たされない場合にとるべき論理アクションをルール型で記述する。

(3) 制御ポリシー

サービスポリシーの論理アクションを論理コマンドに展開する規則を表すものである。ルール型で記述される。

(4) 実行ポリシー

論理コマンドから、実行可能なコマンドに翻訳されたものが実行ポリシーである。

ポリシーマネジメントにおける論理的な各階層を図-4に示す。実際に対象となるシステムは、ビジネス構造制御層、システム構成制御層、自律制御層へと展開される。ビジネスポリシーは、サービスポリシー、制御ポリシーと展開されていき、自律制御層で具体化され、個々のミドルウェア、サーバ、ネットワーク、ストレージの動作を制御する。

ビジネス構造制御層

ビジネスポリシーをサービスポリシーへ展開する。ビジネスポリシーとは、主にビジネス上の料金要件（課金やコストにかかわる要件）や、運用要件に関する目標である。サービスポリシーは、主にシステム上の性能要件、つまり必要な性能を出せるか否かの条件を示す。サービスポリシーの上位にビジネスポリシーがあるということは、ビジネス要件が性能要件の上位にあることを意味し、上位の要件を満たすことが優先される。つまり、ビジネス計画を妨げ

ようなオーバスペックのシステムができてしまわないように制約を課しているのである。

システム構成制御層

サービスポリシーを制御ポリシーへ展開する。制御ポリシーとは、主にシステム上の構成要件に関する目標をいう。システムの実装は、各種ITリソース（ミドルウェア、サーバ、ネットワーク、ストレージ）で構成されており、どのように個々のITリソースを既存製品から選択し、どう組み合わせるかに帰する。制御ポリシーの上位にサービスポリシーがあるということは、性能要件が構成要件の上位にあることを意味し、上位の要件を満たすことが優先される。つまり、必要以上に能力を持ったITリソースの選択により、オーバスペックのシステムができてしまわないように制約を課している。

自律制御層

制御ポリシーを実行ポリシーに展開する。実行ポリシーは、個々のITリソースに自律動作を指示するコマンド列である。実行ポリシーの上位に制御ポリシーがあるということは、構成要件がコマンド列より上位にあることを意味する。つまり、システムの観点からの構成要件を満たすことがシステム全体の自律動作に優先される。個々のITリソースの観点での自律動作が、システム全体の観点での自律動作に優先することがないように制約を課している。

この各層を実現する主な技術は以下のとおりである。

(1) オーガニックコンピューティング技術

動的なリソース配備を実現する。

(2) 性能シミュレーション技術

種々の構成でのシステム性能を予測する。ネットワーク帯域の制約など、配備位置に依存する性能についても評価する。

(3) 性能分析技術

稼働中のシステムの監視情報から、システムの各ブロックでの処理時間やプロセス単位の処理時間などを分析提示する。

(4) システム構成データベース

システムの構成情報だけでなく、論理構成と実構成の対応関係や、制御情報などを一元的に格納管理する。

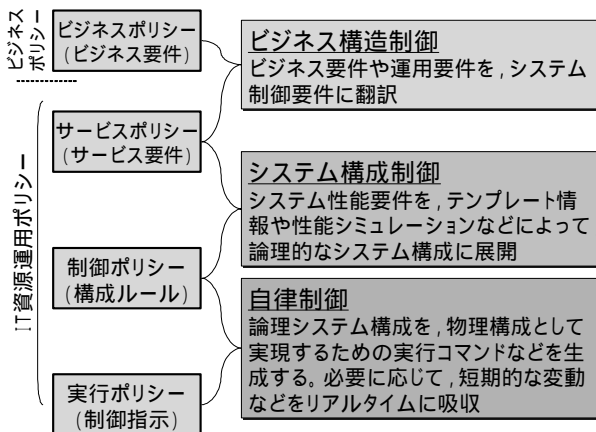


図-4 ポリシー制御の機能階層

Fig.4-Functional structure of policy management.

ITリソースの価値分析

ITシステムの自律化の目的は、負荷増加や障害などの問題への自己対応力向上であるが、これにも増して重要なポイントが、経営環境の変化に即応したITシステムの適応能力である。不透明な環境の中で競争優位を実現するためには、変化への柔軟で迅速な対応が求められる。例えば、時間をかけて新規案件を企画し、必要なITシステムを構築してビジネスを開始するという旧来のアプローチではなく、新規案件を小規模なITシステムで短時間に立上げ、成功の兆しが見えれば、一気に資源を投入してITシステムを整備して事業拡大する。自律技術によれば、経営の求めに応じて、「必要なときに必要なだけ」使える水道やガスのようなユーティリティ的なITリソースの供給ができる。しかし、要求に応じて、いつでもITリソースを提供すればよいというわけでもない。リソース利用にはコストがかかる。図-5に示すように、IT利用にかかわるコストと、ITリソースが活用できなかったときの機会損失のトレードオフによって最適な利用条件が存在するはずである。自律運用を真に生かすためには、ビジネスの場でのITリソースの価値の定量把握が不可欠となる。

このためには、サービス量の推移予測が重要である。これに基づいて、上述の経済価値の分析や、各種リスク分析が可能となる。この機能概要を図-6に示す。提供サービスの量的推移にはいくつかのパターンが存在する。例えば、プロモーションを行った後の需要は、急激に増加するが、次第に減少していくパターンとなる。データセンタ運用の稼働情報を分析することで、いくつかの特徴的なパターンが抽出できる。これに、イベントなどのマーケティング効果を加味し、Webアクセスとかファイル転送な

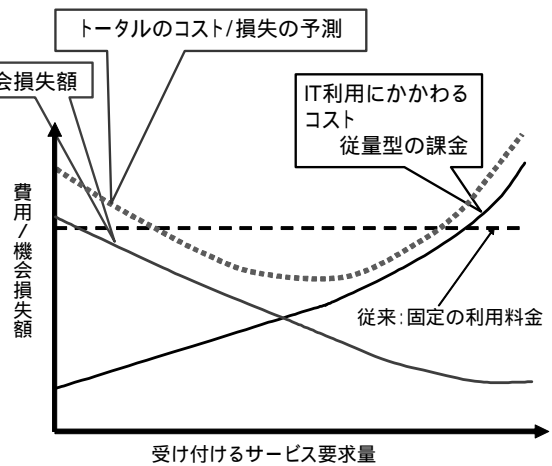


図-5 ITリソースの経済的価値評価の概念
Fig.5-Concept of economic evaluation of IT resources.

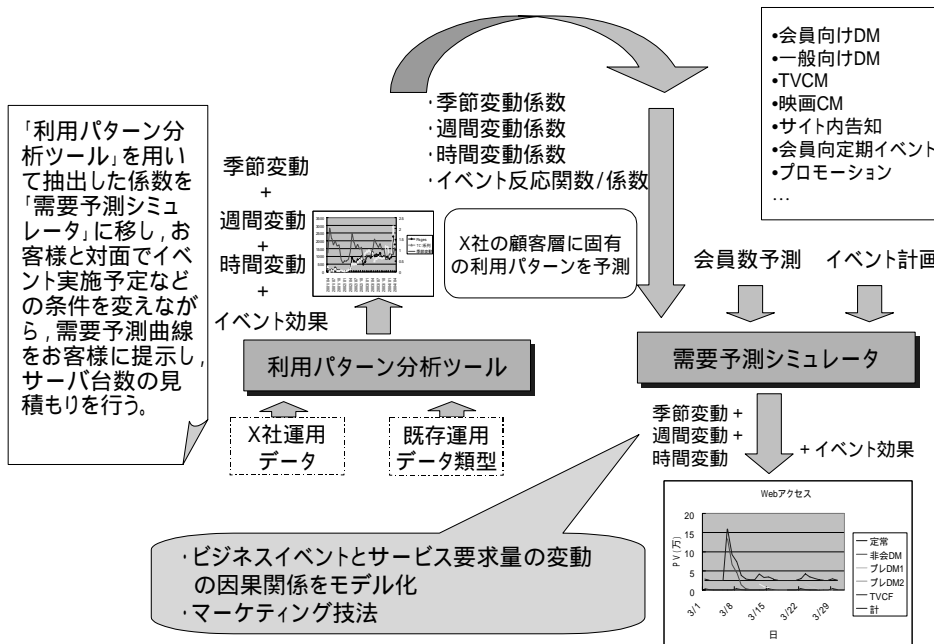


図-6 サービス量の推移予測機能
Fig.6-Service amount prospect.

どの提供するITサービスの特質を合わせることで、サービスモデルが構築できる。これにより、基本的なサービス量変動予測を行う。ただし、この推移予測では、まだ十分な精度は得られない恐れもある。そのため、サービス運用中に得られる稼働情報を逐次評価することで、この予測精度を高めていく。

この機能を応用することで、「どんな利用者が、どのサービスを、いつ利用すると、どのように収益に影響し、どのようにワークロードに影響するかの因果関係」をサービス提供者に提示できることになる。これにより、例えば、インターネットデータセンターにおいて、アウトソーシングサービスを利用する企業に対して、メールによるキャンペーンなどの最適なビジネス活動要件を提示したり、ITリソースの最適な利用要件を提示したりできる。これらの諸要件を、前章で述べたサービスポリシーとして自律システムに与えることで、ビジネス要件に従った自律動作を行わせることができ、状況変化に即応したITサービス提供が実現できる。

今後の課題

仮想自律技術の対象範囲は、業務情報だけでなく、ユビキタス機器が収集した情報や携帯機器の持つ情報などの情報活動に密着したサービスへ発展していくものと考えられる。ユビキタス型の情報サービスを支えるためには、ユビキタス機器のセキュアな管理機構や、時々刻々変化する機器の状態を把握して、その変化に応じて、リアルタイムに情報サービスを最適化して提供する機構などが不可欠となる。多種の情報サービスを管理し、この連携による新サービス生成などを行う機能や多様化する端末機器の統合

機能が、仮想自律機能に期待される。

このようなITシステムを構築する基盤技術として、グリッドコンピューティング技術やSOA（サービス指向アーキテクチャ）が重要であり、本稿で述べた自律機能と融合して将来の自律基盤を構成していく。システム変化に対応する自律から、ユビキタス機器や利用者の変化にも対応し得る自律へ、また、サービスやユビキタス機器までを含む実社会の多様性を吸収する仮想化へ、さらには、これらを効率良く統合し、サービス部品を組み合わせることで利用者ごとに最適なサービスを生成する基盤へと成長していくことが期待される。

また、新しい自律基盤の制御形態としても、一層の分散制御を行うことで、ネットワークの災害やトラブルによる分断や無線ネットワークの一時的な不通に対しても、利用可能な部分機能だけでサービスを動的に再構築することも期待される。

む す び

本稿では、ITシステムの大きな流れとなっている自律化について、これを実現する基本技術となるポリシー制御の基本構造と、これをビジネス適用した場合に重要となるリソースのビジネス価値の分析手法について、その概要を示した。また、今後の課題として、活発化が予想されているユビキタスサービスにおいても、仮想自律機構が重要となることを述べた。

ITシステムの発展の中で、仮想自律統合機能の果たす役割はますます不可欠なものになっていく。本技術領域の更なる発展が重要である。