

ユーティリティコンピューティング技術

Utility Computing Technology

あらまし

近年、様々な業務やサービスがインターネットデータセンタ（IDC）によって提供される。富士通研究所では、サービスを提供するに当たって、IDCのITリソースを共有化することによって、予期せぬ膨大なアクセスや業務量の増大に対しても、過剰な投資をすることなく、サービスを安定して提供できるユーティリティコンピューティング技術を開発した。本技術はこれからのアウトソーシングビジネスを支える技術として、IDCでの活用が期待されている。

本稿では、IDCを運用するための基本要件をまとめた上で、本技術を利用することによるセンタ利用者の利点を解説する。さらに、ユーティリティコンピューティング技術を実現するための要素技術であるシステム監視・計測技術やリソース再配置技術、制御技術について述べる。

Abstract

Internet data centers (IDCs) have been providing various business and services in recent years, and utility computing technology (UCT) is expected to become the new operating method for IDCs of future outsourcing businesses. By using this technology, users will be able to receive stable, high-quality services without having to make needless investments, even when there is an unexpected increase in the volume of access or business. This is achieved by sharing IT resources at the center and assigning the necessary servers and network resources to heavy-load services. This paper describes the benefits that UCT can provide to center users and the basic requirements for IDCs. It also describes the components of UCT, including the technologies for system monitoring, IT resource reallocation, and system control.



安達基光（あだち もとみつ）
ITコア研究所 所属
現在、IDC運用技術についての研究
開発に従事。



折笠秀明（おりかさ ひであき）
アウトソーシング統括部インター
ネット技術部 所属
現在、IDC基盤技術の企画、開発に
従事。

まえがき

近年のインターネットの普及に伴い、ITシステムの使い方も大きく変化しており、アウトソーシングによる業務を遂行していくニーズが高まってきている。これは、IT技術の高度化により、従来に比べてデータ処理にはより専門的な知識が要求されてきているといった背景から、システムの運用をインターネットデータセンタ（IDC）に依頼し、業務を安定した品質で運用したいといった期待がより一層高まったためと思われる。これらの背景から、今後のアウトソーシングビジネスにおいては、単に各企業の処理を請け負うだけでなく、高付加価値な機能を訴求する新技術の開発が必要である。

本稿では、これらの要求を満たしてIDCを運用していくための新しい技術であるユーティリティコンピューティングについて述べる。以下、IDCに求められる基本要件を述べ、つぎにユーティリティ技術を活用したIDCの利点を示す。また、最後に実現のための要素技術について述べる⁽¹⁾⁻⁽¹⁰⁾

IDCの基本要件

IDCで提供されているサービスは、いわゆるハウジングサービスと言われるユーザの設備を管理し、安定した環境で運用を請け負う形態のものから、ホスティングサービスのような、業務そのものの運用を行い、サービスを提供していくものまで様々な形態が存在する。また、提供されるサービスも在庫管理などの基幹系業務と言われるミッションクリティカルなものや、ホームページ運用などのWWWによる情報サービスと多岐にわたる。

このように、IDCでは、多様なサービスが提供されており、またサービスの利用条件や要求条件も様々である。例えば、基幹系業務は高い信頼性やサービス品質の安定性が求められる一方、情報サービスでは、基幹系業務に対しては、低い優先度だが、一層の経済性が求められることになる。このような状況でのアウトソーシングビジネスは、それぞれの業務に要求された品質でサービスを安定して提供していくことが重要である。以下にIDCを構築、運用するに当たって求められる基本的な要件をまとめた（図-1）。

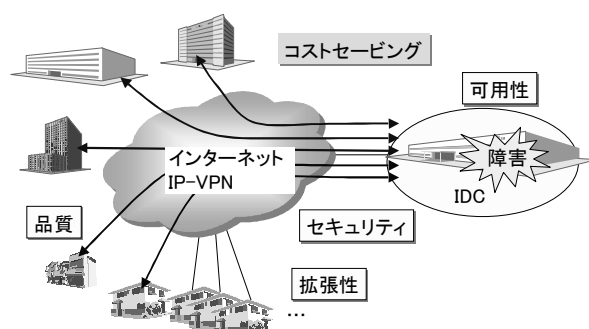


図-1 IDCに求められる基本要件
Fig.1-IDC selection criteria.

（１）可用性

システムを停止させずにサービスを連続的に提供すること。

（２）拡張性

計画的な構築や連続性のある運用を行う企業ネットワークとは異なり、状況に応じて大規模システムへの拡張を要求されることもあり、柔軟なシステムを構成できること。

（３）セキュリティ

IDCへの不正侵入、データ改ざんなどを防げること。

（４）品質

レスポンスを一定時間以下に抑え、高品質なサービスを提供すること。

当然、上記要件がバランス良く妥当なコストで実現できることも要求される。

高可用性や安定した品質への要求を実現する技術として注目を集めているのがユーティリティコンピューティングと言われる技術である。これは、ユーザの要求やシステムの稼働状況に合わせてITリソースの割当てを動的に変更する技術である。具体的には、サービスのレスポンス時間を一定時間内に抑えるといったようなユーザの要求事項を満たすために、ボトルネックとなっているサーバやネットワークリソースを逐次増強したり、また、突発的な負荷や障害が発生したときにも、その状況を監視して、サービスが停止したり、その品質が劣化しないようにITリソースを柔軟に配置していく技術のことである。

ユーティリティ技術を導入したIDCの利点

つぎに、本技術を導入したIDCを利用することに

よってもたらされる利点について述べる。

IDCを利用するユーザは、サービスへのアクセスが増大し過負荷状態になった際にも、サーバなどのリソースをIDCが所有している共有のリソースプールから切り出してリソースを再配置してレスポンス時間の劣化などを防ぐことができることは、前に述べたとおりである。さらに、IDCで稼働させるサービスについて運用の初期から大きな設備を用意せず、初期投資のコストを抑えたスモールスタートが可能となる。ユーザは、運用開始時に予定されているサービスについては、必要とされるリソースを準備しても、将来にわたって必要となるリソース量までは予測して準備することは困難である。本技術を用いることで、ユーザは最小の設備を用意しておけば、過負荷分は、リソースプールからの再割当てによりサービスの劣化を防ぐことができる。また、本技術では、利用したITリソースのログを記録しているので、使った分だけ料金を支払うといった従量課金制が適用でき、運用コストの削減も実現できる。

これらの利点を以下にまとめる。

- (1) スモールスタートによる初期投資・追加投資の抑制
- (2) 従量課金制料金による運用コストの削減
- (3) 予測困難な負荷増大や季節変動への柔軟な対応
- (4) 保守作業や障害時のリソース再配置による信頼性向上

図-2は、ユーティリティコンピューティングの概念を表している。Aサービスへのアクセスが増大し

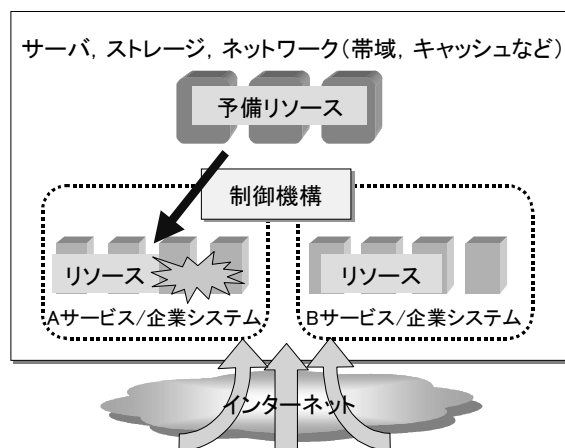


図-2 ユーティリティコンピューティングの概念
Fig.2-Concept of utility computing technology.

た際に、サービスの劣化が起こらないように予備リソースから必要な分だけのサーバやネットワークリソースの割付けを行う。予備リソースは、同じIDC内に準備しておいてもよいし、ブロードバンドネットワークで接続された遠隔地のセンタ内に配備されていても同じである。例えば、図-3に示すように各企業や各都道府県などに構築されるIDCを運用する際に、富士通が運用するIDCと連携すれば、地域IDCが提供するサービスに対して予期せぬ膨大なアクセスが発生しても連携されたセンタIDCの予備のリソースを即座に割り当て、サービスを安定して提供することが可能である。つまり、企業や地方のIDCにおいても運用開始当初から大きな設備を持たずにサービスを開始することが可能である。

実現のための技術

つぎに、ユーティリティコンピューティングを実現する要素技術を述べる。大きく分けて三つの要素技術から構成される。

(1) 監視・計測技術

ITリソースの稼働状態を監視する計測技術

(2) リソース再配置技術

その計測結果からシステムのボトルネック箇所の検出を行い、それを回避するためのリソースの再配置を算出する技術

(3) 制御技術

リソースの再配置を実現するためのサーバの追加制御やパケットの宛先を制御し負荷を分散制御する技術

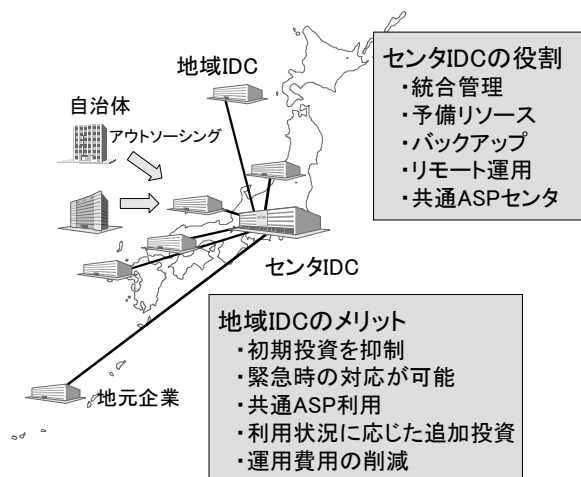


図-3 地域IDCとセンタIDCの連携
Fig.3-Linkage between local IDCs and central IDC.

● 監視・計測技術

監視・計測技術は、サーバやネットワークの状況を調べる技術で、サーバの最大能力に対して現状ではどの程度の負荷率であるか、また、利用されているネットワークはその利用可能帯域幅がどれくらいかを即座に計測する。これらは、計測するに当たり、計測用のエージェントを新たにサーバに付加することなしに、また多大な計測用のパケットを送信してシステムを擾乱^{じょうらん}させることなしに計測できることが特徴である。以下にサーバの計測技術およびネットワークの利用帯域幅の測定手法について紹介する。

サーバの稼働状態を外部から計測する技術として、計測の対象サーバとHTTP通信を使いそのレスポンス時間を解析して行う例を紹介する(図-4)。計測するに当たって、そのサーバの基本性能を測り、それをもとに負荷を推定する。

(1) Step1 サーバ基本性能値計測

- ・サーバに対してGetリクエストを連続して送信
- ・データの到着間隔の平均値 x を計測
- ・サーバ基本性能値 μ は $1/x$ (リクエスト/秒)であると推定

(2) Step2 サーバ負荷率推定

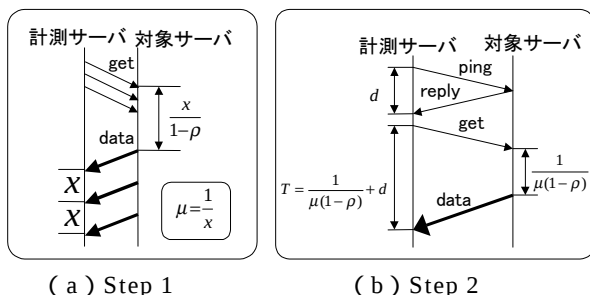
- ・HTTP遅延平均 T とping遅延 d を計測
- ・ $T(=1/(\mu(1-\rho))+d)$, d , μ より、サーバ負荷率 ρ を推定

つぎにネットワークの利用帯域幅の測定方法について述べる。本手法は、測定用のパケット(プロービングパケット)を着目しているネットワーク部や経路に送信し、調べたい経路の性能を測定するものである。このプロービングによる古典的計測手法としてよく用いられるものは、ICMPエコーパケットを利用したpingであり、経路上のホストの到達可能性とパケットのラウンドトリップタイム(以下、

RTT)を測定できる。このプロービング回数を増やすことにより、RTTの最小値を求めることができるが、測定精度の改善のために、プロービングの数を増やしていくという漸近的な改善の方法にはおのずと限界があり、本質的に誤差の影響が避けられない。これに対して、個々のプロービングを独立に評価するのではなく、プロービング間に見られる相関に着目すれば、個々のプロービングに誤差が含まれていても、その誤差の影響を受けずに、測定精度を上げることができるものと考え、ボトルネックにプロービングパケットがキューイングされたときに現れるプロービング間の相関を検出し、プロービングの数を増やすことなしに性能を計測する技術を開発した。プロービング間の相関は、プロービングパケットがボトルネックに同時にキューイングされたときに特徴的に現れる。プロービングパケットが同時にキューイングされない場合、各プロービングは独立した事象になるが、プロービングパケットが同時にキューイングされた場合、前のプロービングパケットが送出されてからでないと、後のプロービングパケットは送出されないため、必然的に前後のプロービング間で相関が現れるからである。従来手法の測定精度はプロービングパケットのRTTのばらつきの影響を直接受ける。それに対して本手法は、プロービング速度を変化させたときに、プロービングパケット間のRTTの差が正になる割合が不連続に変化する時点を検出し、ボトルネックの帯域幅の算出には、RTTの値ではなく、プロービング速度を用いる。そのため測定精度はRTTのばらつきによる影響を受けない。したがってほかのトラフィックが混在する輻輳^{ふくそう}したネットワークでも少量のプロービングパケットの送信によって精度の良い測定ができる。以上の手法を用いた計測技術によりリンクの性能やボトルネックを検出している。

● リソース再配置技術

リソース再配置技術においては、上記技術によって計測した結果に基づき、システム内でのボトルネック箇所を特定し、それを解消しサービスを安定して提供するために必要となるリソース量やコンテンツの配置位置を算出する。例えば、現状のサーバ状態とアクセス量の伸びから必要サーバ台数の計算や利用帯域量の計測からパケットの最適なルートを算出して、最適なシステム構成を計算する。この際



(a) Step 1

(b) Step 2

図-4 サーバの稼働状態の計測技術例

Fig.4-Measurement technology of server status.

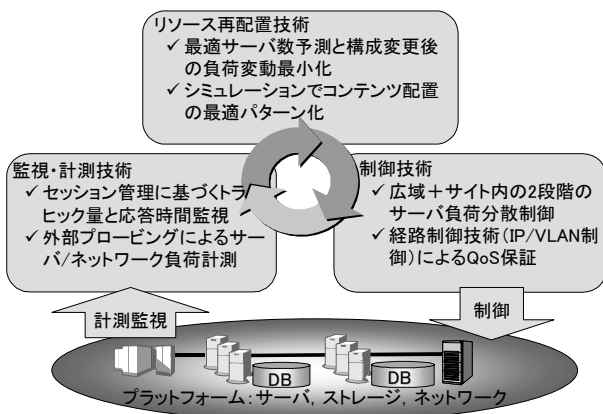


図-5 技術体系
Fig.5-Technology map.

に、提供されるサービスを構成するリソースの相互依存関係のモデル化を行っている。また、複数のサービス間での予備リソースの奪い合いや、不整合を防ぐための調整機能も提供されている。

● 制御技術

制御技術は、リソース再配置の構成を実現するためにIDCを構成するサーバ、負荷分散機器やネットワーク機器などに対して制御を行う。具体的には、予備リソースのサービス割当てを実現するためにプラットフォーム配備やアプリケーション配備を実行する。また、制御の結果サービスが安定して提供できているかの検証も行い、行われていない場合はフィードバックしその原因を調査するとともに、再割当てをしたサーバの切り離しなどを行う。以上の技術をまとめて図-5に表現した。

む す び

以上述べた技術の研究開発は富士通研究所に2002年11月に開設したIDCラボで行っている。ラボ内には、1,000台近くのサーバやストレージが設置され、また地域的に分散した環境も模擬しており

IDCを構築、運用するための様々な研究開発が進められている。本稿で紹介したユーティリティコンピューティング技術もIDCラボで実験評価を進めており、近い将来富士通のIDCで実用化される予定である。

参考文献

- (1) Sun Microsystems : N1: Revolutionary IT Architecture for Business .
<http://www.sun.com/software/solutions/n1/index.html>
- (2) Sun Microsystems : N1: Revolutionary IT Architecture for Business Technology Brief The I-Fabric Architecture .
http://www.sun.com/software/solutions/n1/tb_ifabric.html
- (3) IBM : Managed Hosting - Linux virtual services .
http://www-3.ibm.com/services/e-business/hosting/managed_hosting.html
- (4) IBM : オンデマンドの世界 . 2002.10 .
http://www-6.ibm.com/jp/e-business/pdf/e-business_ondemand.pdf
- (5) Hewlett-Packard : resource virtualization: utility data center .
<http://h30046.www3.hp.com/solutions/utilitydata.html>
- (6) Ejasent : UpScale Data Center: Dynamic & Flexible Resource Management .
<http://www.ejasent.com/platform.shtml>
- (7) Policy Framework Working Group , IETF .
<http://www.ietf.org/html.charters/policy-charter.html>
- (8) IETF IP Performance Metrics WG .
<http://www.ietf.org/html.charters/ippm-charter.html>
- (9) V. Paxson et al .: Framework for IP Performance Metrics . Request for Comments: 2330 , May 1998 .
- (10) V. Jacobson : pathchar - A Tool to Infer Characteristics of Internet Paths . MSRI , 1997 .
<ftp://ftp.ee.lbl.gov/pathchar/msrj-talk.pdf>