

待ち行列ネットワークのボトルネックに対する 定性的なパラメータチューニングの定量的な評価

金野 孝顕 (上智大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 博士前期課程)
志田 圭介 (上智大学大学院 理工学研究科 機械工学専攻 博士前期課程)
本位田 真一 (株式会社 システム・ソフトウェア技術研究所)
伊藤 潔 (上智大学 理工学部 一般科学研究室 情報科学部門)

待ち行列ネットワークのボトルネックを改善するために、定性推論に基づいて複数の改善プランが得られる。これらの改善プランのうちどのようなタイプの改善プランを選べば改善度合が大きくなるかという改善プランの選択基準について述べる。選択基準には、ボトルネックの改善に要する時間の最小化のための選択基準、および改善プランの周辺への影響量の最小化のための選択基準がある。

Quantitative evaluation on the qualitative parameter tuning
for improving queueing network bottleneck

Takaaki Konno*, Keisuke Shida*, Shinichi Honiden**, Kiyoshi Itoh***

* : Department of Mechanical Engineering,
Faculty of Science and Technology, Sophia University,
Kioi-cho 7-1, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan

** : Systems and Software Engineering Laboratory, Toshiba Corporation,
Yanagi-cho 70, Saiwai-ku, Kawasaki 210, Japan

*** : Laboratory of Information Science, Natural Sciences Center,
Faculty of Science and Technology, Sophia University,
Kioi-cho 7-1, Chiyoda-ku, Tokyo 102, Japan

In order to improve a queueing network bottlenecks, many of improvement plans can be produced by qualitative reasoning. This paper describes the plan choice criteria. The criteria can produce the optimal plan with large improvement effect. There are two criteria, i.e., minimization of time for improving the bottleneck and minimization of influence on the circumference.

1 はじめに

対象システムに悪影響を及ぼすボトルネックを改善するために複数の改善プランが考えられる。これらの改善プランは、一般にどれを選択してもボトルネックを解消できる。しかし、ボトルネックの改善度合が異なる。各々の改善プランに従ってチューニングを試み、ボトルネックの改善度合を比較して、その内最も効果の大きい改善プランを実施すればよいかもしれない。しかし、この作業には非常に多くの手間と時間がかかり現実的ではない。どのようなタイプの改善プランを選べば改善度合が大きくなるかという、改善プランの選択基準を、多くの例を調べることににより事前に得ておきたい。

対象システムは、過大な負荷がかかっている、すなわち、そのモデルである待ち行列ネットワークが非定常(過負荷)状態にある、あるいはその可能性を持つシステムとする。対象システムに悪影響を及ぼすものとして、稼働率が過大なサーバ(ボトルネックサーバ)に着目する。

著者らは、待ち行列ネットワークのボトルネックを効果的に解消するために、2つのエキスパートシステム、ボトルネック診断エキスパートシステム(Bottle neck Diagnosis Expert System: BDES)と、ボトルネック改善エキスパートシステム(Bottleneck Improvement Expert System: BIES)を開発した。BDES & BIESの詳細は、著者らの論文([IT089, 90] [SAW89ab])に示した。

BDESは、各性能パラメータの測定平均値を用いて、ボトルネックサーバ群を列挙し、1つの選択されたボトルネックサーバに対する定性改善プラン(性能パラメータの増減関係のみを定める)を定性推論([APT86] [BOB85] [DEK85] [NIS88, 89] [RAJ84])に基づいて列挙する。評価者は、このうち1つの定性改善プランを選択する。BIESは、選択された定性改善プランに従って、定量改善プラン(性能パラメータの定量的な増減値を定める)を列挙する。評価者が、このうち1つの定量改善プランを選択すると、BIESによりボトルネックサーバとこれに影響を受けていた全ての性能パラメータの自動チューニングが行われる。

以上の複数の全ての改善プランにより着目しているボトルネックが改善できる。しかし、ボトルネックの改善度合が異なる。この改善度合について多くの例を調べ、プランの選択基準を定める。このために、複数の定量改善プランの内容をその構成要素から分類した。分類された改善プランによる改善度合を調べた。

改善度合を測る尺度として、改善プランによるボトルネックの改善に要する時間、および、改善プランの

周辺への影響量がある。この尺度によって多くの改善プランを調べた結果、例えば、ボトルネックの改善に要する時間の最小化の為に、サーバのサービス率の改善の方が到着率の改善よりも有効であること、サービス率と到着率を組合せた改善の方がサービス率単独の改善よりも有効であること、などの選択基準が得られた。

2節では、対象とする待ち行列ネットワークについて説明する。3節では、待ち行列ネットワークのボトルネックとこの定性/定量的なチューニングの方法を簡単に述べる。4節では、改善プランによる改善度合を測る尺度を述べる。5節では、この尺度を用いて得た、改善プランを選択する基準を述べる。6節では、この基準によって選択したプランが高い改善度合を持つ実例を述べる。

2 待ち行列ネットワーク

単一のサーバ(server)の5つのパラメータを定義する。

- λ : 単位時間当りにサーバに到着するエンティティの平均個数 (到着率: arrival rate)
- μ : 単位時間当りにサーバで処理できるエンティティの平均個数 (サービス率: servicing rate)
- t : 単位時間当りにサーバから出て来るエンティティの平均個数 (スループット: throughput)
- ρ : サーバが実際にエンティティを処理する時間の割合 (稼働率: utilization rate)
- q : サーバの前で処理を待つエンティティの平均個数 (待ち行列長: queue length)
- r : エンティティがあるサーバを出た後、後続の複数のサーバのいずれに分岐するかを定める確率 (分岐確率: branching probability)

Fig. 1とFig. 2に示す通り、 λ と μ が与えられるとその大小関係によりサーバの性能を表す ρ 、 t が決まる。

本稿で対象とする待ち行列ネットワーク(queueing network; 以下QNと略記)([GEL85] [KLE75])は、複数のサーバが結合してネットワーク構造になったもの(例えばFig. 3の"NQ3")である。

対象QNは、エンティティが全て外部から到着し、処理済みになると外部へ出るオープン型のQNである。エンティティは外部から複数のサーバに到着できるが、内部ではそれらを区別しない。即ち、内部ではエンティティを1種類と考えた単一フロー型のQNである。

3 待ち行列ネットワークのボトルネックの診断/改

善への定性／定量推論の導入

3.1 ボトルネック

QN内で稼働率が1に極めて近いサーバはボトルネック(bottleneck)である。このボトルネックサーバの待ち行列(queue)は無限に成長する恐れがある。ボトルネックサーバが存在する場合、QNは非定常(過負荷)状態(unstable or overloaded state)である。

稼働率が1に近くないが過大なサーバはボトルネックとなる可能性がある。エンティティの到着時間間隔やサーバのサービス時間などが大きなばらつきをもつ場合、稼働率が1に近くなくても待ち行列長が時には急激に増加する危険性がある。このため、フェールセーフ(failure to safety)の考え方を導入して、稼働率が0.7以上のサーバにボトルネックの可能性があると経験的に診断していることが多い。この稼働率0.7をボトルネックランドマーク(Bottleneck Landmark: BL)とする。

また、稼働率が過大ではないが待ち行列長が過大であるサーバには — 測定がそれほど長時間行われていないかもしれないため —、測定終了以降にエンティティが過大に到着して稼働率が大きくなる危険性がある。この過大な待ち行列長は後に徐々に解消されるかもしれないが、ボトルネックの発生の事前防止というフェールセーフの考え方で、測定時に平均待ち行列長が1以上のサーバにボトルネックの可能性があると診断する。この行列長1を平均待ち行列長に関するボトルネックランドマーク(QBL)とする。

3.2 BDES & BIESの導入

ボトルネックを解消するために、筆者らは2つのエキスパートシステム、BDESとBIESを開発した。BDESによって提示される定性改善プランは、性能パラメータ間の増減関係のみを定めるものであり、BIESによって提示される定量改善プランは性能パラメータの定量的な増減値を定めるものである。

3.3 単一サーバの定性挙動式および定性改善式

定性推論の考え方に基づいて、ボトルネックの可能性あることを定性推論記法で表現すると、

- ・ $[\rho] = +$: ボトルネックの可能性がある。このときフェールセーフの考え方で $d\rho = +$ と考える。
- ・ $[q] = +$: ボトルネックの可能性がある。このとき $dq = +$ と考える。

個々のサーバの挙動を表す定性式を構成する。ボトルネックの可能性がない場合とある場合で式の種類が異なる。以下の式を個々のサーバの定性挙動式と呼ぶ。ボトルネックの可能性がある場合b)を特に定性改善式

と呼ぶ。

a) 定性的状態 $[\rho] = -$ のとき

a-1) λ について

$$d\rho = \pm \leftarrow d\lambda = \pm (\lambda \text{ と } \rho \text{ は同じ方向に増減})$$

$$dt = \pm \leftarrow d\lambda = \pm (\lambda \text{ と } t \text{ は同じ方向に増減})$$

a-2) μ について

$$d\rho = \mp \leftarrow d\mu = \pm (\mu \text{ と } \rho \text{ は反対方向に増減})$$

$$dt = 0 \leftarrow d\mu = \pm (\mu \text{ の増減に } t \text{ は追従せず})$$

b) 定性的状態 $[\rho] = +$ のとき

b-1) λ について

$$d\rho = - \leftarrow d\lambda = - (\lambda \text{ の減少に } \rho \text{ は追従})$$

$$dt = 0 \leftarrow d\lambda = - (\lambda \text{ の減少に } t \text{ は追従せず})$$

b-2) μ について

$$d\rho = - \leftarrow d\mu = + (\mu \text{ が増加すると } \rho \text{ は減少})$$

$$dt = + \leftarrow d\mu = + (\mu \text{ が増加すると } t \text{ は増加})$$

b-3) q について

$$dq = - \leftarrow d\rho = - (\rho \text{ の減少に } q \text{ は追従})$$

$$d\rho = - \leftarrow dq = - (q \text{ の減少に } \rho \text{ は追従})$$

Fig. 3のNQ3のボトルネックの可能性のあるサーバの定性挙動式および他のサーバの定性挙動式の個数は約300本である。ボトルネックの改善を行なうときには、これらの式以外にサーバ間の結合情報や分岐確率などの情報が必要である。これらを全て集めて定性挙動推論により解くと、状態数の爆発が起きる。

3.4 BDESの「部分形状と性能パラメータ値に基づいた定性改善式によるボトルネック改善プランの提示」

全てのサーバについて定性式を立式し、それらを組み合わせるのではなく、サーバ間の結合による部分形状毎に性能パラメータ間の増減関係を示した定性改善式を導入する。この定性改善式は専門家の持つ経験則である。

BDESは、この「部分形状に関する経験則」を知識として9つ持つ。これらの知識を用いることによって、使用する性能パラメータの個数が、全てのパラメータに着目する場合に比べてかなり減少する。

例えば、Fig. 4は、ボトルネックサーバの改善のためその μ を増加すると t が増加するため、下流の過大な ρ を減少させる知識である。

Fig. 5の2つのサーバs1, s2の t が合流してボトルネックサーバs3の λ となっている場合に、どちらか一方または両方の t を減少する必要がある。この場合、 t_1 , t_2 の大小関係により改善するパラメータを決める知識である。

Fig. 6の知識はまず、ループの機能を変えないために、ループからの r の変更を禁止する。また、ボトルネックサーバs3の λ がループからの出力である場合に

は、ループ内のパラメータではなくループの入力のみを減少するという知識である。

BDESは、以上のような知識を用いて定性推論を行い、定性改善プランを列挙する。

Fig. 3のNQ3のボトルネックサーバs12に対する定性的な診断プロセス(挙動推論プロセス)をFig. 7に示す。

Fig. 7の最上部のブロック1は、s12のボトルネックを改善したいという診断のゴール($d\mu_{12}=-$)である。ブロック1からブロック2,3への分岐はs12に対する定性改善式の適用である。以下、形状と性能パラメータ値に基づいた知識が順次適用されて、Fig. 7に示す診断プロセスがBDESにより行なわれる。

この診断プロセスの結果、ブロック2,8,15,16,17の下に、診断ゴール($d\mu_{12}=-$)を実現するための択一的な定性改善プランが示されている。

3.5 BIESの「ボトルネック改善のための性能パラメータの定量推論と定量改善プランの提示」

1つのボトルネックサーバに対する定性的な改善プランに対して、BIESは、このサーバとこれに影響を受ける全ての性能パラメータの値の自動チューニングに関する知識を使って、改善後のパラメータの定量値を推論する。

この推論は、いわゆる“フローバランス”についてのヒューリスティックに基づくものである。

Fig. 8は、Fig. 7のBDESの5つの定性的な改善プラン全てに対して定量的なチューニングを行なったプロセスである。定性改善プラン2に対して、BIESがきめ細かな定量推論を行なうと定量改善プランが2個提示される。BDESの定性改善プラン2は $r_{6,12}$ を減少することを示しているが、BIESの定量改善プランでは、きめ細かな定量推論を行なうと、この $r_{6,12}$ の改善のみではs12のボトルネックを解消できず、同時に μ_{12} を増加すべきであるということが示されている。一方、定性推論を行なわないで直接、複数の定量改善プランを列挙することは必ずしも容易ではない。これらは定性推論と定量推論の組合せによる相補性を示している。

4 改善度合を測る尺度

4.1 2つの尺度

BDES & BIESによって得られる改善プランは択一的であり、どのプランを選択しても、着目しているボトルネックの改善ができる。しかし、ボトルネックの改善度合が異なる。従って、どの改善プランを選べば改善度合が大きくなるかという、改善プランの選択基準を得ておきたい。

この選択基準を得るために、改善度合を測る2つの

尺度を用いた。それは、ボトルネックの改善に要する時間と改善プランの周辺への影響量である。この尺度によって得られた選択基準を用いて、多くの改善プランの中から1つのプランを選択することができる。

この情報を評価者に与えるために、著者らはどのような改善プランが適切な改善を得られるかということと比較するために、改善プランを分類した。

4.2 尺度1: ボトルネックの改善に要する時間

ボトルネックの改善に要する時間を尺度とする。この尺度を減少率として以下に定義される。

Fig. 9の $\rho(T1)$ と $q(T1)$ は、ある時刻T1における測定平均値を示している。BDES & BIESによるチューニングはこの値を用いて行われる。またFig. 9の $\rho(T2)$ と $q(T2)$ は、時刻T1においてチューニングを行った後の、ある時刻T2における測定平均値である。 $\rho(T2)$ と $q(T2)$ は時刻T1までの統計量を破棄せず継続して測定した平均値でもある。

これに対してFig. 9の $\rho'(T2)$ と $q'(T2)$ は、時刻T1においてチューニングを行い、T1までの統計量を破棄して再稼動した後の時刻T2における測定平均値である。

$\rho'(T2)$ と $q'(T2)$ は、時刻T2において稼働率と待ち行列長がチューニングによって安定状態に近づく値と予想ができるので、T1の値に比べて、T2の値を十分大きくとれば、 $\rho(T2)$ と $q(T2)$ の値は、それぞれ $\rho'(T2)$ と $q'(T2)$ の値に等しくなるはずである。

従って、ある時刻T2における $\rho(T2)$ と $q(T2)$ の値が、それぞれ $\rho'(T2)$ と $q'(T2)$ の値に近づいたかを減少率として定義し、減少率の大きい改善プランほどボトルネックの改善後、より速くシステムが安定状態に達するものとした。この減少率は次式を用いて算出する。

$$\text{減少率(\%)} = \{f(T1) - f(T2)\} / \{f(T1) - f'(T2)\} \times 100$$

such that $f(Tn)$ is $\rho(Tn)$ or $q(Tn)$.

4.3 尺度2: 改善プランの周辺への影響量

改善プランの周辺への影響量という尺度を説明する。

ある時刻T1において、 $\rho(T1)$ と $q(T1)$ を用いてBDES & BIESによるチューニングを行う。その後ある時刻T2までに、診断サーバとチューニング時に影響を受けるサーバとチューニング後にボトルネックの可能性が発生したサーバの稼働率と待ち行列長の値がどのように変化するか観測する。

この結果から、あるボトルネックの改善によって影響を受けたサーバの数を上げ、この数の少ない改善プランほど、周辺の他のサーバに影響を与えずにボトルネックの改善を行うことができるものとした。

5 改善プランの分類と選択基準

5.1 改善プランの分類

この分類は以下の7つの"TYPE"からなる。

TYPE1: ボトルネックの可能性があると診断されたサーバ(以下、「診断サーバ」)のサービス率を増加する。

TYPE2: 診断サーバおよび、その下流のボトルネックの可能性のあるサーバの到着率を減少させるため分岐確率を変更する。

TYPE3: 外部入力を減少する。

TYPE4: 診断サーバのサービス率を増加する。また、診断サーバおよび、その下流のボトルネックの可能性のあるサーバの到着率を減少させるため分岐確率を変更する。

TYPE5: 診断サーバのサービス率を増加する。また、外部入力を減少する。

TYPE6: 診断サーバおよび、その下流のボトルネックの可能性のあるサーバの到着率を減少させるため分岐確率を変更する。また、外部入力を減少する。

TYPE7: 診断サーバのサービス率を増加する。また、診断サーバおよび、その下流のボトルネックの可能性のあるサーバの到着率を減少させるため分岐確率を変更する。さらに、外部入力を減少する。

Table 1は、BDES & BIESによって列挙されたNQ3の23個の定量改善プランを上記に従って分類した表である。

5.2 改善プランの選択基準

多くの待ち行列ネットワークを例として、ボトルネックの改善プランを得て、実際にチューニングしてみた。それらを2つの尺度により比較検討した結果、以下に示す2つの選択基準を得た。

基準a: ボトルネックの改善に要する時間の最小化のための選択基準

診断対象のサーバのボトルネックを、可能な限り速く改善するための選択基準は次の優先順位から成る。

1. TYPE5の改善プラン
2. TYPE4の改善プラン
3. TYPE1の改善プラン
4. TYPE6の改善プラン
5. TYPE3の改善プラン
6. TYPE2の改善プラン

基準b: 改善プランの周辺への影響量の最小化のための選択基準

診断サーバが改善され、かつ周辺のサーバに対して影響を少なうするための選択基準は次の優先順位から成る。

1. TYPE5の改善プラン
2. TYPE1の改善プラン
3. TYPE3の改善プラン
4. TYPE4の改善プラン
5. TYPE2の改善プラン
6. TYPE6の改善プラン

6 改善例

本節では、Fig. 3のNQ3におけるs12のボトルネックを改善するための全ての改善プランによる改善度合を調べ、5節で得られた改善プランの選択基準の有効性を示す。

Table 2に、全ての改善プランによるs12の ρ の減少率の値を示す。この結果は、5節の基準aが示す優先順位とほぼ一致していることが分かる。

Table 3に、全ての改善プランについて、その改善により影響を受けたサーバの個数を示す。この結果も、5節の基準bが示す優先順位とほぼ一致していることが分かる。

また、Fig. 10では、基準aの優先順位1番である改善プラン(S12N6/TYPE5)と、優先順位5番である改善プラン(S12N8/TYPE3)によるチューニング後の、s12の ρ の測定結果を比較している。明らかに、基準aの優先順位1番である改善プランによるs12のボトルネックの改善に要する時間の方が短く、5節の基準aが示す優先順位通りであることが分かる。

7 おわりに

本稿では、定性/定量推論を用いたBDES & BIESにより得られる定量改善プランをその構成要素によって分類し、分類をした改善プランをより速く安定状態にする度合を最大にする、または周辺への影響を最小にするという評価基準において比較をした。これにより、我々は評価者に対して、各TYPEの改善プランのネットワークに対する影響を提示することができる。また、2つの選択基準とそれぞれの基準における選択優先順位に従ってBDES & BIESによって列挙される多くの改善プランの中から改善プランを選択して、対象システムを改善することができる。この基準は他の待ち行列ネットワークにおいても同様である。

本稿では、待ち行列ネットワークの診断・改善をある固定時刻に行った。診断・改善時間のタイミングは、観測しているサーバの稼働率(ρ)の値が急激に変化すること($d\rho$ の値)を測定し、これがある値を超え

た時に行うということも考えられる。

参考文献

- [APT86]Apte, C. et al.: Using qualitative reasoning to understand financial arithmetic, Proc. AAAI'86, (1986).
 [BOB85]Bobrow, D.G., et al. ed.: Qualitative reasoning about physical systems, MIT Press, (1985).
 [DEK85]De Kleer, J.: How circuits work, in [BOB85], (1985).
 [GEL85]Gelenbe, E. et al.: Analysis and Synthesis of Computer Systems, Academic Press, (1989).
 [ITO89]Itoh, K. et al.: Knowledge-Based Parameter Tuning for Queueing Network Type System - A New Application of Qualitative Reasoning, CAPE'89, (October, 1989).
 [ITO90]伊藤, 本位田, 沢村, 志田: 定性推論と定量推論を導入した待ち行列ネットワークのボトル

ック診断 と改善法, 人工知能学会誌, Vol.5, No.1, (1990).

- [KLE75]Kleinrock, L.: Queueing Systems, John Wiley & Sons, Inc., (1975).
 [NIS88]西田: 定性推論に関する最近の研究動向, 情報処理, Vol.29, NO.9, No.11, (1988).
 [NIS89]西田: 定性推論の基礎, 人工知能学会誌, Vol.4, NO.5, 522-527 (1988).
 [RAJ84]Rajagopalan, R.: Qualitative modeling in the turbojet engine domain, Proc. AAAI'84, (1984).
 [SAW89a]沢村, 本位田, 伊藤: 定性推論を導入した待ち行列ネットワークのボトルネック診断, IPSJ WGAI, (January, 1989).
 [SAW89b]沢村, 本位田, 志田, 伊藤: 知識工学的手法を用いた待ち行列ネットワークのボトルネック診断, 情報処理学会論文誌, 30.8, 990-1002 (August, 1989).

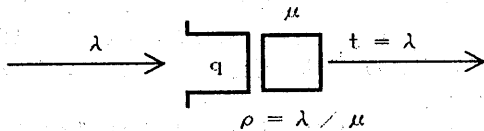


Fig 1 when $\lambda < \mu$

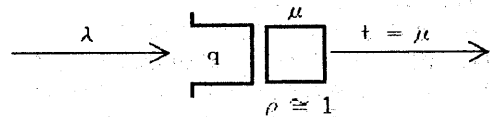


Fig 2 when $\lambda \geq \mu$

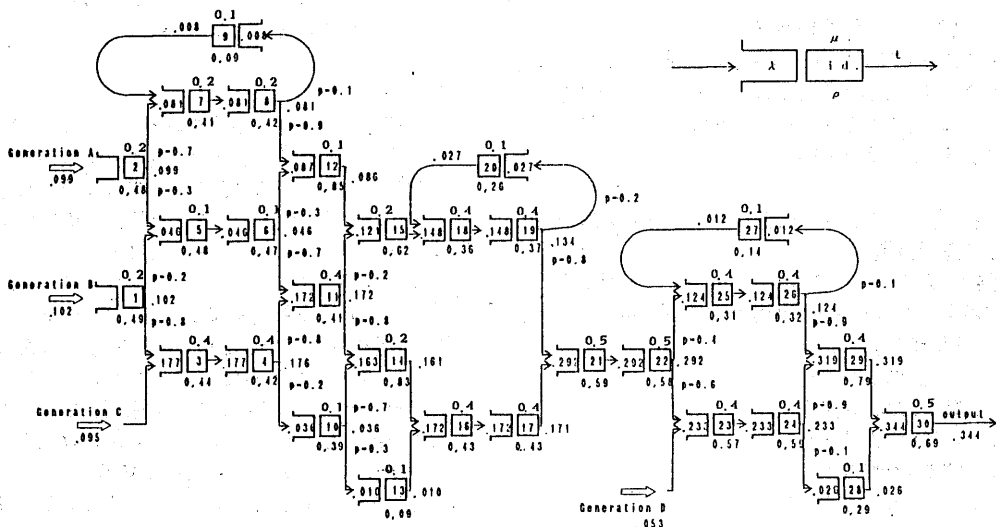
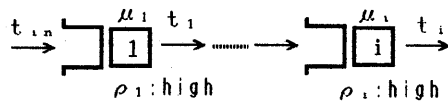


Fig.3 Measurement for M03 (termination time :9000)

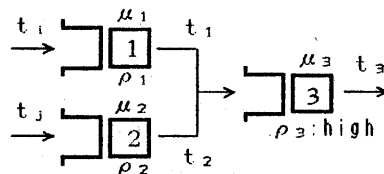


On improving a bottleneck server by increasing its μ , decreasing ρ_i of its downstream servers whose " ρ_i "s ≥ 0.7 or whose " q_i "s > 1.0 .

$$d\rho_1 = - \leftarrow d\mu_1 = +$$

$$d\rho_1 = - \leftarrow d\rho_i = -$$

Fig. 4 effect on downstream



(1) In case of $t_1 > t_2$,

decrease t_1 for decreasing ρ_3 .

$$d\rho_3 = - \leftarrow dt_1 = -$$

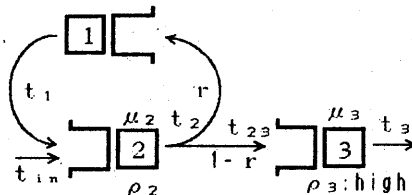
(2) In case of $t_1 \cong t_2$,

decrease t_1 or t_2 for decreasing ρ_3 .

$$d\rho_3 = - \leftarrow dt_1 = -$$

$$d\rho_3 = - \leftarrow dt_2 = -$$

Fig. 5 joint



Decrease t_{in} for decreasing $t_{2,3}$ (output of a loop).

$$d\rho_3 = - \leftarrow dt_{in} = -$$

Fig. 6 loop

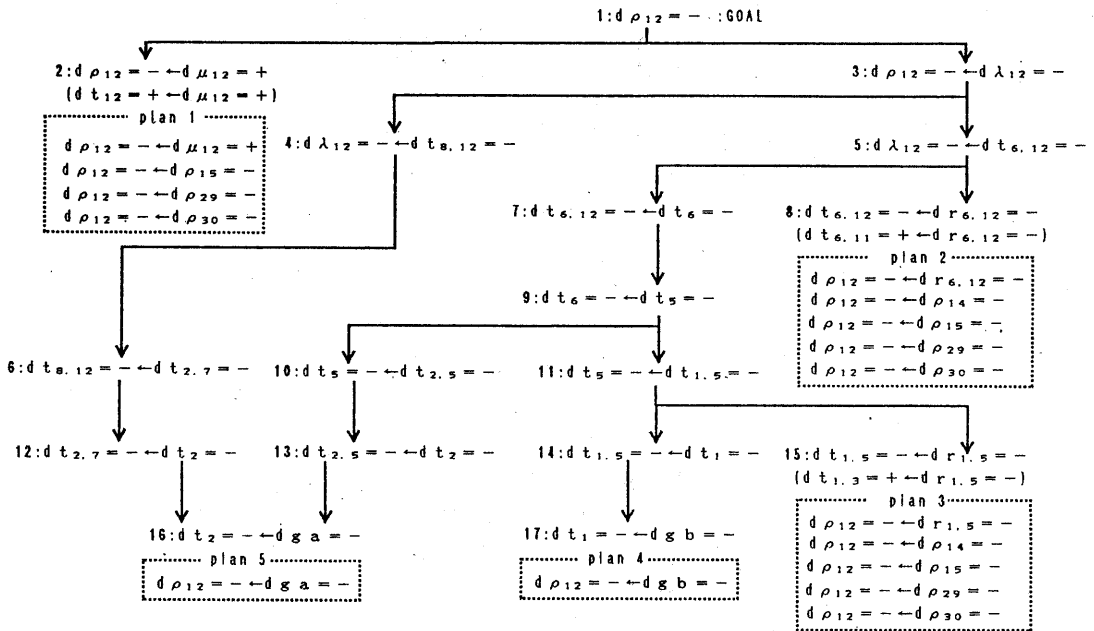


Fig. 7 Qualitative reasoning for improving on bottleneck server s12

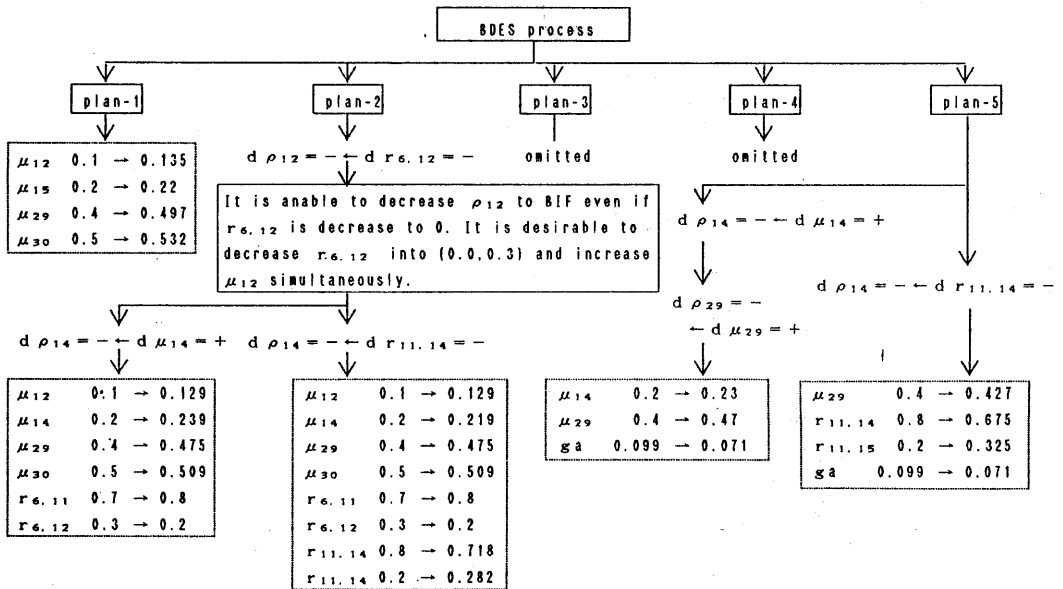


Fig. 8 BIES quantitative tuning process after BDES qualitative process

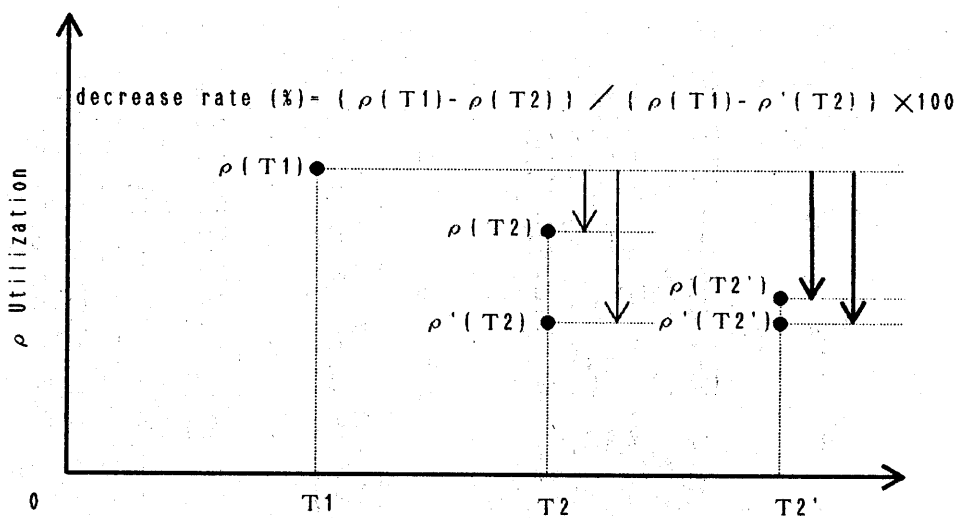


Fig.9 meaning of the decrease rate

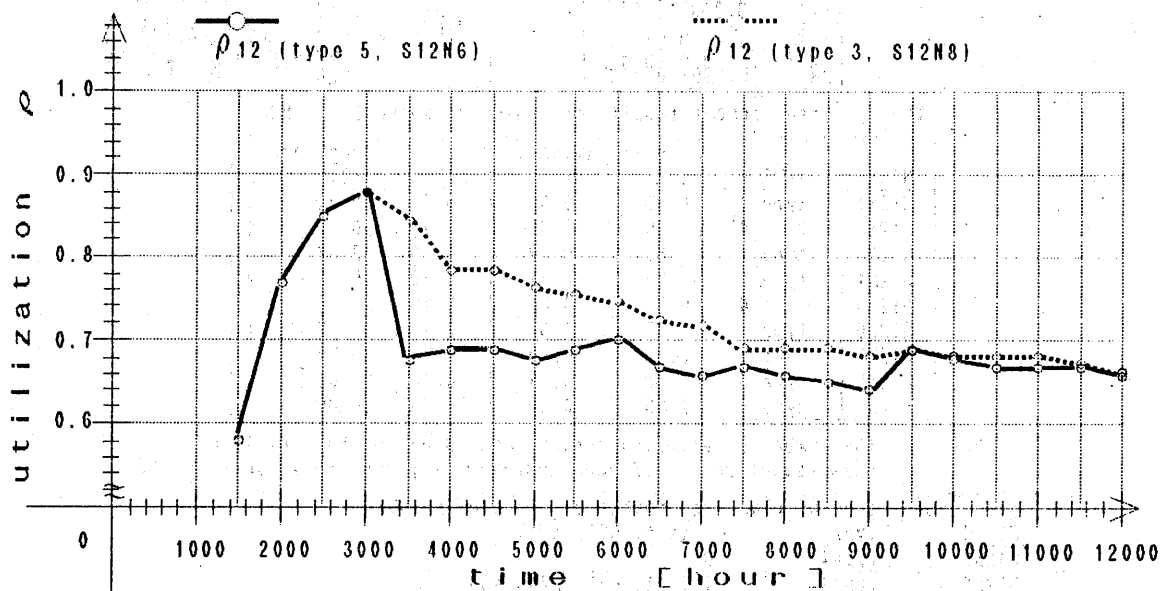


Fig.10 the trace of measurement result of utilization of server s12

Table 1 quantitative improvement plans for NQ3

server	plan name	improved parameters	server	plan name	improved parameters
s12	S12N1 type 1	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.134 \\ s_{30} & 0.5 \rightarrow 0.532 \end{matrix}$	s14	S14N1 type 1	$\begin{matrix} s_{14} & 0.2 \rightarrow 0.237 \\ s_{30} & 0.3 \rightarrow 0.316 \end{matrix}$
	S12N2 type 4	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.129 \\ s_{29} & 0.2 \rightarrow 0.209 \\ s_{11}, s_{12} & 0.5 \rightarrow 0.509 \end{matrix}$		S14N2 type 2	$\begin{matrix} s_{14} & 0.2 \rightarrow 0.209 \\ (s_{11}, s_{12}) & 0.3 \rightarrow 0.392 \end{matrix}$
	S12N3 type 4	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.129 \\ s_{30} & 0.5 \rightarrow 0.509 \\ (s_{11}, s_{12}) & 0.3 \rightarrow 0.392 \end{matrix}$		S14N3 type 2	$\begin{matrix} s_{14} & 0.4 \rightarrow 0.509 \\ (s_{11}, s_{12}) & 0.3 \rightarrow 0.337 \end{matrix}$
	S12N4 type 4	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.131 \\ s_{30} & 0.5 \rightarrow 0.509 \\ (s_{11}, s_{12}) & 0.3 \rightarrow 0.282 \end{matrix}$		S14N4 type 3	$\begin{matrix} s_{14} & 0.1 \rightarrow 0.132 \\ s_{30} & 0.102 \rightarrow 0.057 \end{matrix}$
	S12N5 type 4	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.131 \\ s_{30} & 0.5 \rightarrow 0.509 \\ (s_{11}, s_{12}) & 0.3 \rightarrow 0.9 \end{matrix}$	s29	S29N1 type 1	$\begin{matrix} s_{29} & 0.4 \rightarrow 0.431 \\ s_{30} & 0.5 \rightarrow 0.436 \end{matrix}$
	S12N6 type 5	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.134 \\ s_{29} & 0.4 \rightarrow 0.408 \end{matrix}$		S29N2 type 2	$\begin{matrix} s_{29} & 0.1 \rightarrow 0.118 \\ (s_{24}, s_{28}) & 0.9 \rightarrow 0.353 \end{matrix}$
	S12N7 type 7	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.134 \\ s_{10}, s_{14} & 0.3 \rightarrow 0.537 \\ s_{30} & 0.102 \rightarrow 0.08 \end{matrix}$		S29N3 type 2	$(s_{24}, s_{28}) \quad 0.9 \rightarrow 0.3$
	S12N8 type 3	$\begin{matrix} s_{12} & 0.2 \rightarrow 0.23 \\ s_{29} & 0.099 \rightarrow 0.071 \end{matrix}$		S29N4 type 3	$\begin{matrix} s_{12} & 0.102 \rightarrow 0.039 \\ s_{30} & 0.5 \rightarrow 0.529 \end{matrix}$
	S12N9 type 6	$\begin{matrix} s_{11}, s_{12} & 0.4 \rightarrow 0.47 \\ s_{30} & 0.099 \rightarrow 0.0715 \end{matrix}$	s30	S30N1 type 1	$s_{30} \quad 0.5 \rightarrow 0.529$
				S30N2 type 2	$\begin{matrix} s_{29} & 0.4 \rightarrow 0.435 \\ (s_{24}, s_{28}) & 0.9 \rightarrow 0.277 \end{matrix}$
				S30N3 type 2	$(s_{24}, s_{28}) \quad 0.9 \rightarrow 0.277$
				S30N4 type 3	$\begin{matrix} s_{12} & 0.1 \rightarrow 0.134 \\ s_{29} & 0.4 \rightarrow 0.457 \\ s_{30} & 0.102 \rightarrow 0.083 \end{matrix}$
				S30N5 type 6	$\begin{matrix} s_{12} & 0.4 \rightarrow 0.434 \\ (s_{10}, s_{14}) & 0.3 \rightarrow 0.537 \\ s_{30} & 0.102 \rightarrow 0.08 \end{matrix}$

Table 2 measurement result for tuning up server12 of NQ3

NAME	TYPE	Utilization (ρ)			decrease	
		$\rho(T1)$	$\rho'(T2)$	$\rho(T2)$	(%)	rank
S12N1	type 1	0.85	0.63	0.71	63.64	3
S12N2	type 4	0.85	0.62	0.72	56.52	4
S12N3	type 4	0.85	0.57	0.70	53.57	6
S12N4	type 4	0.85	0.62	0.70	65.22	2
S12N5	type 4	0.85	0.65	0.75	50.00	7
S12N6	type 5	0.85	0.63	0.70	68.18	1
S12N7	type 7	0.85	0.63	0.75	54.55	5
S12N8	type 3	0.85	0.61	0.73	50.00	7
S12N9	type 6	0.85	0.63	0.73	50.00	7

Table 3 the number of effected servers according to the pursuit of measurement result of each improvement plans for server12 of NQ3

plan name	type of plan	the number of effected servers
S12N1	type1	3 (s14, s21, s24)
S12N2	type4	0
S12N3	type4	4 (s21, s22, s24, s30)
S12N4	type4	2 (s22, s30)
S12N5	type4	3 (s22, s23, s30)
S12N6	type5	1 (s30)
S12N7	type7	2 (s21, s30)
S12N8	type3	4 (s12, s22, s29, s30)
S12N9	type6	1 (s29)