

# 災害時を考慮した広域分散環境におけるサイト選択方法の考察

橋本 淳志<sup>†</sup> 権 孝眞<sup>‡</sup>, 伊藤 和也<sup>‡</sup>, 島 和之<sup>‡</sup>

広島市立大学情報科学部システム工学科<sup>†</sup>

広島市立大学大学院情報科学研究科システム工学専攻<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

インターネットを通して提供されるサービスは、災害などでサーバやネットワークが被災した時でも利用可能であることが望ましい。そこで、地理的に分散する複数のサイトにサーバを配置する環境について考える。このとき、各クライアントが複数のサイトの中から、どのサイトにサービスを要求するかというサイト選択の問題が重要となる。もしサーバの処理能力が高いサイトなど1つのサイトへ多くのクライアントがサービスを要求すると、負荷が集中し、サービスを利用できない場合がありえる。一方、サーバ毎のクライアント数を均等にした場合、サーバの処理能力が低いサイトでサービスを利用できない場合がありえる。これと似た問題として、負荷分散による性能向上を目的とした研究がある[1,2]。本研究では、ネットワークが被災し、サイトにアクセスできない状況を想定し、リスク分散によるサービス可用性向上を目的とする。

## 2. 待ち行列モデル M/M/c

待ち行列理論において、待ち行列モデルとは共有の資源であるサーバと待合室からなるシステムに外部から客が到着し、これらの客はシステム内でしばらく滞在した後、システムを去るという数学モデルである。待ち行列モデル M/M/c とは、到着間隔分布、サービス時間分布がともに指数分布で c 個のサーバを持つモデルである[3]。ただし、M/M/c は地理的に集中配置されたサーバが対象となっており、分散配置されたサーバは扱っていない。そこで、分散配置されたサーバに適用するためには、モデルの拡張が必要となる。

## 3. 提案手法

クライアントがどのサーバにアクセスするかというサーバの選択問題はクライアントとサー

バの組み合わせであるため、組み合わせ最適化問題[4]として解くことができる。組み合わせ最適化問題として解く際の目的関数を以下に示す。

$$\frac{\sum_{d=1}^{2^{|S|-2}} \left\{ P(D=d) \prod_{j=1}^{|C|} \left( 1 - \prod_{i \in S_j \wedge \lfloor \frac{d}{2^{i-1}} \rfloor \bmod 2 = 0} f_{i,j} \right) \right\}}{\sum_{d=1}^{2^{|S|-2}} P(D=d)}$$

この目的関数はクライアントがサービスを利用できる確率を求める式である。また、この目的関数は待ち行列モデルを応用し、サーバの障害やタイムアウトそして、クライアントとサーバ間の遅延時間を考慮している。

図1に拡張した M/M/c のモデルを示す。このとき、 $i$  はサイト ID で、 $j$  はクライアント ID、 $f_{i,j}$  はタイムアウトが起こる確率、 $S_j$  はクライ

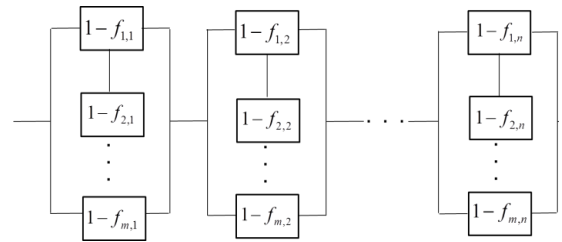


図1 拡張した M/M/c のモデル

アント  $j$  がアクセスするサイトの集合、 $D$  はアクセスできないサイトの集合を示す。サイト  $i$  がアクセス可能ならば  $A_i = 0$ 、アクセス不能ならば  $A_i = 1$  とおくと、確率変数  $D$  は次の式によって定義される。

$$D = \sum_{k=1}^{|S|} 2^{k-1} A_k$$

また、タイムアウトする確率  $f_{i,j}$  は M/M/c の式によって求めることができる。

$$f_{i,j} = \begin{cases} 1 & T < \gamma_{i,j} \vee h_i > 0 \\ p_{i,C_i-1} \frac{\rho_i}{C_i - \rho_i} e^{h_i(T-\gamma_{i,j})} & T \geq \gamma_{i,j} \wedge h_i \leq 0 \end{cases}$$

$$h_i = \lambda_i - c_i \mu_i$$

$p_{i,C_i-1}$  は  $(C_i - 1)$  個のクライアントが待っている確率、 $C_i$  はサーバ数、 $\rho_i$  はサイト  $i$  の利用率、 $\mu_i$  はサイト  $i$  のサービス率、 $\lambda_i$  はサイト  $i$  へ到着率、 $T$  はタイムアウトする時間、 $\gamma_{i,j}$  は往復の遅延時間を表している。 $p_{i,C_i-1}$ 、 $p_{i,0}$  については次の式で求められる。

A study on site selection methods in wide-area distributed environment considering disaster  
Atsushi HASHIMOTO<sup>†</sup>, Hyojin KWON<sup>‡</sup>, Kazuya ITO<sup>‡</sup>, and Kazuyuki SHIMA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Department of System Engineering, Faculty of Information Sciences, Hiroshima City University

<sup>‡</sup> Department of System Engineering, Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

$$p_{i,c_i-1} = \frac{\rho_i^{c_i-1}}{(c_i-1)!} p_{i,0}$$

$$p_{i,0} = \left[ \sum_{k=0}^{c_i-1} \frac{\rho_i^k}{k!} + \frac{\rho_i^{c_i}}{(c_i-1)!(c_i-\rho_i)} \right]^{-1}$$

ここで、利用率とは単位時間あたりのサービスを受ける客の人数に対する、単位時間あたりに到着する客の人数のことである。サービス率とは、単位時間あたりにサーバが処理できる要求数のことである。到着率とは、単位時間あたりに到着するサービス要求の数のことである。

#### 4. 実験

##### 4.1. 実験目的

本研究の提案手法である組み合わせ最適化問題として解く方法の有効性を示すことである。

##### 4.2. 実験方法

以下の3つのサーバ選択方法でシミュレーションを行い、クライアントがサービスを利用できる確率を比較する。

- ・集中アクセス:性能が高いサーバへアクセスを集中させる方法
- ・均等アクセス:サーバへのアクセスを均等にさせる方法
- ・提案手法 FS:全探索による最適解に従う方法
- ・提案手法 GA:遺伝的アルゴリズムで行う方法

図2に全探索のアルゴリズムを示す。ここで、Sはサイト数、Cはクライアント数、iはサイトID、jはクライアントID、opt[j][i]はクライアントjがサイトiにアクセスするかどうかを示す。

初期値についてはサーバ数を3個、タイムアウトまでの許容時間を60(s)、各クライアントがサー

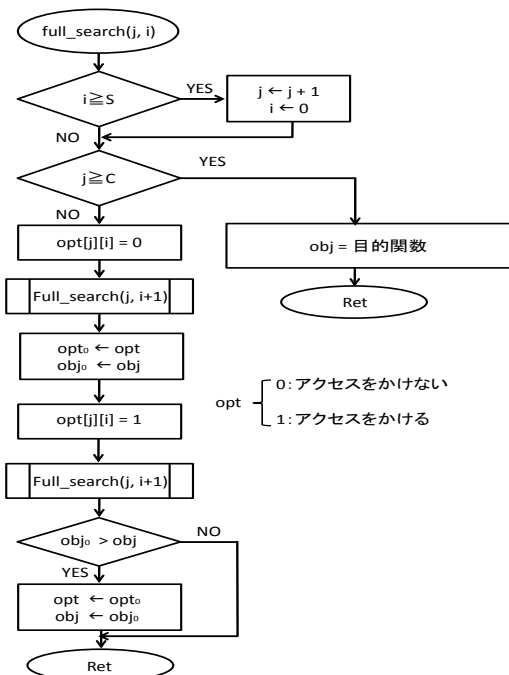


図2 全探索のアルゴリズム

バにアクセスする平均時間間隔 $T_a$ を30(s)、各サイトのサービス率 $\mu_i$ を0.1, 0.1, 0.3(件/s)、各サイトのサーバ数を3, 2, 1個とした。また、到着率 $\lambda_i$ を $|\{j | i \in S_j\}|/T_a$ 、利用率 $\rho_i$ を $\lambda_i/\mu_i$ として求めた。遺伝的アルゴリズムのパラメータとしては、各世代の個体数30、世代数500、突然変異率100%を用い、30回の平均を求めた。

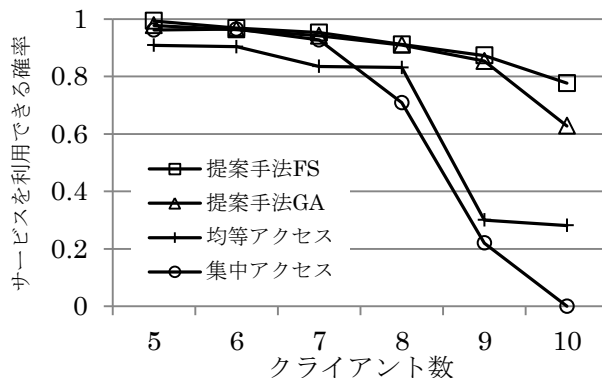


図3 クライアント数とサービスを利用できる確率の関係

##### 4.3. 実験結果と考察

3つの方法において、クライアント数を変えて目的関数を求めた結果を図3に示す。

図3より、クライアント数が増えるにしたがって、集中アクセス、均等アクセスさせた場合では、目的関数の値が急速に低くなっている。提案手法FSとGAの場合、クライアント数が増加しても目的関数の値があまり低下せず、他の2つの方法との差が大きくなっている。よって、クライアント数が多いほど、有効性は高くなる。FSの計算時間はクライアント数に対して指数的に長くなり、10クライアントの場合約3時間を要したが、GAの計算時間は約3分であった。

##### 5. まとめ

本研究ではサービスを利用できる確率を高くするサーバ選択方法の確立を目的とし、待ち行列を応用した目的関数を提案した。集中アクセス、均等アクセス、提案手法FS、提案手法GAによる最適化をシミュレーションによって比較評価し、最適化の有用性を示した。

##### 参考文献

- [1] 下川俊彦, 吉田紀彦, 牛島和夫: 多様な選択ポリシーを利用可能なサーバ選択機構, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 84, No. 9 (2001-9)
- [2] 下川俊彦, 吉田紀彦, 牛島和夫: 広域分散環境におけるDNS (Domain Name Service) と経路情報を利用したサーバ選択機構, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J86 (2003-8)
- [3] 滝根哲哉, 伊藤大雄, 西尾章治郎: ネットワーク設計理論, 岩波書店 (2001-6)
- [4] 福島雅夫: 数理計画入門, 朝倉書店 (1996-9)