

# P2P ネットワークにおけるファイル消失を防ぐ複製配置手法

影山 潤<sup>†</sup> 渋谷 進<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 茨城大学大学院理工学研究科 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

<sup>‡</sup> 茨城大学工学部 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1

E-mail: <sup>†</sup> 07nm703s@hcs.ibaraki.ac.jp, <sup>‡</sup> sibusawa@mx.ibaraki.ac.jp

**あらまし** 近年、ネットワークモデルとして P2P サービスが注目されている。P2P サービスのネットワークには様々な需要を持つファイルが存在する。特に、需要が低いファイルは所有するノードが少ないため、ユーザによる削除等の理由で、P2P ネットワークから消失してしまう可能性が高い。ファイルの消失は P2P サービスからのユーザ離れを引き起こす原因となり、サービスの品質の低下に繋がる。P2P サービスの質を保つ解決法として複製配置法があるが、ファイルの消失には対応していない。そこで本研究では、低需要ファイルの消失を防ぐ複製配置手法を提案する。ファイルの需要予測値に基づいてファイルの複製配置数を決定し、P2P サービスを頻繁かつ継続的に利用するノードに複製を配置することで低需要ファイルの消失を防ぐ。シミュレーション実験により、ファイル数の推移とストレージ使用量について提案手法と基本的な複製配置手法との比較を行った。実験結果から、時間が経過した後も本提案手法のみ低需要ファイルが存続し、提案手法を用いることで消費されるノードのストレージリソースは有効なものであることを確認した。これにより、ファイル消失を防止していることを確認し、また、有効性を示した。

**キーワード** P2P, 複製配置, 需要予測, ストレージ

## Replication that Prevents Low-Demand Files from Disappearing in P2P Network

Jun KAGEYAMA<sup>†</sup> Susumu SHIBUSAWA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Science and Engineering, Ibaraki University 4-12-1 Nakanarusawa, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

<sup>‡</sup> Faculty of Engineering, Ibaraki University 4-12-1 Nakanaruwana, Hitachi, Ibaraki, 316-8511 Japan

**Abstract** Recently, peer-to-peer (P2P) service is attracting increasing attention as a network model. There are enormous demands for P2P service files. It is feared that the low-demand files disappear from the P2P network in various reasons, such as the deletion by owners. The disappearance of files causes the users' departing from the P2P service, and leads to decreasing the quality of service. Although many replication methods are used to keep the quality of P2P service, it does not solve the disappearance of files. In this study, we propose a replication method that prevents low-demand files from disappearing in P2P network. In this method, the number of replica files is computed based on the forecast demand of files, and the replicas are arranged in nodes that use the P2P service frequently and continuously. In simulation experiments, we compared the proposed method with several basic replications on change of the number of files and the necessary storage amount. The results show that low-demand files continue to exist and the prevention of the file disappearance is achieved and that the necessary storage amount of proposed method is effective.

**Keyword** P2P, Replication, Demand Forecasting, File Storage

### 1. はじめに

インターネットにおけるネットワークモデルとして、P2P サービスが注目されている。P2P サービスではファイルに対する需要が一様ではなく、需要が高いファイルは多くのノード間でやり取りされ、P2P ネットワークに広く行き渡る。一方で、需要が低いファイルは所有するノードが少ないため、ユーザによる削除

等の理由で、P2P ネットワークから消失してしまう可能性が高い。ファイルの消失はユーザの不満を招き、P2P サービスからのユーザ離れを引き起こす原因となり、サービスの品質の低下に繋がる。

P2P ネットワークの品質を保つ解決法として、ファイルの複製を別のノードに作成する複製配置法と呼ばれる方法がある。しかし、多くの複製配置手法は需要

が高いファイルを効率よく配信するということに注目しており、ファイルの消失には対応していない[1], [2], [3], [4]。複製配置によってファイルの消失を防ぐためには、予めネットワーク内のファイルの数を多く確保しておき、ファイルを所有するノードがネットワークから離脱、あるいはユーザによってファイルが削除されたとしても、ネットワーク中のファイル数がゼロにならないよう対策する必要がある。

そこで本研究では、需要予測を用いて P2P ネットワークにおける低需要ファイルの消失を防ぐ複製配置手法を提案する。本手法では、ファイルの需要予測を行い、その予測値に合わせてファイルの複製配置数を決定する。また、P2P サービスを頻繁かつ継続的に利用するノードに複製を配置することで低需要ファイルの消失を防ぐ。提案手法実現のために、シミュレーションシステムの実装を行った。シミュレーションの内部ネットワークとしてスーパーノード型 P2P モデルを採用している。

提案手法評価のために、シミュレーション実験を行い、基本的な複製配置手法との比較を行った。約 1500 時間相当の比較実験では、提案手法を用いるとファイルが存続し、他複製配置手法ではファイルが消失するという結果が確認できた。また、提案手法を用いることで消費されるノードのストレージリソースが有効なものであることを確認した。これにより低需要ファイルの消失を防止し、また、その有効性を確認した。

本稿では 2. で基本的な複製配置手法、3. で提案手法、4. でシミュレーションシステムの実装、5. にシミュレーション実験、そして 6. でまとめを述べる。

## 2. 基本的な複製配置手法

### 2.1 Owner Replication

Owner Replication[1]は Gnutella[9]などに用いられる手法であり、検索がヒットしたときに、検索要求者にだけ複製を配置する方式である。検索 1 回あたりに配置される複製が高々 1 個であるため、単純で、かつネットワーク負荷などのコストが最小ではあるが、複製がネットワーク内に広まるのに十分な時間を要する。検索要求と Owner Replication による複製配置の例をそれぞれ図 1(a), (b)に示す。

### 2.2 Path Replication

Path Replication[1]は Freenet[10]などに用いられる手法であり、検索要求者から所有者に至る検索パス上の全てのノードに複製を配置する方式である。一度に複数の複製が配置されるため、コンテンツは広まりやすいが、必要なストレージやネットワーク資源が大きくなる。Path Replication による複製配置の例を図 1(c)に示す。

## 2.3 Random Replication

Random Replication[1]は検索パス上のノード数と同数の複製を、P2P ネットワーク上からランダムに選出したノードに対して配置する方式である。配置ノードをランダムに選出するためのアルゴリズムの詳細が定められておらず、余分なコストをかけずにノードの選出ができるかは定かではない。Random Replication による複製配置の例を図 1(d)に示す。

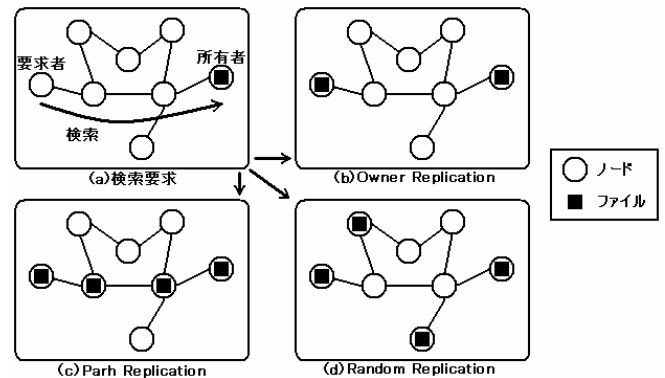


図 1 検索要求と複製配置の例

## 3. 提案手法

低需要ファイルの消失を防ぐために、以下の 2 つの方法で複製配置を行う。

- 需要予測に基づく複製配置
- 複製配置先ノードの選出

まず、各ファイルについて需要予測を行い、低需要ファイルを判定する。その後、その低需要ファイルについて複製配置処理を行う。複製配置処理の際には後述の基準に従って複製配置先を選出する。

### 3.1 需要予測に基づく複製配置

#### 3.1.1 複製配置方式

複製配置方式はダウンロード要求の有無とファイルへの需要により 2 つの方式を使い分ける。

- ダウンロード要求がある場合

Owner Replication と同様の複製配置を行う。Owner Replication はダウンロード要求 1 回につき複製が 1 個作成される複製配置手法である。そのため、あまり数量を確保しなくともよい低需要ファイルの複製配置に向いている。

- ダウンロード要求がない場合

各ファイルに対して需要予測を行い、低需要ファイルかどうかを判定し、ファイルの数が一定数を下回れば複製配置処理を行う。

Owner Replication では、ダウンロード要求が発生しない限り複製配置処理が実行されないため、ユーザによるファイル削除やノードの離脱による低需要ファイル消失のリスクに対応できない。このため、ダウンロード要求がなくとも、

事前にファイルの複製を配置する複製配置処理が必要となる．そこでファイルの需要判定を行い，低需要ファイルについてのみ事前に複製配置処理を実行する．

### 3.1.2 需要予測方法

本稿ではダウンロード要求数を需要とし，需要変動はポアソン過程に従うと仮定する．このとき，ある時刻  $t$  における需要  $d(t)$  は次のように表わされる．  $\lambda$  は単位時間中の平均ダウンロード要求数を示す．

$$d(t) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^t}{t!}$$

ここで，低需要ファイルの複製配置処理のために，低需要ファイルの判定を行う．あるファイルがポアソン過程に従う需要変動をするとき，需要数が全体の 5% を下回る場合には低需要ファイルとして扱うこととし，その時刻を  $t_y$  とする．

$$\int_{t_y}^{\infty} d(t) dt = 0.05$$

この式より，任意の時刻にあるファイルについて実測した需要が  $d(t_y)$  を下回れば，そのファイルを低需要ファイルとして扱う．

次に単位時間毎にファイルへの需要を計測し，指数平滑法に基づく需要予測を行う．予測には過去の需要の実測値と予測値を使用する．ここで時刻  $t$  における需要の実測値と予測値をそれぞれ  $Md_t, Fd_t$  と表す．このとき，需要予測値  $Fd_{t+1}$  は次のように表わすことができる．

$$Fd_{t+1} = \alpha \times Md_t + (1 - \alpha) \times Fd_t$$

上式において， $\alpha$  は平滑係数であり，本研究では 0.5 とする．本研究では， $Fd_{t+1} < d(t_y)$  となる場合は低需要ファイルの複製配置処理を行う．

### 3.1.3 低需要ファイルの複製配置

低需要ファイルの複製配置を行う際には複製の配置個数を決定する必要がある．ファイルの消失防止に必要なファイルの個数を安全数とし，これを現在のファイル数と需要の予測値及び実測値の比から求める．この安全数を上回るように複製を配置することでファイルの消失を防止する．時刻  $t$  でのファイル数，安全数をそれぞれ  $N_t, S_t$  とすると，安全数は以下のように表わすことができる．

$$S_t = \beta \times N_t \times \frac{Fd_{t+1}}{Md_t}$$

上式において， $\beta$  は安全係数であり，1.65 とする[8]．

## 3.2 複製配置先の選出

低需要ファイルの複製配置先のノードを貢献度と

生存率という 2 つの基準によって決定する．この 2 つの値が大きいノードに低需要ファイルの複製を配置することで，検索によってファイルが見つかる機会が増え，ファイルの消失防止に繋がる．

### 3.2.1 貢献度

貢献度はファイルのやり取りにどれだけ貢献しているのかを示す度合いである．本稿ではファイルの upload(UL)回数及び download(DL)回数，平均稼働時間から貢献度を決定し，以下のように表わす．

$$\text{貢献度} = \frac{\text{UL回数}}{\text{UL回数} + \text{DL回数}} \times \text{平均稼働時間}$$

### 3.2.2 生存率

生存率はユーザがサービスを利用する頻度を推定するものである．生存率が高ければサービスを利用する頻度が高くなる．本稿では 3 つの仮定を利用し生存率を決定する．

[仮定 1] ユーザの生存期間は指数分布に従う．

生存期間はユーザがサービスを受ける意思のある期間を示す．ユーザのサービスからの離脱は過去の生存期間に関わらずランダムに発生するとする．生存期間を  $\tau$  とすると，ユーザの生存期間  $f(\tau)$  の確率分布は以下ようになる．

$$f(\tau) = \mu e^{-\mu\tau}$$

$\mu$  は指数分布のパラメータであり，ユーザのサービスからの離脱率とする．

[仮定 2] DL 及び UL はポアソン過程に従う．

DL と UL は過去にいつ起きたかに関わらずランダムに発生すると仮定する．期間  $T$  以上生存したユーザの  $T$  期間の DL と UL の回数  $x$  の確率は以下のように表わされる．

$$P(x | \nu, \tau > T) = \frac{(\nu T)^x}{x!} e^{-\nu T}$$

$\nu$  はポアソン過程のパラメータであり，単位時間あたりの DL と UL の頻度を表す．

[仮定 3] 生存期間の分布  $\mu$  と DL と UL 頻度の分布はユーザ毎に異なる．

ここで，ある計測期間において，1 人のユーザが 4 回 DL または UL を行った例を図 2 に示す． $t$  は初回から最後の DL または UL までの期間， $T$  は初回の DL または UL から計測終了までの期間，そして  $x$  は計測期間中の DL と UL の回数を示す．

以上 3 つの仮定より，生存期間  $\tau$  が  $T$  より大きくなる確率，すなわち計測終了時点でユーザが生存していることを表す生存率は次のように表わせる[6]．

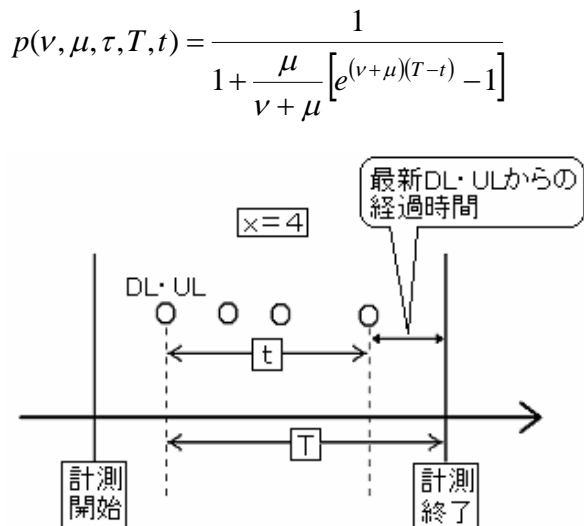


図2 ある計測期間における  $t$  と  $T$  の関係 ( $x=4$  のとき)

### 3.2.3 複製配置先の決定

以上の貢献度と生存率が高いノードを低需要ファイルの複製配置先とする。貢献度及び生存率が高いノードは継続的かつ頻繁に P2P ネットワークを利用するノードであるため、このノードに低需要ファイルを配置することで、ファイルを長く存続させ、ファイルの検索を行った際に発見できる機会が増え、低需要ファイルの消失防止に繋がる。

## 4. シミュレーションシステムの実装

提案手法の評価のために、オーバーレイ構築ツールキット Overlay Weaver[13], [14]を用いて、シミュレーションシステムを実装した。システムは以下の3つから構成される。

- シミュレータ
- シナリオファイル生成器
- シナリオファイル

まずシナリオファイル生成器に初期パラメータを入力して、そのパラメータに沿ったシナリオファイルを生成する。そのシナリオファイルをシミュレータに読み込ませることでシミュレーションを開始する。シミュレーション開始までの手順を図3に示す。

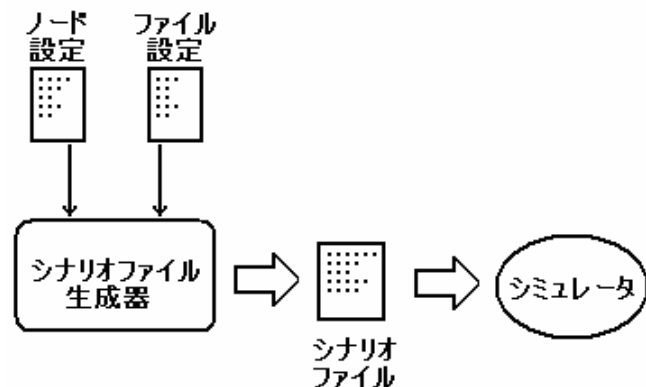


図3 シミュレーション開始までの手順

シミュレータの内部ネットワーク構造として、スーパーノード型 P2P モデルを採用している。このネットワークモデルはインデックス型の効率的な検索方式とネットワーク内の情報収集能力に優れているという特徴を持つ[11], [12]。この特徴により、低需要ファイルの検索と需要予測や貢献度、生存率の導出のための情報収集を効率的に行うことができる。

シミュレーションネットワークはスーパーノードと一般ノードから構成される。ネットワーク構成を図4に示す。スーパーノードは自身とその配下の一般ノードを1グループとし、グループ内のノードの所有ファイル情報と需要予測、及び複製配置先選出の際に必要な情報を収集している。検索方式はグループの代表であるスーパーノード内にあるファイルリストを利用するインデックス型である。スーパーノード同士でネットワークを形成し、それぞれが持つファイルリストを参照し合うことで、数が少ない低需要ファイルを効率よく発見することができる。また、需要予測や複製配置先選出の際にもスーパーノード同士のやり取りによって、効率的な複製配置処理が可能である。スーパーノードは一般ノードの中から選出し、スーパーノード自身もファイルの DL と UL が可能である。

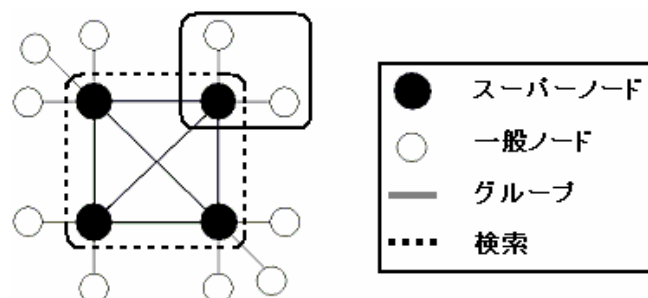


図4 スーパーノード型 P2P モデルの構成図

## 5. シミュレーション実験

提案手法の動作確認と評価を行うため、シミュレーション実験を行った。複製配置処理の動作を確認し、

提案手法と基本的な複製配置手法とを比較することで評価を行う。

### 5.1 実験環境

実験に使用したシミュレーション環境を以下に示す。

- ・ ノード 2000 台  
(スーパーノード 20 台,一般ノード 1980 台)
- ・ 各スーパーノード配下にほぼ均等に一般ノードを配置
- ・ ファイル 50 種
- ・ 情報計測間隔(period)3 時間に 1 回
- ・ 500period 分のシナリオ

まずノードを 2000 台用意し，そのうち 20 台をスーパーノードとし，残りを一般ノードとする．次に各スーパーノードの配下に一般ノードを均等に配置する．初期パラメータの異なるファイルを 50 種用意する．また，シミュレーションネットワーク内の情報の取得及び情報更新の間隔(period)を 3 時間に 1 回に設定した．

実験に用いる複製配置手法として，提案手法，Owner Replication，Path Replication を使用する．これら 3 つの手法についてファイル数の推移とストレージの使用量を比較する．

### 5.2 ファイル個数推移の確認

提案手法における複製配置処理の動作確認を行った．50 種のファイルの中から 10 種選び，その推移を図 5 に示す．図の縦軸はファイルの個数，横軸は period を示す．また，10 種のファイルが UL された period を表 1 の第 2 列に示す．

全てのファイルで個数が一時上昇し，その後 period の経過とともに減少していく．これはファイルへの需要がポアソン分布に従い変動したこと，及び時間の経過によりファイルが削除されたことによるものである．また，各ファイルがそれぞれ表 1 の第 3 列に示す period 付近からファイル数がほぼ一定に保たれており，低需要と判定されたファイルの複製配置が行われていることが推測される．

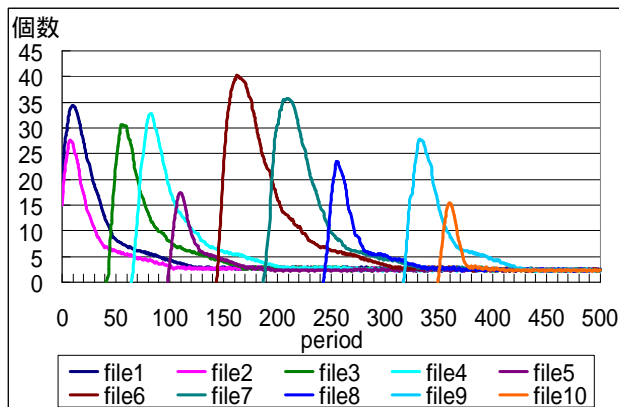


図 5 提案手法によるファイル数の推移

表 1 UL された period と複製配置処理開始 period

ファイル名	UL された period	複製配置処理開始 period
file1	0	122
file2	0	104
file3	40	170
file4	65	205
file5	100	174
file6	145	310
file7	190	330
file8	245	335
file9	320	420
file10	350	385

### 5.3 ファイル個数推移の比較

file1，file6，file10 のファイル個数の推移について，他の複製配置手法と比較したものを図 6 に示す．図の表し方は図 5 と同様である．3 つの複製配置手法の全てにおいて，ファイルの個数が一時上昇し，その後 period の経過とともに減少する．また，提案手法と Owner Replication は，file1，file6，file10 について，それぞれ 122period，310period，385period までほぼ同様のファイル個数の推移を示す．また，Path Replication のファイルの最大配置個数は提案手法及び Owner Replication の約 2.5 倍となる．各ファイルについて 500period 時点のファイル数に注目すると，提案手法では 2～3 個のファイルが存続し，Owner Replication 及び Path Replication では 0 となっている．これにより，提案手法によって file1，file6，file10 の消失を防止できたことがわかる．実験に用いた 50 種のファイルについて，同様にファイルの消失の防止を確認した．

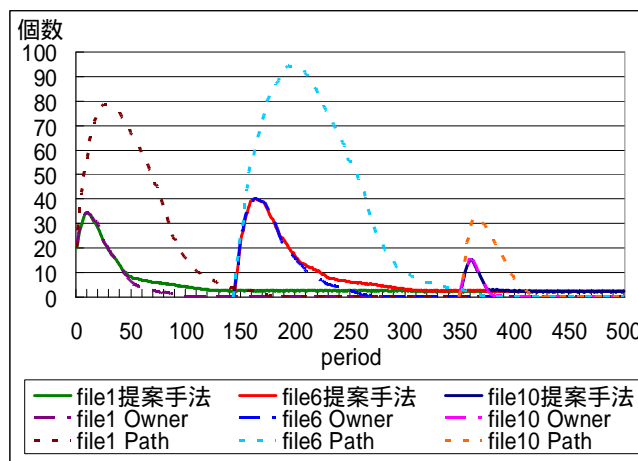


図 6 ファイル数推移比較

### 5.4 ストレージ使用量比較

ある period までのファイル数の積算をストレージ使用量と呼ぶ．ストレージ使用量はネットワーク内の全ノードのストレージリソースの消費量を表す．提案手法，Owner Replication，Path Replication による period

毎の file1, file6, file10 のストレージ使用量の合計を図 7 に示す。図の縦軸は file1, file6, file10 の合計ストレージ使用量, 横軸は period を示す。また, 500period 時点での 3 つの複製配置手法による file1, file6, file10 についてのストレージ使用量の合計を表 2 に示す。ストレージ使用量は Path Replication が最大となり, Owner Replication が最小となる。Path Replication 及び Owner Replication によるストレージ使用量はある period を過ぎると一定の値を保つ。一方, 提案手法によるストレージ使用量は新しいファイルの UL がない限り, 線形的に増加し続ける特徴があることが確認できる。

表 2 file1, file6, file10 のストレージ使用量の合計

手法	ストレージ使用量(個)			合計
	file1	file6	file10	
提案手法	2463	2851	548	5862
Owner	1212	1973	253	3438
Path	5831	9341	1105	16277

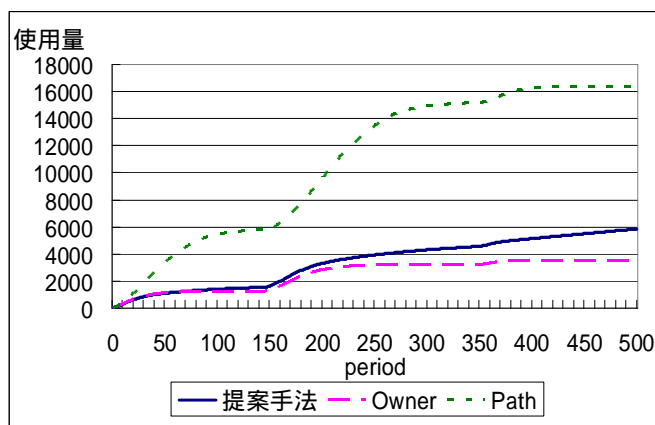


図 7 file1, file6, file10 による合計ストレージ使用量

## 5.5 考察

### (1) 低需要ファイルの消失防止について

本提案の複製配置処理によるファイルの個数は, 全てのファイルにおいて, 実験開始から一定時間経過後にほぼ一定数に保たれるという推移を示すことが確認できた。これは, 各ファイルが表 1 の period 付近で低需要ファイルと判断され, ダウンロードがない場合の低需要ファイルの複製配置処理が行われたことを示している。この処理により, ファイルを一定数以上確保し続けることで, 低需要ファイルの消失を防止している。

また, ファイルの個数推移の比較から, 実験終了時点での全てのファイルについて, 提案手法ではファイルが存続し, Owner Replication 及び Path Replication ではファイルが消失するという結果が確

認できた。提案手法と Owner Replication によるファイルの個数推移に注目すると, ある period 付近までは同様の推移を示し, それ以降差が出ていることがわかる。これは本提案手法の複製配置アルゴリズムに起因するもので, 提案手法では対象とするファイルが低需要ファイルと判断されない限り, Owner Replication と同様の複製配置動作をするため, このような個数推移を示す。500period の実験において, 提案手法ではファイルが存続し, Owner Replication 及び Path Replication ではファイルの個数が 0 になるということから, 低需要ファイルの消失防止が実現できたと言える。

### (2) ストレージ使用量について

ストレージ使用量の比較では, Path Replication によるストレージ使用量が最大となり, Owner Replication によるストレージ使用量が最小となり, また, 提案手法によるストレージ使用量は線形的に増加し続けるという結果が得られた。Path Replication は一度の DL で複数の複製を配置するため, 他の 2 手法に比べてストレージ使用量が大きくなる。一方, Owner Replication は DL 要求 1 回あたりに配置される複製が 1 個であるため, ストレージ使用量が少ない。提案手法の複製配置方式は Owner Replication 方式に加えて, 低需要ファイルの複製配置方式を使用するため, ストレージ使用量は Owner Replication よりも大きくなるが, 低需要ファイルの複製配置処理によって生成される複製は少ないため, Path Replication のようにストレージを多く消費することはない。

提案手法を用いることで低需要ファイルの消失を防ぐことが可能であるが, ファイルが存続することによって, ノードのストレージリソースを消費し続けることになる。1 つのファイルによるストレージ使用量に注目すると, そのファイルがアップロードされ, 時間が経過するにつれて, 提案手法によるストレージ使用量が増加し, Path Replication によるストレージ使用量を上回ることになる。例えば, 500period 時点での file6 の Path Replication によるストレージ使用量は 9341 となり, 提案手法によるストレージ使用量は 2851 となる。500period 以降に, 提案手法によって file6 が 1period 毎に 2.5 個保持され続けた場合の file6 のストレージ使用量の推移予測を図 8 に示す。図の表し方は図 7 と同様である。

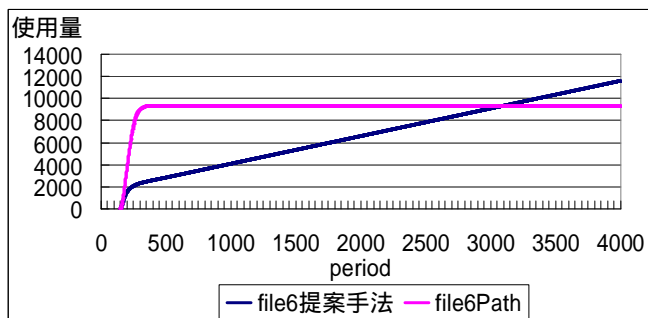


図 8 file6 のストレージ使用量の予測

3096period 時点で提案手法によるストレージ使用量が 9341 となり，Path Replication によるストレージ使用量を上回ると予測できる．しかし，ネットワーク中の全てのファイルによる総ストレージ使用量に注目すると，時間の経過と共に新しいファイルがアップロードされるため，提案手法使用時のストレージ使用量よりも，Path Replication 使用時のストレージ使用量が上回る．提案手法によるファイル消失防止のためにファイルを確保し続けるストレージコストよりも，Path Replication による複製配置によるストレージコストの方が大きいと言える．これによりストレージコスト面で本提案手法が有効であると言える．

### (3) ストレージシステムの応用について

本提案手法を P2P 分散ストレージシステムへ応用することにより，ノードのストレージ資源を有効に利用して，様々な需要のファイルを共有することができる．ファイルの消失を防止することが可能であるため，ファイルの不足によるユーザの不満を解消でき，ストレージサービスからのユーザ離れを防ぐことができる．その結果，ネットワークに参加するノードの減少を抑え，P2P ネットワークに必要なノードのリソースを確保し，サービスの品質を維持できると期待できる．一方で，低需要ファイルをネットワークに保持し続けるという特徴から，長期間ダウンロード要求がないファイルによってノードのストレージリソースが消費され続けるという問題がある．この問題を解決するためには，長期間需要が全く無いファイルは削除してノードのストレージ使用量を抑える仕組みが必要となる．

## 6. まとめ

本研究では，低需要ファイルの消失を防ぎ，ネットワークの複製配置手法を提案した．低需要ファイルの消失を防ぐことで，P2P サービスからのユーザ離れを防ぎ，リソースを確保することで，P2P サービスの品質を維持，向上することができる．P2P サービスの品

質を保つ 1 つの方法の複製配置法が存在するが，基本的な複製配置手法は高需要ファイルの効率的な配信を目的としており，低需要ファイルのネットワークからの消失には対応していない．そこで本研究では，低需要ファイルの消失を防ぐために，需要予測に基づく複製配置と複製配置先の選出方法を考案した．ファイルの需要を予測し，予めファイルの複製を配置しておくことでファイルの消失に対応している．また，低需要ファイルの複製配置先として，貢献度及び生存率が高いノードを選ぶことで，ファイルを長く存続させている．提案手法の評価のため，シミュレーションシステムの実装を行った．シミュレーションの内部ネットワークには高い情報収集能力と検索効率の良さからスーパーノード型 P2P モデルを採用した．評価実験では提案手法と Owner Replication 及び Path Replication とのファイルの個数推移を比較し，また，複製配置によって消費されるノードのストレージリソース量を調査した．実験終了時点で，提案手法ではファイルが存続し，Owner Replication 及び Path Replication ではファイルの個数が 0 になるということが確認でき，低需要ファイルの消失防止が実現できた．また，提案手法を用いることで生じるストレージコストは，Owner Replication より大きく，Path Replication より小さいということが確認できた．

今後の課題として，ストレージ使用量の考慮と需要変動の仮定の検討が挙げられる．本提案手法では低需要ファイルを一定数以上確保し続ける処理を行っているため，低需要と判断されるファイルが増えればノードのストレージ使用量も増加する．そのため，需要が全く無いファイルは削除してストレージ使用量を抑える仕組みを考える必要がある．また，本研究では，ファイルの需要はポアソン分布に従うと仮定したが，需要の変動が正規分布等の他の確率分布に従うと仮定することもできる．今後，ファイルのダウンロードというユーザの行動のモデル化に適切な確率分布の検討を行う．

## 文 献

- [1] Q. Lv, P. Cao, E. Cohen, K. Li, and S. Shenker, "Search and Replication in Unstructured Peer-to-Peer Networks", Proc. 16th ACM Int'l Conf. on Supercomputing, 2002.
- [2] E. Cohen and S. Shenker, "Replication Strategies in Unstructured Peer-to-Peer Networks," Proc. of ACM SIGCOMM 2002, pp.177-190, Aug. 2002.
- [3] 川崎 陽平, 佐藤 崇, 吉田 紀彦, "P2P ネットワークにおけるコンテンツの人気度を反映した複製配置", インターネットコンファレンス 2005 論文集, pp.106-113, 東京, Oct. 2005.
- [4] 後藤嘉宏, 阿多信吾, 村田正幸 "P2P ネットワークにおけるサービス安定性向上のためのレプリケーション配置手法" 電子情報通信学会技術研究

報告(NS2002-152), vol.102, pp.25-28, Oct. 2002.

- [5] 宗形 聡, 齋藤 邦夫, 樋地 正浩, "推定マーケットデータを使用した消費財系新製品の需要予測手法", 情報処理学会研究報告, Vol.2004, No.116(20041117), pp.1-8, 2004.
- [6] 阿部 誠: CRM のデータ分析に理論とモデルを組み込む消費者行動理論にもとづいた RF 分析, [http://www.e.u-tokyo.ac.jp/cirje/research/03research/02dp\\_j.html](http://www.e.u-tokyo.ac.jp/cirje/research/03research/02dp_j.html)
- [7] 尾崎俊治, 確率モデル入門, 朝倉書店, 1996.
- [8] 在庫管理の概要, <http://www.kogures.com/hitoshi/webtext/zk-intro/index.html>
- [9] Gnutella, <http://gnutella.wego.com/>
- [10] Freenet, <http://freenetproject.org/>
- [11] Skype, <http://www.skype.com>
- [12] KaZaA, <http://www.kazaa.com/>
- [13] 首藤一幸, 田中良夫, 関口智嗣, "オーバーレイ構築ツールキット Overlay Weaver", 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム, Vol.47, No.SIG12 (ACS 15), pp.358-367, Sept. 2006.
- [14] Overlay Weaver, <http://overlayweaver.sourceforge.net/index-j.html>