

P2P システムにおけるユーザ行動が性能に与える影響について

02203260 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 *重黒木 太一 JUKUROKI Taiichi
01704250 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 山田 孝子 YAMADA Takako
01110600 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 加藤 憲一 KATOU Ken'ichi

1. はじめに

近年、Peer-to-Peer(P2P) プロトコルによって構築されたネットワークがインターネットの新しい利用法として注目されている [1, 2]。P2P ネットワークとは、サービスを提供するために特定の端末(サーバ)を必要とせず、端末・装置などの個(ピア)が「対等な役割」を持ち、直接接続することによって構築される論理ネットワークである。ファイルの検索や配布をピアが分担することによって、資源の共有を分散的に行えるという特徴を持っている。本研究ではネットワークを構築する利用者の行動を含めた、P2P ネットワークをモデル化し、シミュレーションによって P2P システムの特性、システムの性能とユーザ行動の関係について検討する。

2. P2P ネットワークモデル

ユーザ行動にかかわる手続きを図1のようにモデル化する。ユーザはネットワーク参加中にはピアと呼び区別する。各ピアは、図1に示すような行動を取る事でファイル取得を行うとともに、他ピアへのファイル配布およびクエリ転送をバックグラウンドで行う。毎回の接続時にネットワーク上で接続したピアを履歴として保持し、再接続時に履歴にあるピアの中から接続先を選ぶものとする。ただし初回接続時には過去の履歴を持たないため、常時存在すると仮定されるピアに接続し、その時点でピアとして存在している接続先候補リスト(ピアリスト)を取得する。ここで、各ユーザは接続失敗回数を保持し、あらかじめ与えた一定値(失望許容数)を超えた場合にはシステムから脱退する。ピアリストの長さはユーザの参加の確かさを、失望許容数はネットワークへの参加失敗に対する耐性を反映するパラメータである。

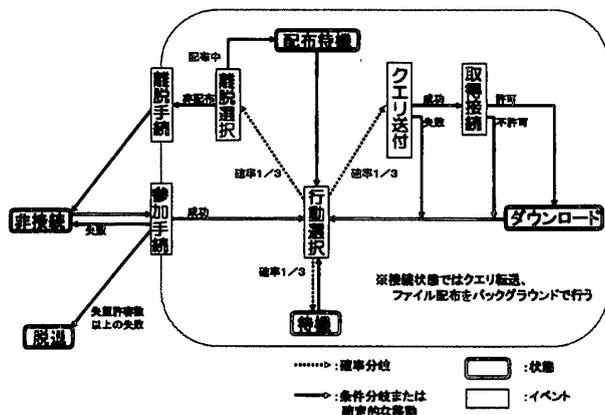


図1:ユーザの行動と状態の遷移図

3. シミュレーション

本シミュレーションでは計5000ユーザからなるP2Pシステムを扱う。ユーザ数は一定で、ファイルは32種類とし、各ファイルは1GByteの容量をもつものとする。ユーザの使用可能帯域は上り、下りともそれぞれ1Mbpsとする。ユーザのネットワークへの参加は初期設定として平均到着間隔60秒のポアソン到着で与え、ネットワークを離脱した時点から48時間以内のランダムな時点で次の到着が起こるものとする。初期状態で1000ユーザがネットワークに参加しているものとする。ユーザはシミュレーション開始時にあらかじめ与えられたファイルを所持するものとし、32種類全てのファイルの取得を目指す。所持しているファイル及びダウンロードしたファイルは公開する。全ユーザが全ファイルを手に入れた時点、または、全ファイルを手に入っていないユーザが全員脱退した時点で終了とする。

4. シミュレーション結果

ここで、シミュレーション開始時に各ピアは初期値としてランダムに32種類のファイルのうちの1つを所持し、ピアリストに過去の接続ピアを20まで保存し、失望許容数を1と32の場合でシミュレーションを行う。あるファイルに注目して接続状態のピア数とそのファイルを所持する接続状態のピア数の変化を調べた。図1に接続状態のピア数の時間変化を示す。図2は注目ファイルを所持しかつ接続状態にあるピア数の時間変化を示す。それぞれ、実線は失望許容数が32、破線は失望許容数が1のケースを表している。失望許容数1の場合、その数は徐々に減少し、35日目から90日目にかけてほぼ直線的に減少する。これに対し、失望許容数32のケースでは、35日目から減少が始まるが、65日目以降は約600付近で推移する。35日目以降は相当数のピアがファイルを取得し終えるためファイル交換があまり行われなくなる。そのためユーザあたりの接続時間が相対的に短くなり、参加の失敗が多発し、失望許容数が少ない場合には脱退につながっている。図1から、注目しているファイルが35日目あたりまでは盛んに交換され、ファイルを所持するピア数も増加しているが、35日目以降の失望許容数1のケースではファイル所持ピア数が減少し、ユーザが脱退していることがわかる。

次に初期所持ファイル数、失望許容数、ピアリスト長を変化させて、シミュレーションを5回行い、全ファイルを取得したユーザの割合の平均値を算出、比

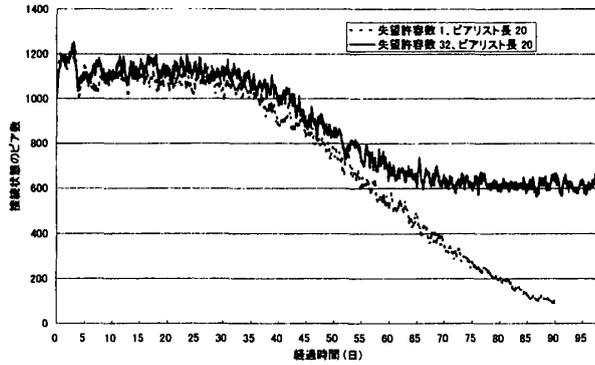


図 1: 接続ピア数 (失望許容数 1 と 32)

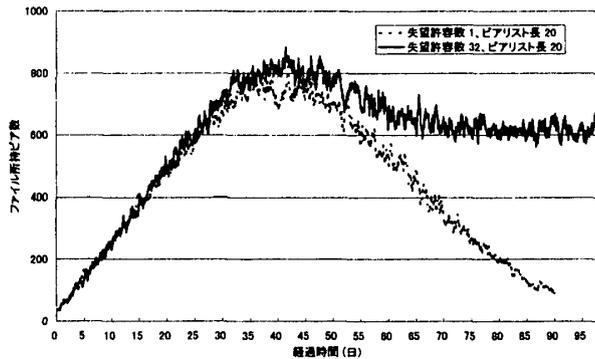


図 2: 注目ファイル所持ピア数 (失望許容数 1 と 32)

較した。初期所持ファイル数の違いは結果にあまり影響しないが、失望許容数およびピアリスト長は大きな影響を持つことがわかった。図 3 に初期ファイル数を 1 とした時の、失望許容数に対する全ファイル取得ユーザ数の総ユーザ数に占める割合の変化をピアリスト長ごとにプロットした。ピアリスト長が 5 の場合、失望許容数が 32 以上ならば、ほぼ全員が全ファイルを取得できる。しかし、失望許容数が 8 程度では、2 割以下のユーザしか全ファイルを取得できていない。参加失敗が起こりうる状況でも失望許容数がある程度大きければ、ユーザの脱退が起こらない。一方、失望許容数が 1 の場合、ピアリスト長が 10 の時 2 割程度のユーザしか全ファイルを取得できない。しかし、ピアリスト長が 20 になると、8 割以上のユーザが P2P ネットワークから脱退せず全ファイルを取得できるようになる。このことから、ピアリスト長によりファイル配布能力をかなり改善できることがわかる。

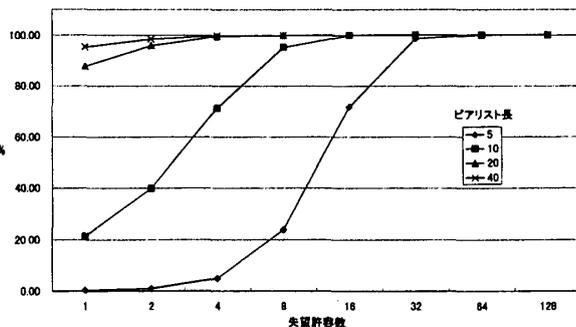


図 3: 失望許容数対全ファイル取得ユーザの割合

5. まとめ

P2P システムが全ユーザに全ファイルを配布し終えることができない原因は、ユーザが P2P ネットワークに参加できず脱退してしまうことによる。P2P ネットワークへの参加失敗が生じる状況には以下の 2 つが考えられる。まず、個々のユーザの接続時間が極端に短かったり、ネットワークが疎な場合など P2P ネットワークを維持する基本的な条件が満たされない場合である。システム側の工夫によって変化させることができるかわからないが個々のユーザの接続時間を長くすることがシステムの目的達成につながることをわかる。また、ある程度のユーザが常にネットワークに参加していることも同様に重要であるわかった。

次に失望許容数またはピアリスト長がある程度の大きさを持たないと P2P ネットワークでファイル配布が十分行なわれないことが明らかになった。ここで失望許容数はユーザに依存する値であり、システム側で制御することは難しいが、ピアリスト長は P2P システム設計時に適切な値を設定することが可能な変数である。P2P システムでは全てのユーザへ確実に全てのファイルを配布するような機能を保証することは困難であるが、ユーザが忍耐強く P2P システムに参加し続ける、脱退に陥らないようなインセンティブを与える仕組みをシステムが内包するか、あるいはシステム側で適切なピアリスト長を備えるなどの工夫によってファイル配布能力を満足するレベルで維持することができるだろう。

6. 今後の課題

今後の課題として以下のようなものが考えられる。

- ユーザがネットワークに対して貢献的か否かを公開するファイルや、離脱時の配布待機するかどうかといった点からモデルに組み込む。
- 実際の物理ネットワークのように各ユーザが使用する帯域幅に複数の種類を持たせることによってユーザの環境に変化をつけ、それが P2P システムにどのような影響をもたらしているかを測定する。
- ネットワーク内で交換されるファイルの容量や、初期に所持するファイル数にばらつきを与えることでユーザの P2P システム参加時間の変化をモデルに取り入れる。

参考文献

- [1] 清野 浩一, "P2P 技術及びビジネスの展望", オペレーションズ・リサーチ, pp.196-202, 2003, March.
- [2] 森下 民平, "P2P アーキテクチャ", *SOFT-ECHS*, Vol 25, No.1, 2002, May, http://www.cac.co.jp/softechs/images/st2501_07.pdf.