

氏名	ATAJANOV MERDAN
博士の専攻分野の名称	博士（学術）
学位記号番号	博理工甲第 686 号
学位授与年月日	平成 20 年 3 月 24 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	Studies on Adaptive Reorganization of Flash Crowds Alleviation Network (フラッシュクラウド現象軽減のための適応型ネットワークに関する研究)
論文審査委員	委員長 教授 吉田 紀彦 委員 教授 程 京徳 委員 准教授 吉浦 紀晃 委員 准教授 吉川 宣一

論文の内容の要旨

Internet plays important role in human lives. It becomes integrated, inseparable part of our daily routine we cannot imagine a day without using Internet. Internet is used for many purposes fun, shopping, communication, research, study. The technology has emerged so rapidly since it became public in early 1990s. According to the Internet World Stats 17.8% of world population is using Internet; another interesting aspect is that Usage growth is 225% in the world in general. Day by day web servers have to support more and more clients, but most of the systems cannot keep up with this growing demand. This continuous growth in the number of Internet users often results in popular web sites becoming overloaded. This might happen, for example, when a web site is linked by some very popular web site such as Slashdot, or when web site's link is advertised to a wide public in the media. In both cases, the number of requests received by the web site grows rapidly, causing the server's capacity to become overloaded. Overloaded web sites proceed as many requests as possible, and simply drop the remaining ones. Such events are often referred to as Slashdot effects, hot spots, or flash crowds.

Main topic of our research is the flash crowds and Internet systems related to alleviation of the flash crowds. The flash crowd is a rapid increase in traffic load to some particular website. This rapid increase causes the website to become unreachable, leaving the clients with unsatisfied requests. Flash crowds present a significant problem to web site owners. In the case of commercial web sites, a flash crowd can lead to severe financial losses, as clients often resign from purchasing the goods and switch to another, more accessible web site. However, non-commercial web sites can also experience flash crowds. In general, it is impossible to predict which sites shall be subject to flash crowds, and so each web site should be ready to handle them. The mostly used method in alleviation of the flash crowds is distributed infrastructure of surrogate servers called Content Distribution Network (CDN).

The CDN is a widely used Internet technique to improve the performance and availability of web sites by deploying geographically dispersed surrogate servers and distributing client requests to an “appropriate” server based on various considerations. This effectively increases the client-serving capacity of the web site by that of the CDN, which enables the web site to service all the clients with a good performance.

The main shortcoming of related researches is that they do not support dynamic resizing feature of a cloud of the surrogates; all surrogates in the cloud are involved in the alleviation process from the beginning. Our system, Flash Crowds Alleviation Network (FCAN) is a system to provide resources to web sites to overcome flash crowds. A main feature of FCAN is its dynamically resizing feature, which can adapt to request load of flash crowds by enlarging or shrinking a cloud of surrogate servers used by the web sites. Moreover it has the multi-server support feature, with the help of this feature the FCAN system can be used by several servers experiencing flash crowds events simultaneously. To avoid situation when resources of the system are used by several servers, we implement priority tables. Every resource in FCAN is assigned priority values, which are different for every server, it is done to avoid collisions; so if possible resource is used in only one alleviation procedure.

Simulation results showed that system with new modifications performs very well. Dynamic resizing feature provide more flexibility for the system and servers in need. Flash crowd alleviation procedure may start with small subset of proxies involved, and then it may grow or shrink according to the load. Multi-server support feature raise system's limits; several servers can benefit from the system at the same time. With the help of priority table we can prevent collision, by avoiding proxies to be used in several flash crowds' events.

論文の審査結果の要旨

現在のインターネットでは利用者の爆発的な増大に伴って、情報共有や配信の効率化が、セキュリティ技術などと並んで最重要の急務となっている。この問題に対処すべく、複数サーバを広域に配置して連係させ、クライアントからのアクセスを分散させることで、サーバ負荷およびネットワーク負荷を軽減しようとするネットワーク技術が、実用化され始めている。しかし、これまでのように静的・固定的にネットワークを構成するのでは、時々刻々に変化する負荷状況に十分に対応できず、予想最大負荷を越えた場合には破綻し、逆に低負荷時には無駄が生じる。

本学位論文は、負荷が突発的に急上昇する「Flash Crowds」と呼ばれる現象に特に注目し、負荷変動に適応的に追従できるネットワークの構築法を論じたものである。それまでの研究成果において、クライアントとサーバの間に介在する複数のキャッシュプロキシで、負荷を分散吸収するネットワークを必要に応じて動的に形成する方式を確立したのを踏まえ、それを適応型ネットワークの完成に向けてさらに発展させ、負荷吸収ネットワークを負荷に応じて動的に拡大縮小する方式、および複数サーバの負荷を同時に扱う方式を提案して、効果を検証している。論文の構成は以下の通りである。

第1章では、インターネットにおいてサーバ負荷およびネットワーク負荷の一極集中がもたらす問題を示し、負荷変動に適応的に追従できるネットワークの必要性を明らかにした。

第2章では、重大な問題として認識され始めて「Flash Crowds」と名付けられた現象について、下記のような性質を詳細に分析した。

- ・通常は少ない負荷が突発的かつ急激に上昇する現象であること。
- ・数十分程度の時間で、負荷が通常の数十倍に上昇していくこと。
- ・サーバの保持するコンテンツの10%以下に90%以上のアクセスが集中すること。
- ・Flash Crowdsの間にアクセスされるコンテンツの60%以上は、Flash Crowdsになって初めてアクセスされていること。

さらに、類似の現象である「Distributed Denial of Service Attack」との相違についても、分析を加えた。

第3章では、Flash Crowdsに対抗するための関連研究がすでに幾つかあることを示し、それらをサーバ活用型、中間層（キャッシュプロキシ）活用型、クライアント活用型に分類した上で、各事例を詳しく紹介した。その上で、それぞれの方式の得失を検討して、中間層活用型が最良であることを導き出すとともに、負荷変動に適応してネットワークを動的に拡大縮小する方式がまだ確立されていないことを指摘した。

第4章では、以上を踏まえた上で、まず、これまでの成果として、Flash Crowdsに対抗するための動的ネットワーク「FCAN」(Flash Crowds Alleviation Network) について、特にFlash Crowds 対抗時に一時的にネットワークを構築する方式をまとめた。

次に、本研究の第1として、この負荷吸収ネットワークの規模を、固定的でなくFlash Crowds 対抗中の負荷変動に応じて動的に拡大縮小する方式について、その設計を詳述した。すなわち、Flash Crowds 対抗中にさらに負荷が増大した場合には、必要に応じて追加のキャッシュプロキシを負荷吸収ネットワークに動

員することで、これを実現する。一方で、負荷が減少した場合には、キャッシュプロキシを動的に解放する。以上によって、規模追従性を確実なものとした。

そして、本研究の第2として、追加のキャッシュプロキシを複数のサーバに対応させることで、複数のサーバに同時に Flash Crowds が到来した場合にも対抗できる方式について、その設計を詳述した。すなわち、これまでの成果が、1サーバに Flash Crowds が到来した場合にしか対抗できなかったのに対して、負荷吸収ネットワークの可用性を高めた。具体的には、複数 Flash Crowds にそれぞれ対抗する負荷吸収ネットワークが重なった場合の対処が問題となるので、そのような競合解消の方式を構築した。

第5章では、設計の実現性や妥当性を検証するために、シミュレータを作成して実験を行った。このシミュレータはネットワークのアプリケーション層だけでなく IP 層、および TCP・UDP 層からシミュレートでき、より現実に近い実験を可能にしている。

これを用いて、第1に、実際に過大なクライアント・アクセスを生成して、ネットワークが全体として期待どおりに拡大縮小し、キャッシュプロキシごとの負荷が一定限度以下に抑えられることを検証した。ついで第2に、実際の日食ウェブ中継について複数サーバのアクセスログを入手し、人工的に生成した Flash Crowds だけでなく、現実の同時発生 Flash Crowds について、ネットワークの拡大縮小および複数サーバへの対応の動作と効果を確認した。

第6章では、以上で述べたネットワーク拡大縮小、および複数ネットワークの競合解消について、それらのメカニズムに関連する原理を、アドホックネットワークの動的クラスタ形成という観点から論じ、幾つかの実験による検証結果を示した。

第7章では、さらなる改良に向けて考察を行い、動的コンテンツへの対応、セキュリティなどについて、分析検討を加えた。特に前者では、動的コンテンツを頻繁に更新されるコンテンツとデータベースなどから動的に生成されるコンテンツに分類して、扱いを論じた。

第8章では、本研究から得られた成果と知見をまとめ、残された研究課題を示した。

本論文は、インターネットという社会的インフラストラクチャにおける重大な問題の解消と可用性の向上に、大きく寄与貢献するものである。なお、その主要な内容は、すでに幾つかの学術論文誌や査読付き国際会議論文集において公表されている。以上より、本論文を博士（学術）の学位に相応しいものと認め、合格と判定した。