

Abstract

The total Internet traffic in 2018 was around 1.2 ZettaBytes with a cost of 0.82 GWh. In the same year more than 1451 billions of videos on YouTube were viewed and more than 16 billions of pictures were uploaded on Instagram, while the total number of Facebook active users was more than 2.2 billion. These numbers show the fact that global Internet traffic is expanding at a high rate. Therefore, the global Internet traffic in 2018 is approximately 20000GB/second in comparison with 0.001GB/second in the early 90's. These significant numbers set the plot for an interconnected environment that shares media content, sensors data or computing data in an ubiquitous manner. Internet of Things and Smart*, as well as ubiquitous computing concepts, have become very well spread in the last years especially with the growth of mobile data bandwidth from 3G to 4G networks and the highly advances in the development of the 5G networks. This evolution has led to a new type of ubiquitous connectivity through devices in an unconventional manner. The deprecated, client-server approach is not anymore feasible in this new ecosystem, therefore the Peer-to-Peer concept is more suitable.

The shift of paradigm from server-based computation to user-centric paradigm is mandatory because increasing the centralized cloud data centers causes a significant decrease in the Quality of Service and Quality of Experience of the network systems. Therefore, the main objectives of this thesis are the research and implementation of auto-adaptive Peer-to-Peer overlay systems that can be used for large scale heterogeneous networks in the Internet of Things, Smart* or ubiquitous computing ecosystems. The heterogeneity and the lack of reliability of the interconnected devices in large scale systems represent one of the most challenging research topics in the Peer-to-Peer systems. Therefore, the main problem addressed in this thesis is the robustness auto-adaptive Peer-to-Peer overlays.

The dimension of Peer-to-Peer systems is about thousands or million peers depending on the purpose of the system. Therefore, this decentralized approach has many applicabilities. An important assumption is the communication cost, which is essential in local area networks. The data types managed in Peer-to-Peer systems usually include multimedia content, sensor data, or computational queries.

Cyber-Physical Infrastructures represent engineering systems with high impact in the decision-making process of complex real-life systems such as surveillance or management of dynamic processes systems. The most important requirements of such systems are reliability, availability, fault tolerance, trust, load balancing, and auto-adaptability.

The main contributions of this thesis include the research, design, implementation and evaluation of an auto-adaptive Peer-to-Peer overlay that scales over heterogeneous and unsafe data sources in a fault-tolerant way and the usage of the proposed overlay in real life scenarios included in several projects developed in Politehnica University of Bucharest.

Rezumat

În 2018 traficul total de Internet a fost aproximat la 1,2 ZettaBytes, cu un cost energetic de 0,82 GWh. În același an, au fost vizionate aproximativ 1451 de miliarde de videoclipuri pe YouTube și au fost încărcate peste 16 miliarde de imagini pe Instagram, în timp ce numărul total de utilizatori activi pe Facebook a fost mai mare de 2,2 miliarde. Aceste cifre arată faptul că traficul global de Internet se află într-o continuă expansiune. Prin urmare, viteza globală a tot ceea ce înseamnă traficul pe Internet în 2018 a fost de aproximativ 20000 GB/secundă, comparativ cu 0,001 GB/secundă la începutul anilor '90. Aceste valori semnificative, stabilesc premisele pentru un mediu interconectat care partajează într-o manieră omniprezentă conținutul media, datele provenite de la senzori sau datele computaționale. Internetul obiectelor, Smart-*, precum și conceptele omniprezente de calcul au devenit subiecte dificile de cercetare în ultimii ani, mai ales datorită creșterii lărgimii de bandă pentru rețelele mobile de la rețelele 3G la rețelele 4G și progreselor foarte importante în dezvoltarea rețelelor 5G. Această evoluție a dus la un nou tip de conectivitate omniprezentă a dispozitivelor într-o manieră neconvențională. Abordarea învechită, client-server, nu mai este de actualitate în acest nou ecosistem, prin urmare conceptul Peer-to-Peer este mai potrivit.

Schimbarea opticii de la modul de calcul bazat pe servere, la o paradigmă bazată pe utilizator, este absolut necesară, deoarece creșterea dimensiunii centrelor de calcul de tip Cloud determină scăderea calității serviciilor și calitatea experienței sistemelor de calcul bazate pe rețele de calculatoare. Astfel, tematica principală a acestei teze de doctorat este structurile Peer-to-Peer care pot fi utilizate pentru rețele eterogene de mari dimensiuni în ecosisteme precum Internetul obiectelor, Smart-* sau sisteme de calcul omniprezente. Eterogenitatea și lipsa de fiabilitate a dispozitivelor interconectate în sistemele de mari dimensiuni reprezintă una dintre cele mai provocatoare teme de cercetare din domeniul sistemelor Peer-to-Peer. Prin urmare, principalul obiectiv de cercetare abordat în această teză este structurile Peer-to-Peer auto-adaptive sigure.

Dimensiunea sistemelor Peer-to-Peer este de ordinul miilor sau milioanele de noduri, în funcție de scopul sistemului. Astfel, această abordare descentralizată are o aplicabilitate foarte variată. Costul comunicării reprezintă o ipoteză importantă în cadrul rețelelor de calculatoare și datorită acestui aspect, datele gestionate în sistemele Peer-to-Peer includ de obicei conținutul media, date provenite de la senzori sau seturi de date utilizate pentru procesare.

Infrastructurile fizice cibernetice reprezintă sisteme ingineresti cu impact ridicat în procesul de luare a deciziilor în cadrul sistemelor reale complexe cum ar fi sistemele de supraveghere sau sistemele de monitorizare și coordonare a unor procese dinamice majore. Cele mai importante cerințe a unor astfel de sisteme includ încrederea, disponibilitatea, toleranța la defecte, balansarea încărcării și auto-adaptabilitatea.

Contribuțiile principale ale acestei teze includ cercetarea, proiectarea, implementarea și testarea unei structuri Peer-to-Peer auto-adaptive scalabilă pentru surse de date eterogene și nesigure cu toleranță la defect, și utilizarea acestor structuri în scenarii reale incluse în multiple proiecte de cercetare dezvoltate în cadrul Universitatea Politehnica din București.