

Franciszek GRABOWSKI

Politechnika Rzeszowska, Zakład Systemów Rozproszonych

OGRANICZENIA CZASOWO-PRZESTRZENNE RUCHU W SIECI

Streszczenie. Artykuł dotyczy ograniczeń czasowo-przestrzennych ruchu w sieci. Eksperyment w Bellcore wskazał na zależności długoterminowe ruchu. Stwierdzono, że autokorelacja może prowadzić do dużej dyspersji stałych czasowych procesów i mieć dominujący wpływ na zarządzanie siecią. Ostatnie badania pokazują, że nie wszystkie węzły sieci posiadają taką samą liczbę krawędzi, co oznacza, że stopień rozkładu w przestrzeni odbiega od rozkładu Poissona i prowadzi do perkolacji. Poniżej progu perkolacji p_c , który jest funkcją rozmiaru sieci, sieć składa się z odizolowanych ścieżek. Powyżej p_c klastery obejmują całą sieć i prowadzi do samoorganizacji i zapaści systemu.

Słowa kluczowe: potok, perkolacja, degradacja.

TEMPORARY-SPATIAL LIMITATIONS OF NETWORK TRAFFIC

Summary. The paper deal with temporary-spatial limitations of network traffic. Experiment in Bellcore's showed long-range dependence of traffic. It was found that such autocorrelations can span many time scales, could have a dominant effect on traffic management of network. Last investigations show that not all nodes in a network have the same number of edges, thus the spatial degree distribution deviates from the Poisson distribution and leads to percolation process. Below percolation threshold p_c , which is size network function, the network is composed of isolated paths. Above p_c a cluster spans the entire network and leads to self-organization and system collapse.

Keywords: pipeline, percolation, degradation.

1. Wstęp

Nieprzewidywalność jest immanentną cechą otaczającej nas rzeczywistości. Przyszłe zachowanie się jakiegokolwiek systemu, począwszy od cząstki elementarnej, a skończywszy na złożonych strukturach, może pójść rozmaitymi drogami. Niektóre z tych dróg mogą być bardziej prawdopodobne niż inne, ale żadna nie jest absolutnie pewna. Czy przypadkowość jest istotą rzeczywistości, czy też wynikiem niepełnej wiedzy człowieka, pozostaje zagadnieniem otwartym. Z praktycznego punktu widzenia istotną kwestią jest zrozumienie tych zagadnień, by dokonywać możliwie najbardziej racjonalnych wyborów w obliczu niepewności [1].

Dotychczas w badaniach zjawisk losowych w sieciach złożonych wyraźnie zarysowały się dwa obszary. Jeden podejmujący wyłącznie ograniczenia czasowe [3], drugi zaś wyłącznie ograniczenia przestrzenne [5,6]. To rozgraniczenie kłóci się z koincydencją zdarzeń w przestrzeni i czasie bez względu na to, czy się ją dostrzega, czy też nie. W związku z tym oddzielne rozpatrywanie tych ograniczeń prowadzi do ułomności badań i wyciągania niekompletnych czy wręcz fałszywych wniosków.

W ostatnich latach uwagę skupiają systemy złożone. Pojawiają się one w tak dotychczas pozornie odległych od siebie dziedzinach, jak informatyka i ekonomia, socjologia i biologia, ekologia i lingwistyka itd. Słownikowa definicja słowa „złożony” jest następująca: składający się z połączonych, poprzątkanych lub wzajemnie przeplecionych elementów. Jak wiadomo, każda sieć składa się z węzłów i struktur komunikacyjnych pomiędzy nimi. Dokąd węzły systemu oraz struktury komunikacyjne stanowią sieć regularną, jednorodną i dopasowaną, zaś zadania realizowane w systemie mają również charakter jednorodny tak, że struktura nie posiada wąskich gardeł, system można uznać za liniowy. Jednakże rzeczywiste pajęczynopodobne systemy złożone obejmujące wielką różnorodność sieci o wszechstronnym znaczeniu są strukturami hierarchicznymi o wielkiej dyspersji stałych czasowych procesów. Na przykład struktury metaboliczne mogą być postrzegane jako sieć, gdzie węzły stanowią substraty i enzymy, zaś krawędzie reprezentują interakcje chemiczne. Internet jest siecią złożoną z węzłów w postaci ruterów i komputerów połączonych ze sobą przewodowo lub bezprzewodowo. Ideę tę można rozszerzyć na sieci społeczne, gdzie węzły są reprezentowane przez pojedynczych osobników lub grupy społeczne, zaś krawędzie reprezentują rozmaite relacje społeczne. WWW jest olbrzymią siecią wirtualną dokumentów HTML połączonych poprzez hiperlinki. W równej mierze sieci złożone dotyczą świata biznesu, gdzie węzły reprezentują firmy, zaś krawędzie relacje pomiędzy nimi. Takie rzeczywiste systemy podlegają ograniczeniom przestrzenno-czasowym. Prowadzi to do konfliktów danych, zasobów i

sterowania. Przy wzroście intensywności ruchu konflikty narastają, system przechodzi z obszaru liniowego do nasycenia, a w skrajnym przypadku do zapaści.

Zasadniczym celem artykułu jest pokazanie, na przykładzie struktury potokowej, samoorganizacji systemu poprzez wszystkie charakterystyczne fazy pracy począwszy od obszaru liniowego, poprzez nasycenie aż do zapaści oznaczającej, w skrajnym przypadku, przejście do przetwarzania sekwencyjnego. Wpisuje się to w uniwersalną formułę systemów, gdzie obserwujemy perkolację i związaną z tym degradację parametrów systemu. Artykuł stanowi próbę połączenia ze sobą ograniczeń czasowych i przestrzennych sieci.

2. Analiza teoretyczna

Biorąc pod uwagę dotychczasowy stan badań ruchu w sieciach można wskazać na kolejne modele przestrzenno-czasowe, po jakie sięgano przy jego analizie. Pierwszy zakładał jednorodność rozkładu w przestrzeni i czasie. Kolejny, zaproponowany po eksperymencie Bellcore, podtrzymał jednorodność rozkładu w przestrzeni i zakwestionował jednorodność w czasie. Model ten, z małymi modyfikacjami, obowiązuje do dzisiaj. Badania ostatnich lat wskazują, że topologia sieci rzeczywistych jest bardziej złożona niż opisywana przez grafy losowe. Jest niejednorodna i wpisuje się w formułę prawa potęgowego. Oznacza to, że większość węzłów sieci ma niewiele połączeń. Z kolei niewiele węzłów posiada olbrzymią liczbę połączeń, które decydują o parametrach sieci. Rozkład intensywności połączeń poszczególnych węzłów fluktuuje w czasie. Prowadzić to może do kolejnego modelu uwzględniającego zarówno ograniczenia czasowe, jak i przestrzenne systemu. Punktem wyjścia analizy teoretycznej jest najmniejsza struktura fraktalna w systemie rozproszonym, tj. jednomaszynowy, jednoprocessorowy system komputerowy. Rozważono dwa skrajne przypadki przetwarzania: najbardziej korzystny - potokowy i skrajnie niekorzystny - sekwencyjny. Przyjęto, że degradacja parametrów związana z przejściem od transmisji potokowej do sekwencyjnej jest spowodowana ograniczeniami przestrzennymi sieci. W przypadku potoku możemy przyjąć jednorodność przestrzenną. W miarę odchodzenia od liniowości niejednorodność przestrzenna, a zatem i perkolacja, się nasila. Prowadzi to do fluktuacji w czasie i przestrzeni. Fluktuacje w czasie prowadzą do procesów mikroskopowych typu samopodobieństwo ruchu. Natomiast fluktuacje w przestrzeni prowadzą do zjawisk makroskopowych typu perkolacja, których wynikiem są wahania przepustowości systemu oraz czasu odpowiedzi. W skrajnym przypadku system może osiągnąć punkt krytyczny, wejść w fazę przejściową i osiągnąć stan zapaści. Jest to równoznaczne z degradacją potoku i przetwarzaniem sekwencyjnym.

2.1. Transmisja potokowa a sekwencyjna

Jako punkt wyjścia przyjęto przepływ potokowy w sieci zrównoważonej, tj. jednorodnej z punktu widzenia przestrzeni, czasu i struktury zadania. Oznacza to, że wszystkie elementy wykonawcze są identyczne i dopasowane do siebie poprzez identyczne elementy komunikacyjne. Z kolei zadanie jest jednorodne i podzielne. Zakładamy, że system zawiera M stanowisk. W związku z tym łączny średni czas obsługi jednego zadania w danym stanowisku, \bar{D}_i jest identyczny i wynosi [2]:

$$\bar{D}_1 = \bar{D}_2 = \dots = \bar{D}_i = \dots = \bar{D}_M = \frac{\bar{D}}{M} \quad (1)$$

gdzie \bar{D} jest średnim łącznym czasem obsługi zadania w systemie. Odpowiednio wykorzystanie każdego stanowiska w stanie równowagi jest również identyczne i może być określone jako:

$$U_1 = U_2 = \dots = U_i = \dots = U_M \quad (2)$$

Z drugiej strony łączny czas obsługi jednego zadania w systemie wynosi:

$$\bar{D} = \sum_{i=1}^M \bar{D}_i = M\bar{D}_i \quad (3)$$

W przypadku transmisji potokowej czas odpowiedzi dla N zadań w systemie liczącym M stanowisk jest określony jako suma dwóch czasów; czasu obsługi pierwszego zadania, $\bar{D}_i M$, oraz czasu wykonania pozostałych $(N-1)$ zadań, $\bar{D}_i(N-1)$, jest określony jako:

$$\bar{R}_p(N) = \bar{D}_i M + \bar{D}_i(N-1) = \bar{D}_i(M+N-1) \quad (4)$$

Oznacza to, że dla $N=0$; $\bar{R}_p(0) = \bar{D}_i(M-1)$ oraz dla $N=1$; $\bar{R}_p(1) = \bar{D}_i M = \bar{D}$.

Wtedy przepustowość systemu może być określona jako:

$$X_p(N) = \frac{N}{\bar{R}_p(N)} = \frac{N}{\bar{D}_i(M+N-1)} = \frac{N}{\frac{\bar{D}}{M}(M+N-1)} \quad (5)$$

Stąd dla $N=0$; $X_p(N) = 0$, dla $N=1$; $X_p(N) = \frac{1}{\bar{D}}$ oraz dla $N \rightarrow \infty$ $X_p(N) \rightarrow \frac{1}{\bar{D}_i}$

Zatem współczynnik wykorzystania dowolnego stanowiska może być określony jako:

$$U_i(N) = X_p \bar{D}_i = X(N) \bar{D}_i = \frac{N}{\bar{D}_i(M+N-1)} \bar{D}_i = \frac{N}{M+N-1} \quad (6)$$

Można zauważyć, że system może dojść do stanu pełnego wykorzystania zasobów w stanie ustalonym, tzn. gdy $U_i(N) \rightarrow 1$ dla $N \rightarrow \infty$

Biorąc pod uwagę przytoczoną analizę i oraz charakterystyki można zauważyć, że jedynie dla $0 \leq N \leq M$ system znajduje się obszarze liniowym. W takim przypadku elementy systemu,

struktury komunikacyjne, jak i zadania mają charakter liniowy, zaś ruch w nich występujący o charakterze ustalonym można scharakteryzować rozkładem Poissona oraz wartością średnią. Jednakże w otaczającej nas rzeczywistości takie systemy proste nie istnieją. Cezurę stanowi eksperyment Bellcore [3], gdzie stwierdzono, że ruch w Ethernetie ma charakter wybuchowy, prowadzi do ograniczeń czasowych i wystąpienia zjawisk samopodobieństwa.

Jak pokazuje niniejsza analiza, wraz ze wzrostem N wchodzimy coraz silniej w obszar nieliniowy. Tym samym pogłębiają się konflikty danych, zasobów i sterowania. Konflikt zasobów oznacza, że o ten sam zasób konkurują jednocześnie dwa lub więcej zadania. Dotyczyć to może zarówno zasobów sprzętowych, jak i programowych. Konflikt danych występuje wtedy, gdy argumentem następnej instrukcji jest rezultat poprzedniej, która nie została jeszcze zakończona. Konflikt sterowania występuje wtedy, gdy wykonywany jest np. rozkaz skoku warunkowego, zależny od poprzednich zadań jeszcze nie zakończonych. Każdy z tych konfliktów prowadzi do degradacji przepustowości oraz czasu odpowiedzi systemu. Intensywność konfliktów zależy m.in. od poprawności konfiguracji sprzętu, możliwości kompilatora, efektywności języka programowania, umiejętności programisty, możliwości systemu operacyjnego i innych. W skrajnym przypadku system spada do poziomu przetwarzania sekwencyjnego. Ograniczenia, o których niżej, mogą w skrajnym przypadku doprowadzić do degradacji prowadzącej ostatecznie do przetwarzania sekwencyjnego. Wtedy czas odpowiedzi systemu może być określony jako:

$$\bar{R}_i(N) = \bar{D}_i MN = \bar{D}N \quad (7)$$

W szczególnym przypadku dla $N=1$; $\bar{R}_i(1) = \bar{D}$.

Biorąc pod uwagę (7) otrzymujemy wyrażenie określające przepustowość w trybie sekwencyjnym:

$$X_i(N) = \frac{N}{\bar{R}_i(N)} = \frac{N}{\bar{D}_i MN} = \frac{1}{\bar{D}} \quad (8)$$

oraz współczynnik wykorzystania zasobu:

$$U_i(N) = X_i \bar{S}_i = X(N) \bar{D}_i = \frac{1}{D_i M} \bar{D}_i = \frac{1}{M} \quad (9)$$

2.2. Ograniczenia przestrzenne, perkolacja i degradacja potoku

Pierwsze badania sieci złożonych wpisywały się w obszar teorii grafów regularnych. Od lat 50. XX wieku skoncentrowano się na teorii losowej grafów. Teorię tę stworzyli dwaj matematycy węgierscy Paul Erdős i Alfréd Rényi. Zgodnie z modelem Erdősa, Rényiego, (ER) dysponując siecią o N węzłach możemy je łączyć każdy z każdym z prawdopodobieństwem p . Tworzymy więc graf z liczbą krawędzi $pN(N-1)/2$ rozłożonych

losowo. Rodzi się jednak pytanie, jakie mechanizmy wyższych rzędów dominują przy odejściu od modelu ER i wzroście liczby węzłów. Przypadek ten dotyczy sieci typu „scale-free” [5]. Przy opisie tych sieci sięga się do kilku kluczowych pojęć, a mianowicie: małe światy, klastry i rozkłady połączeń w węzłach. Koncepcja małych światów opisuje fakt, że pomimo dużej liczby węzłów w sieci typowa odległość pomiędzy dwoma węzłami jest relatywnie mała. Spektakularnym tego przykładem jest koncepcja „sześciu stopni oddalenia”. Z kolei tendencja do tworzenia klastrów jest ilościowo określona przez współczynnik klastrowania. Weźmy pod uwagę wybrany i -ty węzeł sieci, który posiada k_i gałęzi połączonych z innymi k_i węzłami. Stosunek pomiędzy liczbą aktualnie istniejących węzłów E_i pomiędzy k_i węzłami a całkowitą liczbą węzłów $k_i(k_i-1)/2$ określa wartość współczynnika klastrowania i -tego węzła sieci:

$$C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i-1)} \quad (10)$$

Współczynnik klastrowania całej sieci jest wartością średnią wszystkich C_i .

Istotnym zagadnieniem jest rozkład połączeń. Nie wszystkie węzły w sieci mają tę samą liczbę krawędzi. Rozrzut liczby krawędzi jest scharakteryzowany przez funkcję rozkładu $P(k)$, która określa prawdopodobieństwo, że wybrany losowo węzeł ma dokładnie k krawędzi. Ponieważ w grafach losowych krawędzie są ulokowane przypadkowo, dlatego większość węzłów można aproksymować tym samym stopniem zbliżonym do średniego stopnia $\langle k \rangle$ sieci. Stopień rozkładu grafów losowych jest typu Poissona z pikiem w pobliżu $P(\langle k \rangle)$. W sieciach rzeczywistych rozkład zasadniczo różni się od rozkładu Poissona i jest typu prawo potęgowe $P(k) \sim k^{-\gamma}$. WWW reprezentuje największą sieć, co do której mamy najwięcej informacji. Węzły sieci są dokumentami typu Web, zaś krawędzie hiperlinkami (URL). Rozmiar tej sieci jest rzędu 1 miliarda węzłów. Ze względu na to, że krawędzie WWW są skierowane, sieć jest scharakteryzowana przez dwa rozkłady: rozkład krawędzi wychodzących, $P_{out}(k)$, i rozkład krawędzi wchodzących $P_{in}(k)$ do dokumentu WWW. Liczne badania wykazują, że zarówno $P_{out}(k)$ jak i $P_{in}(k)$ mają rozkład typu $P_{out}(k) \sim k^{-\gamma_{out}}$, i $P_{in}(k) \sim k^{-\gamma_{in}}$, gdzie np. $\gamma_{in}=2,38$ i $\gamma_{out}=2,1$ [5].

Jednym z najbardziej interesujących odkryć losowej teorii grafów jest istnienie prawdopodobieństwa krytycznego p_c , przy którym tworzy się olbrzymi klaster. Przekładając to na język sieci oznacza to, że poniżej wartości p_c sieć składa się z odizolowanych klastrów, zaś powyżej p_c olbrzymi klaster obejmuje całą sieć. Zjawisko to wykazuje duże podobieństwo do przejścia perkolacyjnego.

W celu przedstawienia charakterystycznych parametrów teorii perkolacji rozważmy d -wymiarową sieć, której krawędzie mogą występować z prawdopodobieństwem p i nie

występować z prawdopodobieństwem $1-p$. Teoria perkolacji zajmuje się wyłanianiem się ścieżek, które perkolują sieć, poczynając od jednego końca ścieżki, a kończąc na drugim. Dla małych wartości p jedynie kilka krawędzi jest obecnych. W związku z tym jedynie małe klastry węzłów są połączone stanowiąc sobą większy klastery. Przy wartości $p=p_c$ zwanej progiem perkolacji powstaje klastery gigant. Najbardziej interesującym parametrem perkolacji jest prawdopodobieństwo perkolacji, P , określające prawdopodobieństwo, że dany węzeł przynależy do nieskończonego wielkiego klastra:

$$P = P_p(|C| = \infty) = 1 - \sum_{s < \infty} P_p(|C| = s) \quad (11)$$

gdzie $P_p(|C| = s)$ określa prawdopodobieństwo, że na początku klastra posiada rozmiar s . Innym interesującym parametrem jest średni rozmiar klastra, $\langle s \rangle$ definiowany jako:

$$\langle s \rangle = E_p(|C|) = \sum_{s=1}^{\infty} s P_p(|C| = s) \quad (12)$$

dając wartość oczekiwaną rozmiaru klastra. W fazie przedkrytycznej, kiedy $p < p_c$, w systemie są obecne jedynie małe klastry węzłów połączonych przez krawędzie. W tym przypadku istotne są następujące kwestie: po pierwsze, jakie jest prawdopodobieństwo istnienia ścieżki $x \leftrightarrow y$ łączącej dwa przypadkowo wybrane węzły sieci x i y , po drugie, jaka jest szybkość opadania $P_p(|C| = s)$, gdy $s \rightarrow \infty$. W pierwszym przypadku wiadomo, że prawdopodobieństwo istnienia ścieżki, $\partial B(r)$, w okręgu o średnicy $2r$ opada eksponencjalnie, jeżeli $P < \infty$. W związku z tym odnosząc do długości korelacji ξ można zdefiniować jako [6]:

$$P_p(0 \leftrightarrow \partial B(r)) \sim e^{-\frac{r}{\xi}} \quad (13)$$

gdzie $0 \leftrightarrow \partial B(r)$ oznacza, że istnieje ścieżka od węzła początkowego do dowolnego węzła $\partial B(r)$. Równanie (13) wskazuje, że promień klastra o skończonym rozmiarze w fazie przedkrytycznej ma eksponencjalnie opadający ogon, oraz że długość korelacji reprezentuje średni promień klastra. Okazuje się, że dla $p=0$; $\xi \rightarrow 0$, zaś dla $p \rightarrow p_c$; $\xi \rightarrow \infty$

3. Symulacje

Na podstawie analizy teoretycznej można zauważyć, że system może się znaleźć w jednym z trzech charakterystycznych obszarów pracy: liniowym, nasycenia lub zapaści. W naszej analizie przyjęto, że punkt krytyczny p_c i -tej charakterystyki przepustowości w funkcji liczby zadań, $X(N) = f(N)$, posiada współrzędną N_{ci} oraz X_{ci} . Współrzędną N_{ci} punktu perkolacji przyjęto na podstawie analizy asymptotycznej [2]:

$$N_{ci} = \frac{\bar{D}}{\bar{D}_{\max i}} \quad (14)$$

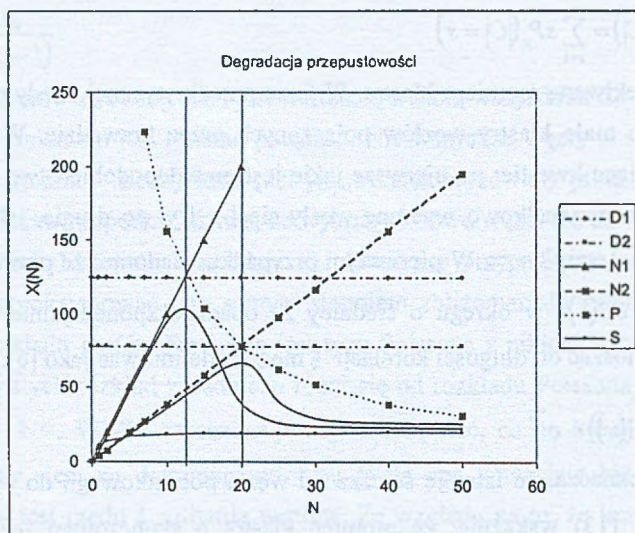
gdyż przy $\bar{D} = \text{const}$ otrzymujemy $\bar{D} = N_{c1}\bar{D}_{\max 1} = N_{c2}\bar{D}_{\max 2} = \dots = N_{ci}\bar{D}_{\max i}$. Z kolei współrzędną X_{ci} określono na podstawie prawa mocy dopuszczalnej [5]:

$$X_{c1}N_{c2} = X_{c2}N_{c2} = \dots = X_{ci}N_{ci} = P_a = \text{const} \quad (15)$$

stąd

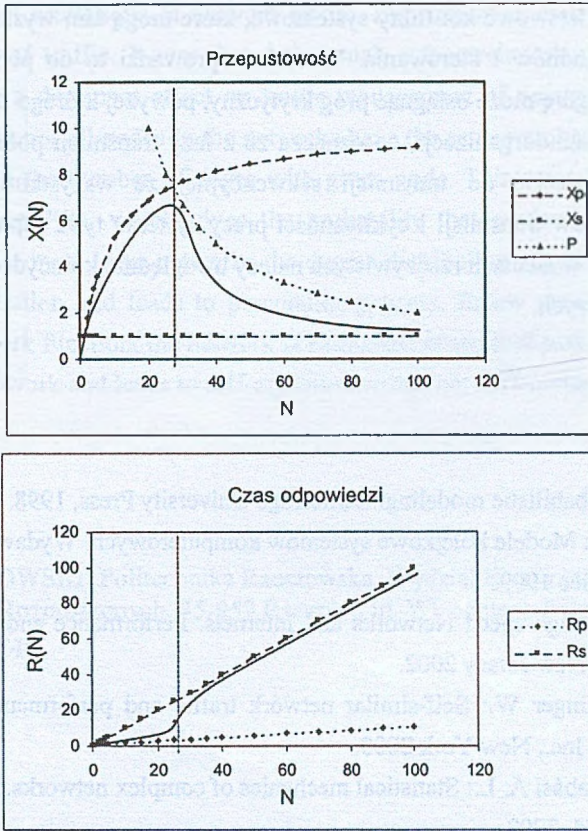
$$X_{ci} = \frac{P_a}{N_{ci}} \quad (16)$$

Równania (14-16) pozwalają na graficzne określenie rodziny współrzędnych progów perkolacji krytycznej N_{ci} oraz X_{ci} , przy których system przechodzi w stan degradacji, rys. 1.



Rys. 1. Rozkład typu power-law oraz próg perkolacji pc
Fig. 1. Power-law distribution and percolation threshold pc

Z kolei biorąc pod uwagę równania (5) i (8) można określić asymptotyczne charakterystyki przepustowości $X(N)=f(N)$ dla najlepszego przypadku transmisji, czyli potokowej, (X_p) oraz najgorszego przypadku transmisji, czyli sekwencyjnej, (X_s). Z kolei równania (4) i (7) określają odpowiednio asymptoty czasów odpowiedzi transmisji potokowej i sekwencyjnej. Równania (15) i (16) pozwalają określić punkt krytyczny perkolacji, rys. 2.



Rys. 2. Ograniczenia asymptotyczne przepustowości oraz czasu odpowiedzi transmisji potokowej

Fig. 2. Asymptotic constraints of throughput and response time of pipeline transmission

4. Wnioski

Analiza teoretyczna, symulacje oraz obserwacje wskazują, że dotychczasowe modele ruchu w sieci nie uwzględniają wszystkich procesów tam zachodzących. W pierwszym okresie istnienia sieci, kiedy ruch miał cechy krótkoterminowości, uzasadnione było przyjęcie modelu liniowego i opisu sięgającego do rozkładu Poissona oraz wartości średnich. Od czasu eksperymentu w Bellcore stwierdzającego wybuchowość, samopodobieństwo czasowe, długoterminowość, rozkłady odbiegające od Poissona i autokorelację przebiegów czasowych, osiągnięto do modelu nieliniowego i charakterystyk bazujących na momentach wyższych rzędów. Jednakże w obydwu przypadkach nie uwzględniano wpływu niejednorodności struktury przestrzennej sieci, w relacji węzeł-krawędź, która odbiega również od rozkładu Poissona. Traktując w ogólnym przypadku sieć komputerową jako system złożony, należy

uwzględnić trzy podstawowe konflikty systemowe, które mogą tam wystąpić, a mianowicie: konflikt danych, zasobów i sterowania. W efekcie prowadzi to do perkolacji, która przy skalowaniu sieci w górę może osiągnąć próg krytyczny, powyżej którego sieć wchodzi w fazę przejściową i stan samoorganizacji, co oznacza że z fazy transmisji potokowej w skrajnym przypadku może przejść do transmisji sekwencyjnej ze wszystkimi konsekwencjami degradacji parametrów transmisji i cykliczności pracy systemu typu zapaść-podnoszenie się itd. Wynika stąd, że w sieciach rzeczywistych należy uwzględnić koincydencję mechanizmów przestrzenno-czasowych.

LITERATURA

1. Mitrani I.: Probabilistic modeling. Cambridge University Press, 1998.
2. Czachórski T.: Modele kolejkowe systemów komputerowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1999.
3. Stallings W.: High-speed Networks and Internets. Performance and Quality of Service. Prentice-Hall, New Jersey 2002.
4. Park K., Willinger W.: Self-similar network traffic and performance evaluation. John Wiley & Sons, Inc., New York 2000.
5. Albert R., Barabási A. L.: Statistical mechanics of complex networks. Reviews of Modern Physics, vol. 74, 2002.
6. Dorogovtsev S. N., Mendes J. F. F.: Evolution of Networks. From Biological Nets to the Internet and WWW. Oxford University Press, Oxford 2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Tadeusz Czachórski

Wpłynęło do Redakcji 31 marca 2003 r.

Abstract

In last years the foreground problem in development of the Internet is the degradation of the electrical parameters in the giant size computer networks. It is known that in practice the non-degenerate networks do not exist. More ideal are the networks where the second-order effects, among others the burstiness, self-similarity and parameters degradation can be neglected. When the network are scaled up the situation becomes different. This effects leads

to temporary-spatial limitations of network traffic. Experiment in Bellcore's showed long-range dependence of traffic. It was found that such autocorrelations can span many time scales, could have a dominant effect on traffic management of network. Recent empirical studies indicate that not all nodes in the networks have the same number of edges, thus there is always spread in the number of edges with given node. This spread is characterized by distribution function $P(k)$, which gives the probability that randomly selected node has exactly k edges. For most large networks the degree distribution significantly deviates from the Poisson distribution and leads to percolation process. Below percolation threshold p_c , which is size network function, the network is composed of isolated paths. Above p_c a cluster spans the entire network and leads to self-organization and network collapse.

Adres

Franciszek GRABOWSKI: Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki,
Zakład Systemów Rozproszonych, 35-959 Rzeszów, ul. Wincentego Pola 2, Polska,
fgrab@prz.rzeszow.pl