

Poznań, dnia 13.08.2010 r.

Prof. dr hab. inż. Wojciech Kabaciński
Katedra Sieci Telekomunikacyjnych i Komputerowych
Politechnika Poznańska

RECENZJA
rozprawy doktorskiej
mgr. inż. Adama Kaliszana

pt.: **Zastosowanie algorytmów splotowych do wymiarowania systemów zależnych od stanu**

Tematyka i cel rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Adama Kaliszana dotyczy modelowania systemów, w których napływ zgłoszeń i decyzja o obsłudze zgłoszeń jest zależna od stanu systemu. Do modelowania Doktorant wykorzystuje algorytmy splotowe. Zagadnienia wymiarowania sieci telekomunikacyjnych, zapewnienia w nich odpowiedniego poziomu obsługi (ang. Grade of Service), oraz opracowanie w tym celu odpowiednich metod modelowania są przedmiotem badań już od początku powstania sieci telefonicznej. Pierwsze systemy, takie jak sieć telefoniczna, były systemami, w których napływ zgłoszeń oraz decyzje o przyjmowaniu zgłoszeń nie były zależne do aktualnego stanu systemu. Rozwój usług a także wprowadzenie nowych rodzajów sieci, jak sieci transmisji danych, sieci telefonii komórkowej drugiej i potem trzeciej generacji wykazały, że takie modele nie są wystarczające do modelowania zmieniających się sieci i warunków w nich panujących. Strumienie napływających zgłoszeń a także decyzje o przyjmowaniu nowych zgłoszeń zaczęły być także zależne od stanu systemu. Stosowanie modeli niezależnych od stanu prowadziło do znacznych błędów lub wręcz niemożliwości projektowania i wymiarowania nowych sieci. Dlatego opracowanie nowych modeli systemów zależnych do ich stanów wynikało z potrzeby nowych sieci i usług. Przedstawiona do recenzji praca doktorska rozważa właśnie modelowanie takich systemów, a konkretnie zastosowanie algorytmów splotowych do ich modelowania. We wstępie Doktorant jasno bowiem określa, że *„Celem pracy jest wykazanie możliwości modelowania systemów zależnych od stanu na podstawie operacji splotu, w szczególności opracowanie nowych algorytmów splotowych dla wybranych systemów zależnych od stanu, tj. wiązki pełno dostępnej z rezerwacją zasobów i wiązki z ograniczoną dostępnością.”* W dotychczasowej literaturze, algorytmy splotowe wykorzystywano z powodzeniem do modelowania systemów niezależnych od stanu. Przyjęty w rozprawie temat pracy jest ważny zarówno z naukowego jak i praktycznego punktu widzenia, gdyż wiele obecnych sieci, zwłaszcza telefonii komórkowej, można modelować z wykorzystaniem tego typu modeli.

Omówienie treści rozprawy

Praca składa się z wprowadzenia, pięciu rozdziałów i podsumowania. We wprowadzeniu Doktorant przytacza tematykę pracy oraz wyjaśnia znaczenie i obszar

zastosowania algorytmów splotowych do modelowania systemów telekomunikacyjnych. Formułuje także przytoczony wcześniej cel rozprawy oraz przedstawia zakres pracy.

Rozdział drugi zawiera wprowadzenie do problemów teorii ruchu. Autor podaje w nim podstawowe pojęcia i definicje stosowane w tej dziedzinie, a także omawia rodzaje strumieni zgłoszeń (Poissona, Bernoulliego, Pascala) oraz strumieni obsługi stosowane do opisów systemów jednousługowych i systemów z integracją usług.

W rozdziałach trzecim i czwartym Doktorant opisuje znane modele analityczne stosowane do opisu systemów z procesem przyjmowania zgłoszeń niezależnym od stanu (rozdział trzeci) i zależnych (rozdział 4) od stanu. W pierwszym przypadku omawia stosowane do modelowania algorytmy rekurencyjne i splotowe, w drugim – modele rekurencyjne.

W rozdziałach piątym i szóstym Autor omawia wyniki własnej pracy naukowej, którymi są opracowane algorytmy splotowe do modelowania wiązek z procesem przyjmowania zgłoszeń zależnym od stanu wiązki. W rozdziale piątym rozważa wiązkę pełnodostępną z rezerwacją, a w rozdziale szóstym – wiązkę niepełnodostępną. W każdym przypadku proponuje kilka algorytmów splotowych, podaje techniki obliczeń dla proponowanych algorytmów oraz weryfikuje wyniki oceny otrzymane zaproponowanymi metodami analitycznymi z wynikami symulacji cyfrowej.

Pracę kończy podsumowanie, w którym Doktorant stwierdza, że postawiony na wstępie cel został osiągnięty i wymienia najważniejsze jego zdaniem osiągnięcia pracy.

Przedstawiona rozprawa ma charakter teoretyczny. Przeprowadzono w niej metody modelowania analitycznego systemów z przyjmowaniem zgłoszeń zależnym od stanu. Opracowane metody są nowe, możliwe do stosowania także w projektowaniu inżynierskim i z tego względu mają także znaczenie praktyczne. Zaproponowane modele charakteryzują się dużą dokładnością, co Doktorant zweryfikował szeregiem eksperymentów symulacyjnych.

Zastosowana metoda badawcza i ocena rezultatów rozprawy

W swojej pracy Doktorant wykorzystuje metodę splotu do wyznaczenia zagregowanych rozkładów zajętości w systemie, w którym oferowane zgłoszenia są opisywane różnymi strumieniami zgłoszeń, a zmiana sposobu obsługi zgłoszeń polega na rezerwacji. Pierwszym badanym systemem jest wiązka pełnodostępna z rezerwacją. Do opisu wiązki Doktorant stosuje jednowymiarowy łańcuch Markowa, w którym stan zajętości n zasobów zależy od kombinacji zajętości zasobów poszczególnych klas ruchu. W celu wyznaczenia rozkładu zajętości systemu, konieczne jest wyznaczenie rozkładów prawdopodobieństwa dopuszczenia różnych możliwych kombinacji, w których zgłoszenia różnych klas ruchu zajmują w sumie określoną ilość zasobów systemu. Do wyznaczenia rozkładów zajętości stosowana jest technika splotu. Pierwsze trzy proponowane algorytmy, nazwane algorytmami sigma, różnią się sposobem definiowania prawdopodobieństwa dopuszczenia warunkowej kombinacji określonej w zależności od klasy ostatnio przyjętego zgłoszenia. W algorytmie sigma 0/1 prawdopodobieństwo to zdefiniowano w sposób eliminujący wszystkie niedozwolone kombinacje, w algorytmie sigma λt przyjęto, że jest ono wprost proporcjonalne do strumienia zgłoszeń tej klasy, która powoduje przejście systemu do określonego stanu, natomiast w algorytmie sigma λt założono, że prawdopodobieństwo to jest proporcjonalne do liczby zasobów zajętych przez zgłoszenia tej klasy, które wprowadziły system do określonego stanu. W algorytmach tych splot rozkładów poszczególnych klas jest realizowany od klasy najmłodszej do najstarszej gdyż przy takiej agregacji rozkładów występuje najmniej kombinacji warunkowych i najwięcej kombinacji zabronionych, co zwiększa dokładność

algorytmu sigma 0/1. Weryfikacji metod analitycznych Doktorant dokonuje przy pomocy symulacji cyfrowej. Przeprowadzone eksperymenty symulacyjne, uwzględniające 98% i 99% przedziały ufności wykazują, że dokładność proponowanych metod jest bardzo duża i wystarczająca dla obliczeń inżynierskich. Autor ponadto stwierdza, że przyjęcie scenariusza najbardziej optymistycznego dla kombinacji dozwolonych warunkowo w algorytmie sigma 0/1 prowadzi do przewymiarowania systemu, czyli wyznaczone prawdopodobieństwo blokady będzie zawsze większe niż w systemie rzeczywistym. Stwierdzenie to jednak nie pasuje do wyników pokazanych na rys. 5.12, na którym widać, że wyniki dla tego algorytmu są nieznacznie mniejsze niż w przypadku symulacji. Różnica ta jest jednak niewielka i potwierdza ogólnie dużą dokładność metody. Złożoność obliczeniowa proponowanych algorytmów jest $O(m^2V^2)$, gdzie m określa liczbę obsługiwanych w systemie klas ruchu a V określa pojemność systemu. Złożoność ta jest większa niż w przypadku systemów pełnodostępnych bez rezerwacji.

W celu zmniejszenia złożoności obliczeniowej Doktorant proponuje drugą grupę algorytmów splotowych. Zauważa, że operacja splotu jest uwarunkowana klasą ostatnio przyjętego zgłoszenia nie jest symetryczna i dlatego definiuje operację splotu asymetrycznego. Splot asymetryczny wykorzystuje następnie do określenia warunkowego rozkładu zajętości w systemie. Do obliczenia splotu proponuje algorytmy MaxR (splot jest obliczany od klasy najmłodszej do najstarszej), MinR (splot jest obliczany od klasy najstarszej do najmłodszej), algorytm Sa3R. Złożoność tych algorytmów jest $O(mV^2)$. Przeprowadzone przez Autora badania symulacyjne potwierdzają dobrą dokładność proponowanych modeli, przy czym algorytm MinR prowadzi w wielu przypadkach do niedoszacowania systemu a największą dokładność daje algorytm Sa3R.

Rozważane w rozdziale 5 algorytmy obliczały zagregowany rozkład zajętości z rozkładów zajętości dla poszczególnych klas ruchu. W kolejnym rozdziale Doktorant rozważa obliczanie rozkładu zajętości w systemie z rezerwacją na podstawie rozkładu zajętości w systemie bez rezerwacji. Powiązanie tych dwóch rozkładów określa wzorem 6.3, w którym współczynnik transformacji z jednego rozkładu do drugiego określa we wzorze 6.6. Podaje także algorytm hybrydowy i uogólnione algorytmy hybrydowe obliczające odpowiednie rozkłady. Złożoność tych algorytmów jest $O(mV^2)$, a ich dokładność bardzo zbliżona do wyników symulacji dla różnych rozkładów klas ruchu i różnych pojemności systemu.

Uważam, że zaproponowane przez Doktoranta algorytmy wyznaczania rozkładów zajętości i opracowane na ich podstawie modele analityczne do oceny systemów z obsługą zgłoszeń zależną i niezależną od stanu systemu stanowią oryginalne i znaczące osiągnięcie naukowe. Na uwagę zasługuje również fakt, że wyniki pracy były przedmiotem dwóch współautorskich prac doktoranta, które ukazały się w czasopiśmie międzynarodowych z listy filadelfijskiej: IET Circuits Devices and Systems oraz Journal of Performance Evaluation.

Redakcja rozprawy

Praca jest zredagowana bardzo starannie, logicznie ułożona i napisana poprawnym językiem. Autor nie ustrzegł się wprawdzie drobnych błędów wymienionych w uwagach szczegółowych, ale nie są one znaczące do ogólnej oceny pracy.

Literatura przytoczona w rozprawie obejmuje 80 pozycji. Są to moim zdaniem pozycje w całości związane z tematyką rozprawy. W zamieszczonej w rozprawie bibliografii w jedenastu Doktorant jest współautorem. Wśród nich dwie to wspomniane wcześniej artykuły w czasopiśmie z listy filadelfijskiej jedna pozycja w Lecture Notes on Computer Science, cztery na konferencjach międzynarodowych i cztery na konferencjach krajowych.

Uwagi szczegółowe

Rysunki 2.4, 2.5, 2.6 i 2.7. Nazwy klasy a i b (klasy c i d) sugerują, że są to kolejne klasy, między którym nie ma innych klas a kropki wskazują, że takie klasy są. Może w przyszłości warto zastanowić się nad innym oznaczeniem tych klas?

Rysunek 3.1. Wydaje mi się, że stan po prawej stronie rysunku jest stanem $x_1, \dots, x_i, \dots, x_m$ a nie stanem $x_1, \dots, x_i, \dots, x_{m-1}$. Takie jest też oznaczenie na rys. 4.1.

Str. 78, 86, 104, 108, 110, . Błędy formatowania .

W literaturze polskiej często \grave{a} jest zastąpione przez \check{s} .

Pozycja [19]: powinno być Bernoulli-Poisson-Pascal.

Pozycja [60]: brak stron.

Pozycja [71]: powinno być UMTS.

Pozycja [72]: powinno być WCDMA.

Najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Za najważniejsze osiągnięcia rozprawy uważam opracowanie szeregu algorytmów splotowych do wyznaczania charakterystyk wiązki pełno dostępnej z rezerwacją (3 algorytmy sigma i 3 algorytmy asymetryczne) oraz uniwersalnych algorytmów hybrydowych do wyznaczania charakterystyk systemów, w których proces przyjmowania zgłoszeń jest zależny od stanu systemu. Wszystkie algorytmy mają dużą dokładność i mogą być z powodzeniem stosowane do wymiarowania rzeczywistych systemów.

Podsumowanie

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa zawiera oryginalne i znaczące osiągnięcia badawcze Doktoranta i spełnia z nadmiarem wymagania stawiane pracom doktorskim. Wnoszę zatem o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Biorąc także pod uwagę opublikowanie wyników prac w dwóch artykułach z znaczących czasopismach międzynarodowych z dziedziny uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska zasługuje na wyróżnienie.

