

Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji

INSTYTUT TELEKOMUNIKACJI

Dr hab. inż. Piotr CHOŁDA

Kraków, dn. 11 sierpnia 2023 r.

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: Wykrywanie awarii sieciowych oparte na korelacyjnej analizie danych w zakresie usług świadczonych przez operatora telekomunikacyjnego

Autor rozprawy: mgr inż. Piotr Zych

1. WSTĘP

Przedstawiona do recenzji rozprawa została ukończona w 2023 roku pod opieką p. dr. hab. inż. Przemysława Dymarskiego, prof. UW. Została sporządzona w języku polskim (poza anglojęzycznym streszczeniem „Abstract”) i liczy 134 strony. Jako swoje części składowe w warstwie merytorycznej zawiera: Streszczenie (str. 5), Abstract (str. 7), Spis treści (str. 11-12), Wykaz używanych skrótów (str. 13-14), Rozdział 1. Wprowadzenie (str. 15-16), Rozdział 2. Monitorowanie zasobów sieciowych (str. 17-32), Rozdział 3. Detekcja awarii w oparciu o dane RADIUS (str. 33-51), Rozdział 4. Testowanie i wdrożenie algorytmu AWA (str. 53-67), Rozdział 5. Analiza i działanie algorytmu (str. 69-94), Rozdział 6. Podsumowanie (str. 95-97), Bibliografia (str. 99-101), Spis ilustracji (str. 103-105), Spis tabel (str. 107), Załączniki zawierające kod analizy danych (str. 109-134).

2. CEL BADAŃ (W ODNIESIENIU DO TEZY ROZPRAWY). Jakie zagadnienie naukowe jest rozpatrzone w pracy (teza rozprawy) i czy zostało ono dostatecznie jasno sformułowane przez Autora?

Główny cel realizacyjny przedstawiony w rozprawie dotyczy opracowania, wykonania i przebadania systemu monitorowania, służącego do wykrywania uszkodzeń (nazywanych tutaj też awariami) dla firmy Orange Polska S.A. System ten znajduje się, jak pisze sam Doktorant, „pomiędzy poziomem monitorowania pojedynczych urządzeń sieci, a poziomem monitoringu globalnego”. Obszar sieci będący w zakresie zainteresowań Doktoranta to dostęp i agregacja, co w literaturze jest obszarem słabiej analizowanym naukowo niż obszar rdzenia. Można powiedzieć, że w ogólności grupa interesujących Autora zagadnień dotyczy jednej z podstawowych funkcji płaszczyzny zarządzania, tj. tzw. zarządzania niezdatnościami (ang. *fault managment*), które tutaj ogranicza się właśnie do pierwszego etapu, tj. wykrywania uszkodzeń. W tym przypadku Doktorant skupia się na zagadnieniach uszkodzeń losowych, w każdym razie nie wchodzi w dyskusję

**Akademia Górniczo–Hutnicza | Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji
Instytut Telekomunikacji**

al. A. Mickiewicza 30, 30–059 Kraków,
tel. +48 12 617 39 37, fax +48 12 634 23 72
e-mail: kt@agh.edu.pl, www.agh.edu.pl

problematyki uszkodzeń generowanych w sposób zamierzony, złośliwy – a więc problematyka dotyczy raczej niezawodności niż bezpieczeństwa. Uszkodzenia są wykrywane niemalże w czasie rzeczywistym dzięki notyfikacjom protokołu PPP, które są przekazywane za pomocą mechanizmu Accounting protokołu RADIUS. Zatem Doktorant twórczo wykorzystał mechanizmy, które niekoniecznie służą bezpośrednio do zarządzania błędami/uszkodzeniami/awariami.

Dokonania te zostały ujęte w formie celów badań opisanych przez Doktoranta w podrozdz. 1.1. Unikalna teza nie została sformułowana, ale nie wydaje mi się to w ogóle problematyczne w przypadku pracy doktorskiej nastawionej na rozwiązanie konstrukcyjne indukowane przez potrzebę gospodarczą, a nawet myślę, że jest dobry pomysł. Cele dotyczą w ogólności opracowania algorytmu wykrywania uszkodzeń oraz wykazania jego efektywności. Przy okazji Doktorant formułuje jednak cztery bardzo konkretne stwierdzenia (zresztą kwalifikuje je właśnie jako „tezy”), które odnoszą się do szczegółów operacyjnych i wydajnościowych opracowanego przez niego algorytmu. Dotyczą one możliwości opracowania algorytmu opartego na korelacyjnej analizie danych z użyciem notyfikacji z systemu, dzięki czemu można w sposób skalowalny wykrywać uszkodzenia urządzeń pasywnych i aktywnych. Wszystkiego tego Doktorant istotnie dowodzi, oczywiście konstruując odpowiedni algorytm oraz pokazując, że faktycznie zapewnia on wskazane właściwości. **Cele i tezy zdefiniowane przez Doktoranta są określone jasno i zrozumiale, a jako zagadnienie badawcze są ważne**, szczególnie że motywowała je autentyczna potrzeba dużego operatora.

3. CHARAKTER ROZPRAWY. Jaki charakter ma rozprawa (teoretyczny, doświadczalny, inny)?

Praca jest, moim zdaniem, wzorcowym przykładem **doktoratu opartego na oryginalnym rozwiązaniu konstrukcyjnym** (co dosłownie za Art. 187, pkt. 2 Ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” można ująć jako „oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej”). Zresztą – wobec pewnych istotnych braków, o których piszę w dalszej części recenzji – jest to jedyny sposób pozytywnego podejścia do tej pracy, który daje szansę na jej docenienie w środowisku akademickim. Rozprawa przedstawia, jak napisałem w poprzednim punkcie recenzji, opracowane przez Doktoranta na potrzeby zatrudniającej go firmy Orange rozwiązanie w zakresie wykrywania uszkodzeń. Samo rozwiązanie jest cenne i zasługuje na uznanie.

4. SPOSÓB PRZEPROWADZENIA ANALIZY ŹRÓDEŁ. SPOSÓB SFORMUŁOWANIA WNIOSKÓW WYNIKAJĄCYCH Z ANALIZY ŹRÓDEŁ. Czy w rozprawie przeprowadzono w sposób właściwy analizę źródeł (w tym literatury światowej, stanu wiedzy i zastosowań w przemyśle) świadczącej o dostatecznej wiedzy Autora. Czy wnioski z przeglądu źródeł sformułowano w sposób jasny i przekonujący?

W związku z tym, że celem Autora jest skonstruowanie systemu do wykrywania uszkodzeń, poświęca on rozdz. 2 zagadnieniom monitorowania zasobów sieciowych. Można ten rozdział w zasadzie zakwalifikować jako służący analizie stanu techniki, chociaż nie zawiera on wystarczająco obszernej analizy źródeł (o czym krytycznie

piszę więcej poniżej), a poza tym przedstawia też efekty pewnych prac własnych Doktoranta (szacowanie wielkości ruchu związanego z różnymi typami monitoringu). Pewne elementy analizy stanu techniki znajdują się również w innych rozdziałach. Rozdział 2 ściśle dotyczy określonych technologii, które najwyraźniej są używane w sieci dostępowej i agregacyjnej operatora, dla którego Doktorant wykonał badania. Z tego względu opisano techniki monitorowania urządzeń końcowych obsługujących transmisję ADSL i VDSL. W dużym stopniu rozdz. 2 służy do przekonującego wykazania, że typ monitoringu wybrany przez Autora jest trafnym wyborem (chodzi o rezygnację z metod cyklicznych). Rozdział przedstawia też kluczowe informacje dotyczące protokołów, które są w zainteresowaniu Autora.

Od strony technologicznej analiza jest przekonująca, ale muszę stwierdzić, że w ogólności analiza źródeł z punktu widzenia akademickiego stanowi jeden z dwóch najsłabszych aspektów tej pracy doktorskiej. Cała bibliografia liczy 42 pozycje i – biorąc pod uwagę, że wiele z nich to w ogóle dokumenty typu standaryzacyjnego – muszę powiedzieć, że odniesienie do aktualnej literatury naukowej jest na pewno rozczarowujące. Doktorant powołuje się na pewną liczbę artykułów badawczych, ale jest ich tak niewiele, jak gdyby niemalże otwierał jakiś nowy temat naukowy (tego akurat Autor nie sugeruje), co przecież nie ma miejsca (zagadnienie zarządzania niezdatnościami ma ogromną literaturę). Ponadto najnowsze cytowane prace to: jeden dokument standaryzacyjny z 2021 roku, praca własna Doktoranta z 2017, a poza tym cytowane prace są sprzed tego roku – tak jakby Autor przestał się interesować przeglądem literatury 6-7 lat temu. Ponadto mam wątpliwości, czy w zakresie odniesienia do literatury Doktorant zajął się wszystkimi adekwatnymi grupami tematycznymi, na przykład:

- Wiadomo, że istnieją artykuły zajmujące się korelacją alarmów w różnych topologiach sieciowych. Np. prace grupy Janosa Tapolcaia z BUTE dotyczące technologii optycznych (np. B. Wu, P.-H. Ho, K. L. Yeung, J. Tapolcai and H. T. Mouftah, "Optical Layer Monitoring Schemes for Fast Link Failure Localization in All-Optical Networks," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 13, no. 1, pp. 114-125, First Quarter 2011, doi: 10.1109/SURV.2011.100110.00025). Autor rozprawy w ogóle do nich się nie odnosi. Nawet gdyby miał stwierdzić, że nie są one w pełni adekwatne (badania dotyczą raczej obszaru rdzeniowego sieci niż dostępu/agregacji), to należało ustosunkować się do nich jako do tła koncepcyjnego doktoratu (zresztą topologia rdzeniowa może być bardziej złożona i przez to być może trudniejsza do badania niż dostęp czy agregacja, a więc *a fortiori* może dostarczać przydatnych metod analizy i wykrywania uszkodzeń także w kontekście istotnym dla Doktoranta).
- W przeszłości były też publikowane badania dotyczące wykrywania problemów w sieciach DSL (np. C. C.-Y. Yang, C.-M. Chen, D. Lu, X. Wu and R. Savor, "Method and System of Performance Monitoring to Detect VDSL Service Degradation," 2010 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery, Huangshan, China, 2010, pp. 468-475, doi: 10.1109/CyberC.2010.92). Również do tych zagadnień nie odnosi się Autor w przeglądzie literaturowym. Nawet jeśli monitoring tego rodzaju opiera się na innych koncepcjach niż użyte w ramach rozprawy, ze względów badawczych należało je rozpatrzyć i porównać, choćby po to, żeby kategorycznie stwierdzić ich nieaplikowalność w danej sieci lub nieużyteczność ze względów jakościowych itd.

W zakresie analizy stanu techniki praca jest jednak akceptowalna, szczególnie tam gdzie Doktorant omawia autentyczne wyzwania, przed którymi stanął oraz istotne decyzje, które musiał podjąć. Po pierwsze dotyczy to wyboru między monitoringiem cyklicznym a asynchronicznym informowaniem (notyfikowaniem) nt. uszkodzeń. Dużo zaprezentowanych dyskusji szczegółowych (rozsianych po pracy) wskazuje na bardzo dobre zrozumienie przez Doktoranta uwarunkowań związanych z praktycznym działaniem wielu różnych protokołów (np. DHCP dyskutowane na str. 45).

5. ROZWIĄZANIE PRZEDSTAWIONEGO ZADANIA, WŁAŚCIWOŚCI PRZYJĘTYCH METOD I ZAŁOŻEŃ. Czy Autor rozwiązał postawione zagadnienia, czy użył właściwej do tego metody i czy przyjęte założenia są uzasadnione?

Trzon opisu oryginalnych pomysłów wypracowanych przez Doktoranta i przeprowadzonych w związku z nimi prac zbierają rozdziały 3-5.

Rozdział 3 wprowadza autorski algorytm AWA (Algorytm Wykrywania Awarii). Sam przebieg działania algorytmu nie jest bardzo skomplikowany, ale można to uznać za jego zaletę: nadmierna złożoność to zawsze potencjał do nieprawidłowego zachowania w mniej typowej sytuacji. Opracowanie algorytmu, a w szczególności dobór parametrów, na których opiera się jego działanie, wymagały dużej wiedzy i praktyki w celu umożliwienia poprawnego działania. Przeprowadzone i opisane eksperymenty oraz symulacje (rozdz. 4-5) dowodzą satysfakcjonującego działania opracowanego **rozwiązania, które istotnie rozwiązuje postawione zagadnienie.**

Algorytm opiera swoje działanie na podejściu umożliwiającym monitorowanie elementów pasywnych (a więc, tym bardziej, aktywnych). Wykrywany jest brak ciągłości sesji protokołu (obserwacja utraconych pakietów *keep-alive*), a więc monitorowanie dotyczy raczej usługi (asynchroniczna notyfikacja na ich temat) niż bezpośredniej obserwacji urządzenia. Działanie algorytmu jest dostosowane do współpracy z protokołem PPP, który operuje w sieci abonenckiej z transmisją w zaawansowanych standardach DSL (ADSL/2/2+ oraz VDSL 2). Algorytm silnie zależy od współpracy z protokołem RADIUS, który pozwala mu na rejestrację zdarzeń oraz ich przypisywanie poszczególnym urządzeniom sieciowym (w tym celu używany jest mechanizm RADIUS Accounting). Przebieg algorytmu, już po wykryciu braku usługi obejmuje szereg decyzji, opartych na odniesieniu pewnych wartości do progów ustalanych przez administratora (np. okres analizy, opóźnienie aktywacji alarmu, stosunek liczby zerwań do liczby aktywnych sesji itd.). Koncepcja algorytmu jest czytelna i w wyniku jego działania można uzyskać pożądane skutki. Ze względu na swoją konstrukcję opracowany algorytm AWA jest ponadto odporny na krótkotrwałe zaburzenia w działaniu urządzeń (nie długa przerwa w dostawie prądu czy inne tymczasowe i przypadkowe zdarzenia, które nie powinny być traktowane jako uszkodzenia). Ewidentne też jest, że efektywność algorytmu zależy od dobrania kilku wartości progowych. Działanie podstawowego algorytmu jest rozszerzane na kilka sposobów: (a) pobieranie informacji nt. zasobu sieciowego, z którym dzieje się coś niepożądanego; (b) radzenie sobie ze zwielokrotnionymi alarmami na różnych poziomach hierarchii przy wykrywaniu uszkodzeń; (c) możliwość dokonania zdalnego restartu urządzeń; (d) wykrywanie zachowania urządzenia, które jest związane z tzw. fluktuacjami (tj. naprzemienne unieczynnienie się i wznowianie pracy). Wykrywanie takich problemów powinno być traktowane

odmiennie od zwykłego uszkodzenia. Szkoda, że istotność postępowania z fluktuacją zasobów Doktorant dyskutuje głębiej dopiero w podrozdz. 4.5, gdy zajmuje się już eksperymentalnym badaniem jakości działania algorytmu. Wszystkie te rozszerzenia są bardzo przydatne z punktu widzenia praktycznego zarządzania siecią, zaś ich opracowanie i wdrożenie można uznać za zakończone sukcesem oraz przydatne dla operatora.

W rozdziale 4 Doktorant przedstawia wyniki eksperymentu na działającym systemie operatora. Eksperyment objął długi okres czasu (cztery tygodnie) w istniejącej sieci dostępowej o dużym rozmiarze. Dzięki niemu Autor rozprawy był w stanie:

- Zilustrować, w jaki sposób działa opracowany algorytm.
- Zweryfikować działania algorytmu. Autor z użyciem eksperymentu dowodzi działania opracowanego mechanizmu, co jest bez wątpienia wielką zaletą tej pracy – gdyż z jednej strony proponowane rozwiązanie (algorytm AWA) odpowiada na rzeczywiste zapotrzebowanie dużej firmy, a z drugiej strony działanie potwierdzono na żywo, w działającej sieci.
- Pokazać nie tylko, że opracowana metoda działa, ale też że sprawdza się lepiej niż dotychczas stosowane rozwiązanie – wykrywa więcej zdarzeń oraz reaguje szybciej niż robił to system, którym operator dysponował do czasu badań. Obie te właściwości są oczywiście wysoce pożądane w przypadku systemu wykrywania uszkodzeń, co bez wątpienia dowodzi praktyczności opracowanego rozwiązania. Badana jest nie tylko efektywność detekcji, ale też sprawność działania rozszerzeń: restartu oraz wykrywania fluktuacji zasobów.
- Dostarczyć danych, które posłużyły do przeprowadzenia badań o charakterze symulacyjnym (raportowane w rozdziale 5). Eksperyment dowodzi też prawdziwości istotnych tez postawionych w podrozdz. 1.1.

Na potrzeby tego eksperymentu Autor przyjął (w zasadzie arbitralnie, chociaż podane są pewne uwarunkowania praktyczne) konkretne wartości parametrów progowych opisujących działanie (a właściwie punkty decyzyjne) algorytmu AWA. O ile w większości przypadkach uzasadnienie (podawane w rozdziałach 4 i 5) ma charakter techniczny, zazwyczaj odnoszący się do specyfiki protokołów oraz uwarunkowań zarządczych w sieci, o tyle co najmniej raz Autor dokonuje tego w sposób trudny do oceny w ramach standardów akademickich (na str. 56: „...progi zostały wypracowane w praktyce wraz z ekspertami od utrzymania sieci dostępowej jako najlepszy kompromis między wydajnością implementacji algorytmu AWA, a jego skutecznością biznesową...” – wprawdzie podano zgrubnie ogólne uwarunkowania, ale sam sposób dochodzenia do wyniku brzmi raczej anegdotycznie).

Jak wspomniano wcześniej, rozdział 5 jest poświęcony badaniom symulacyjnym, w których wykorzystano dane zebrane z pomiarów eksperymentalnych. W tym przypadku dane te służą do pozyskania informacji o tym, jak działałby algorytm AWA, gdyby stosował zmieniać wartości parametrów progowych decydujących o podejmowaniu przez niego decyzji. Jest to ważny aspekt badawczy, gdyż służy do wyboru odpowiednich wartości progowych, chociaż badania byłyby pełniejsze, gdyby potem znowu przeprowadzono badania eksperymentalne z algorytmem używającym wartości dobranych na podstawie symulacji (więcej piszę o tym niżej). Badania są przeprowadzone w sposób poprawny, dobrze je opisano i wynika z nich, że generalnie dobrane na potrzeby eksperymentów progi mieszczą

się blisko optimum (co potwierdza intuicje Doktoranta oraz wysoką jakość diskutowanych przez niego zagadnień praktycznych).

Ponadto w rozdz. 5 Doktorant przeprowadził interesującą i celową analizę wydajnościową algorytmu AWA z punktu widzenia złożoności obliczeniowej. Analiza w zasadzie pokazuje fenomeny, chociaż jest w niej zawarta krótka dyskusja na temat użytych struktur danych, jak również interpretacja wyników eksperymentalnych. Rozważania te można byłoby pogłębić w zakresie co najmniej sprawdzenia z teorią, czy wyniki są zaskakujące (np. jak się wydaje zastosowanie map haszujących o dostępie w czasie stałym istotnie daje możliwość uzyskania liniowej charakterystyki ładowania danych; z kolei uzasadnienie wykładniczości na podstawie właściwości struktury kopcowej *heap* w Javie jest o tyle niepokojące, że tego rodzaju struktura raczej wykazuje złożoność co najwyżej liniowo-logarytmiczną). Wartościowym aspektem jest dopasowanie charakterystyk regresyjnych. Przekonują one, że ze względu na przeważający liniowy charakter obserwowanych relacji dotyczących złożoności, obciążenia systemu od strony przetwarzania danych są pod kontrolą i ogólna konkluzja, że w praktyce ten aspekt nie może okazać się problematyczny dla operatora, jest bardzo obiecująca.

Uwagi krytyczne dotyczące prac własnych Doktoranta:

- Drugim obok braku wyczerpującej konfrontacji z literaturą naukową najslabszym z punktu widzenia akademickiego aspektem pracy jest pozostawienie bez głębszej dyskusji kwestii generalizacji wyników rozprawy. Doktorant nie analizuje szerzej, jak proponowana metoda przenosi się na inne współcześnie stosowane systemy, rozwiązania, technologie itd. (choć warto zauważyć, że Doktorant przedstawia niekiedy pewne pomysły, np. mówi o tym, że można byłoby zastosować algorytm z innymi protokołami, o podobnych właściwościach jak PPP czy RADIUS – dobrze byłoby jednak przeanalizować i wskazać kilka przypadków). W zakresie użycia protokołów, na których Doktorant opiera metodę i wyniki, należy powiedzieć, że zrozumiałe jest ograniczenie w rozprawie, która ewidentnie ma za cel rozwiązanie konkretnego problemu technicznego w określonej firmie, ograniczenie się do wybranych technologii i protokołów. Faktem jednak jest, że od rozprawy doktorskiej oczekuje się jednak pewnego poziomu ogólności, jak również odniesienia do współczesnych technik. Tak więc gdy na przykład w rozdz. 2 Doktorant przedstawia przykład liczbowy na podstawie komunikatów bardzo już noliwego protokołu SNMPv1, dobrze byłoby jednak gdyby zwrócił uwagę, dlaczego odnosi się akurat do tej wersji (istnieją też przecież bardzo popularna wersja 2 i także wersja 3), oraz czy zmiana wersji istotnie (czy może nie) wpłynęłaby na uzyskane wyniki. Podobnie, zasadna byłaby dyskusja na temat tego, czy algorytm AWA może generalizować się na inne topologie niż drzewiasta, które przecież też występują.
- Od strony koncepcji struktury pracy traktowanej jako nauka jest zaskakujące, że badania związane z doбором optymalnych wartości istotnych parametrów decydujących o działaniu algorytmu AWA są przeprowadzone i opisane dopiero po przeprowadzeniu eksperymentów na działającym organizmie sieciowym. Istotnie, Autor gruntownie zastanawiał się nad doбором tych wartości i przedstawia argumentację za doбором konkretnych wartości, co jest cenne, gdyż wskazuje na dużą wiedzę nt. praktycznych aspektów używanych protokołów, i nie opiera się na fenomenalnym optimum z eksperymentów. W szczególności Doktorant

dyskutuje kompromisy, które wiążą się z doбором konkretnym wartości (np. dyskusja nt. optymalnej wartości opóźnienia D na str. 37-38). Wszystko to jest w pewnym stopniu przekonujące, ale:

- Byłoby zasadne, żeby prace symulacyjne poprzedziły jednak uruchomienie algorytmu w sieci.
- Wysoce pożądane byłoby skonfrontowanie, w jaki sposób wartości progowe dobrane w wyniku symulacji faktycznie sprawdzają się w finalnym dużym eksperymencie. Strukturę badawczą widziałbym zatem raczej na zasadzie eksperyment-symulacje-eksperyment, gdyby już poszerzać obecnie opisaną strukturę prac.
- Doceniam dopasowanie charakterystyk regresyjnych do wyników eksperymentów dotyczących złożoności algorytmu. Niemniej mam tutaj konkretne zastrzeżenia, dotyczące raczej opisu niż samej koncepcji:
 - Doktorant opisuje jakość regresji z użyciem współczynnika R^2 , ale to nie jest chyba wbrew temu co pisze współczynnik korelacji Pearsona, tylko współczynnik determinacji, który służy do opisywania jakości regresji (tzn. dopasowania do danych z użyciem regresora liniowego). Współczynnik korelacji, który mierzy liniowość charakterystyki, nie byłby przecież taki wysoki dla zależności wykładniczej pokazanej na rys. 5.16.
 - Doktorant pisze również wiele razy o wariancji, ale to nie jest raczej wielkość przydatna przy opisie jakości dopasowania. Domyślam się, że chodzi o błąd średniokwadratowy wyznaczonego regresora.
- Czasem w ramach dyskusji uwarunkowań praktycznych Doktorant zauważa pewien problem, rozwija w związku z nim dyskusję, np. podając problematyczne zagadnienia nt. wdrożenia, ale w zasadzie kwestii nie rozwiązuje w sposób wiążący. Taka sytuacja ma miejsce na przykład w przypadku zagadnienia korelacji z innymi systemami monitorowania (podrozdz. 3.4) czy użycia zamiennika protokołu RADIUS (podrozdz. 3.5). Podobna sytuacja ma miejsce pod koniec podrozdz. 4.3, gdy Doktorant zauważa zagadnienie różnego stopnia skuteczności algorytmu AWA, ale w zasadzie nawet nie interpretuje dokładnie sytuacji.

Mimo podnoszonych przez mnie wątpliwości, uważam że **Doktorant użył prawidłowych metod do rozwiązania przedstawionego problemu i dowiódł też postawionych na początku.**

6. ORYGINALNOŚĆ ROZPRAWY, SAMODZIELNY DOROBK AUTORA, POZYCJA ROZPRAWY W STOSUNKU DO STANU WIEDZY (POZIOM TECHNIKI) PREZENTOWANEGO W LITERATURZE ŚWIATOWEJ. Na czym polega oryginalność rozprawy, co stanowi samodzielny i oryginalny dorobek Autora, jaka jest pozycja rozprawy w stosunku do stanu wiedzy czy poziomu techniki reprezentowanych przez literaturę światową?

Rozprawa bez wątplenia prezentuje opracowane przez Doktoranta **oryginalne rozwiązanie konkretnego problemu technicznego**: proponuje system do wykrywania uszkodzeń w sieci dostępowej/agregacyjnej operatora zatrudniającego Autora. Wprawdzie Doktorant nie rozważa w sposób wyczerpujący,

jak takie rozwiązanie lokuje się w odniesieniu do poziomu techniki obecnego w literaturze światowej (choć pokazuje że sprawdza się lepiej na tle rozwiązania dotychczas stosowanego przez firmę: pozwala wykryć więcej uszkodzeń i robi to szybciej), ale nie mam powodu twierdzić, by nie wykazał się tutaj nowatorstwem (potwierdzają to szerokie badania eksperymentalne). Tym bardziej, że samo rozwiązanie zostało opatentowane (przyznane patenty polski i europejski), a trzon wyników został przez Doktoranta opublikowany w cieszącym się pewnym prestiżem periodyku o zasięgu międzynarodowym (AEU-INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS, obecnie 100 pkt. MEiN).

7. POPRAWNOŚĆ PRZEDSTAWIENIA UZYSKANYCH WYNIKÓW. Czy Autor wykazał umiejętność poprawnego i przekonującego przedstawienia uzyskanych przez siebie wyników (zwięzłość, jasność, poprawność redakcyjna rozprawy)?

Doktorant jasno prowadzi wywód i prosto komunikuje to, co chce powiedzieć. Argumentacja jest zazwyczaj jasna, przekonująca i dobrze zrozumiała. Rysunki są czytelne i autentycznie wspomagają zrozumienie pracy oraz przyjęcie argumentów Doktoranta na rzecz przyjętych rozwiązań. W zasadzie w każdym przypadku zgadzałem się z przedstawionym wywodem, poza dwoma sytuacjami: (a) wspomnianym wcześniej powoływania się na autorytet pracowników operatora, bo trudno w ogóle przecież polemizować z takim argumentem; (b) na wyrost jest stwierdzenie podane na str. 32: „Analiza dostępnej obecnie literatury wskazuje, że problemy postawione w tezie tej rozprawy nie zostały dokładnie zgłębione” (Doktorant nie wykazał tego ze względu na szczątkowe odniesienie do literatury naukowej, nawet jeśli skądinąd druga część przywołanego zdania może odpowiadać prawdzie).

Kilka aspektów, które można byłoby poprawić w ramach edycji pracy (ale które w ogólności nie utrudniają zasadniczo odbioru):

- Język zredagowania pracy:
 - Niekiedy (ale raczej sporadycznie) występują zawiłe, trudno zrozumiałe, nieporadne stylistycznie, a nawet niepoprawne frazy, jak np. „...nie bazuje ono odpowiedzi otrzymanej na wysłane żądanie...” (str. 20) czy „...błędnie wypełnione przez użytkowników (np. za pomocą wprowadzenia na CPE)” (str. 28), „Analizując Rys. 5.2 znając...” (str. 74), ewentualnie „Realizacja niniejszej pracy została zrealizowana...” (str. 95).
 - Zdarza się używanie niejednolitego słownictwa, które w przypadku opisu technicznego raczej zaburza odbiór niż poprawia styl (np. wymienne stosowanie słowa „log” i „dziennik” w podrozdz. 2.5).
 - Niepotrzebne użycie anglicyzmów: przede wszystkim pochodnych „bazować” zamiast „opierać się”, np. na str. 16; ale także „moment czasu” zamiast „chwila” na str. 55, ewentualnie struktury okolicznika przyczyny z użyciem przyimka „dla” jak w przypadku „Dla wykonania analizy...” na str. 77.
 - Użycie kolokwializmów technologicznych (np. pojęcie „sieci miedzianej” na str. 17).

- Zagadnienia strukturalne:
 - Rysunek 4.1 można w pełni zrozumieć dopiero, gdy wyjaśnione zostaną pojęcia „symulacji” oraz znaczenie poszczególnych modułów, co ma miejsce dopiero w rozdziale 5 (podczas gdy rysunek zamieszczono bez dokładnego omówienia już na początku rozdz. 4).
 - Wydaje mi się, że wielkość oznaczona jako t_{14} we wzorze (15) na str. 84 jest potem omyłkowo przywołana jako t_5 na str. 89.
- Bibliografia:
 - Kolejność cytowań nie powinna wyznaczać porządku prac podawanych w bibliografii (taki porządek jest adekwatny raczej dla artykułów).
 - Opis literaturowy nie zawsze jest czytelny, np. nie wiadomo, co oznacza „Tom FGCN 2010” w opisie pozycji [34].
 - Co najmniej raz zauważyłem drobną literówkę („technil” zamiast „technik” w tytule pracy [13]).
 - Co najmniej raz użyte cytowanie nie wydaje się trafne. Raczej nie jest celowe wskazywać jako odnośnik do pojęcia korelacji innej pracy niż [38], która pochodzi z 1921 roku. Bardziej przydatne dla czytelnika byłoby po prostu wskazanie jakiegoś współczesnego podręcznika do statystyki.
- Edycja:
 - Często w środku zdania używa się zapisu od wielkiej litery skrótu „Rys.”, chociaż w większości przypadków to powinno być „rys.” (np. na str. 18).
 - Warto byłoby wprowadzać łącznik w zbitkach zapisanego cyframi liczebnika i miary czasu (np. „10-minutowa” zamiast „10 minutowa” na str. 54).
 - Zdarza się zgubienie kursywy matematycznej, np. „na początku i-go przedziału”, podczas gdy powinno być „*i-go*” a może nawet „*i-tego*” (na str. 76).
 - Wprowadzenie podrozdziału 1.1 w zasadzie nie ma sensu, skoro nie ma podrozdziału 1.2. Podobnie, nie warto wprowadzać pojedynczego wypunktowania (jak to ma miejsce na str. 80).

Podsumowując, od strony językowej i redakcyjnej praca jest napisana w sposób, który nie utrudnia odbioru. W ogólności **sposób przedstawienia wyników jest poprawny.**

8. SŁABE STRONY ROZPRAWY, JEJ GŁÓWNE WADY. Jakie są słabe strony rozprawy i jej główne wady?

Doceniam fakt, że praca prezentuje oryginalne rozwiązanie o charakterze praktycznym. Doktorat jest jednak osiągnięciem prezentowanym w ramach pewnych standardów akademickich i z tego punktu widzenia muszę wskazać jego istotne wady:

- Bardzo słabe odniesienie do istniejącego stanu badań, w tym aktualnej literatury naukowej (więcej na ten temat pisałem w punkcie 4 niniejszej recenzji):

- Doktorant nie dokonał zadowalającego opisu literaturowego, który zresztą w najlepszym przypadku zatrzymuje się w zasadzie na roku 2016.
- Doktorant nie porównał swojego rozwiązania z innymi istniejącymi rozwiązaniami raportowanymi w literaturze, a przecież nie jest to zagadnienie, którym nie zajmowali się czy nie zajmują się specjaliści. Skoro w firmie Orange jest stosowany określony system, to można domniemywać, że inne firmy mają podobne problemy. Co więcej, literatura naukowa opisuje liczne systemy wykrywania uszkodzeń i co najmniej można było pokazać, że nie są one adekwatne do zagadnienia, z którym do czynienia miał Doktorant.
- Niejasna kwestia generalizacji metody (komentuję ten problem powyżej w punkcie 5 niniejszej recenzji): przedstawienie oryginalnego rozwiązania w ramach konkretnego systemu (na podstawie protokołów RADIUS czy PPP) jest cenne, ale byłoby pożądane, żeby praca doktorska przedstawiała pewne rozwiązanie ogólne, o właściwościach pozwalających je zastosować także w innych systemach. Nie jest jasne, na ile rozwiązanie jest rozszerzalne, np. czy można rozszerzyć z RADIUS na DIAMETER. Co więcej Doktorant nie rozważa nawet, czy przypadkiem nowsze wersje protokołów nie zawierają rozwiązań, które pozwalają radzić sobie z postawionym problemem.
- Struktura koncepcyjna pracy (to raczej kwestia opisu niż samych wyników): byłoby zasadne, gdyby Doktorant bardziej konsekwentnie skonstruował pracę doktorską jako przedstawiającą praktyczne rozwiązanie, które powstało na potrzeby wdrożenia w konkretnej firmie. To znaczy: najpierw przedstawił wymogi i potrzeby operatora w kontekście wybranych technik i topologii, jak również szereg wymaganych funkcjonalności wraz z uzasadnieniem ich przydatności oraz dyskusją braków w istniejącym wcześniej systemie monitoringu. Tymczasem takie informacje wprawdzie znajdują się w pracy, ale są rozproszone. Potem należałoby przedstawić algorytm i wyczerpującą dyskusję doboru wartości poszczególnych parametrów z badaniami nt. ich optymalnego ustawienia. Myślę, że wyniki eksperymentalne nt. działania powinny wieńczyć opis oryginalnych wyników. Rozumiem, że badania eksperymentalne były niezbędne do zgromadzenia danych niezbędnych do prowadzenia prac symulacyjnych, w ramach których Doktorant pokazuje, że w sumie całkiem nieźle dobrano wartości parametrów użytych w badaniach eksperymentalnych, ale można byłoby raczej oczekiwać drugiej serii badań eksperymentalnych, tym bardziej że przecież system działa do dzisiaj, nie wiadomo zatem dlaczego w ciągu trzech lat od serii poprzednich doświadczeń nie można było wykonać nowych, żeby w sposób pełny zamknąć cały cykl badań nad oryginalnym rozwiązaniem.

Liczę na to, że wymienione zagadnienia będzie można omówić w trakcie publicznej obrony doktoratu.

9. PRZYDATNOŚĆ ROZPRAWY DLA NAUK TECHNICZNYCH, PRZEMYSŁU, OBRONNOŚCI KRAJU ITP.

Przedstawiono oryginalne rozwiązanie konstrukcyjne, które na pewno sprawdziło się i działa już kilka lat w firmie zatrudniającej Doktoranta, co wskazuje na **przydatność dla przemysłu**. W ogóle celem prac w zakresie nauk inżynieryjno-technicznych powinna być służebność względem przemysłu i z tego powodu uważam recenzowaną pracę doktorską za wartościową. Z drugiej strony praca akademicka, jaką jest doktorat, powinna nieść pewien poziom ogólności, by sprawdzić się w ogóle w naukach technicznych. Akurat ten aspekt został dużo słabiej potraktowany w przypadku przedstawionej rozprawy.

10. PODSUMOWANIE (CZY ROZPRAWA SPEŁNIA WYMAGANIA PRZEZ OBOWIĄZUJĄCE PRZEPISY)

Doktorant wykazał dużo umiejętności w obszarze płaszczyzny zarządzania, w tym przypadku wykrywania uszkodzeń w sieciach dostępowych/agregacyjnych. Jest to istotne zagadnienie praktyczne, tym bardziej że w ramach rozprawy Doktorant pokazał, że zaproponowane przez niego rozwiązanie sprawdziło się w praktyce firmowej. Z drugiej strony, sposób napisania rozprawy budzi niedosyt ze względu na potknięcia w analizie stanu wiedzy oraz literatury naukowej. Również sposób przetestowania proponowanego systemu, chociaż ma swoje zalety z punktu widzenia eksperymentalnego, powoduje niedosyt z punktu widzenia generalizacji wyników. Mam jednak silne przekonanie, że doktorat tworzony w dziedzinie Informatyka Techniczna i Telekomunikacja, w ramach którego Autor przedstawia oryginalne, pomysłowe, działające i efektywne rozwiązanie jest tym, czego należałoby oczekiwać w odniesieniu do nauk inżynieryjno-technicznych. W związku z tym, że w praktyce uzyskanie efektywnego rozwiązania tego rodzaju wymaga dużej wiedzy i nakładu pracy, stwierdzam, że Doktorant je posiada; ponadto wyniki pracy zostały opublikowane w piśmie międzynarodowym, a rdzeń koncepcji jest przedmiotem uzyskanych patentów. Dlatego uważam, że **rozprawa spełnia wymagania określone przez obowiązujące przepisy** i wnioskuję o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Piotr Chołda