

Dr hab. inż. Paweł Kułakowski, prof. uczelni
Instytut Telekomunikacji
Wydział Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji
Akademia Górniczo-Hutnicza
ul. Czarnowiejska 74
30-054 Kraków
e-mail: kulakowski@agh.edu.pl

3 marca 2025 r.

**Recenzja osiągnięcia naukowego i aktywności naukowej
dra inż. Macieja Nikodema
ubiegającego się o nadanie stopnia doktora habilitowanego**

1. Wstęp

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest uchwała Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Wrocławskiej z dnia 18 grudnia 2024 r. powołująca mnie w skład komisji habilitacyjnej, jako recenzenta, w postępowaniu w sprawie nadania tytułu doktora habilitowanego dr inż. Maciejowi Nikodemowi (habilitantowi). Recenzja została opracowana zgodnie z Ustawą z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Wyżej wymieniona Ustawa, w art. 219 definiuje, że stopień doktora habilitowanego nadaje się osobie, która:

- 1) posiada stopień doktora;
- 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:
 - a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub

WPLYNĘŁO

11 9 -03- 2025

RDND 03/96/2025

b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub

c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne;

3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Habilitant oczywiście posiada stopień doktora (dyplom w załączeniu przedłożonej dokumentacji). Celem tej recenzji pozostaje więc zweryfikowanie dwóch pozostałych warunków: (a) osiągnięcia naukowego: habilitant przedstawił cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, oraz (b) istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni w szczególności zagranicznej. Po krótkiej charakterystyce sylwetki naukowej habilitanta (rozdział 2 poniżej), warunki te będą rozważane rozdziałach trzecim i czwartym recenzji. Rozdział piąty omawia inne aspekty aktywności zawodowej habilitanta, w końcu rozdział szósty stanowi jej podsumowanie.

2. Charakterystyka sylwetki naukowej habilitanta

Dr inż. Maciej Nikodem obronił swoją pracę doktorską "Metody ochrony przed kryptoanalizą z uszkodzeniami" na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej w maju 2008 roku. Od tego czasu pracował, również w Politechnice Wrocławskiej:

- na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego od 2008 do 2012 roku,
- na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego od 2012 r. do chwili obecnej.

Dr inż. Nikodem złożył wniosek o przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego 26 września roku 2024, a więc 16 lat po uzyskaniu stopnia doktora. Opiniowane poniżej osiągnięcie habilitacyjne składa się z cyklu publikacji z lat 2011-2023, niemniej habilitant przez całe te 16 lat był aktywny naukowo, publikując prace, które nie zostały włączone do cyklu, co zostanie skomentowane w tej recenzji w rozdziale czwartym.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

3.1. Osiągnięcie naukowe przedstawione przez habilitanta

Osiągnięciem naukowym jest cykl "Dedykowane protokoły i lokalizacja wewnątrzbudynkowa w systemach Internetu Rzeczy" powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych. Cykl składa się z **12 artykułów** opublikowanych w latach 2011-2023. W ramach tego cyklu:

- pięć prac zostało opublikowanych w czasopismach z punktacją IF między 3.5 a 4.5, 100 pkt MEiN każda,
- dwie są pracami konferencyjnymi za 140 punktów MEiN,
- pozostałe pięć to niżej punktowane prace konferencyjne.

Wszystkie prace są anglojęzyczne.

W przypadku wszystkich prac, deklarowany udział habilitanta wynosi między 30% a 100%, w szczególności dla publikacji czasopismowych ten udział to zawsze 60% lub 70%. Udział habilitanta jest potwierdzony przez załączone deklaracje współautorów. Można troszkę żałować, że spośród publikacji w czasopismach tylko jedna jest pracą opublikowaną w czasopiśmie IEEE. Niemniej, pozostałe prace to jedna publikacja w znanym czasopiśmie Ad Hoc Networks (Elsevier) oraz trzy publikacje w Sensors, które choć należy do płatnej serii wydawniczej MPDI, jest ogólnie cenione w telekomunikacyjnym środowisku naukowym.

Z punktu widzenia liczności publikacji i udziału habilitanta, wyżej wymienione parametry i charakterystykę cyklu recenzent ocenia pozytywnie.

3.2. Tematyka i publikacje cyklu habilitacyjnego

Tematyką cyklu habilitacyjnego są lokalizacja wewnątrz budynków i protokoły komunikacyjne w sieciach Internetu Rzeczy. Tematyka ta cały czas jest istotna w obszarze naukowym dotyczącym sieci bezprzewodowych, a lata prac badawczych habilitanta były okresem przejścia z tematyki bezprzewodowych sieci sensorowych (WSN) do szerzej zdefiniowanego Internetu Rzeczy (IoT). Odzwierciedlają to publikacje habilitanta, które częściowo odnoszą się jeszcze do sieci sensorowych, a późniejsze prace już do koncepcji IoT. Artykuły naukowe wchodzące w skład cyklu habilitacyjnego powstawały podczas realizacji przez habilitanta licznych projektów badawczych, często o charakterze aplikacyjnym, wspólnie z przemysłem, co świadczy o jego bardzo praktycznym zastawieniu do badań naukowych. Habilitant definiuje ogólny cel badawczy prac z cyklu jako "opracowanie efektywnych energetycznie systemów IoT pozwalających na lokalizację

urządzeń mobilnych", a szczegółowiej koncentruje się na metodach organizacji komunikacji w bezprzewodowych sieciach rozproszonych, efektywności transmisji danych i również efektywnej lokalizacji bezprzewodowej.

Pierwsza chronologicznie publikacja z cyklu [A12] podkreśla fakt istotnego zużycia energii przez węzły sieci sensorowej na sam proces nasłuchiwania i nieefektywność transmisji wieloskokowej. Są to wnioski, z których w tamtych latach wielu badaczy zdawało sobie sprawę, choć jednocześnie w wielu pracach wciąż uparcie analizowano komunikację z wieloma węzłami pośredniczącymi. Praca habilitanta na pewno była więc cennym źródłem argumentów w ww. dyskusji naukowej.

Zagadnienia dostosowania mocy transmisji były kontynuowane przez habilitanta w publikacji [A11]. Zaproponowany został interesujący, choć trudny do zastosowania w praktyce schemat gdzie parametr określający skuteczność dostarczania pakietów radiowych PRR został wykorzystany przy doborze mocy nadawczej węzła radiowego. Rozwiązanie to pozwala zaoszczędzić energię węzła, ale tylko pod warunkiem gdy dostępna jest aktualna i poprawna informacja PRR.

Kolejną pracą z cyklu dotyczącą protokołów komunikacyjnych była [A7] opublikowana już w czasopiśmie MPDI Sensors. W pracy, habilitant wraz z współautorami zaproponował dedykowany protokół komunikacyjny, oparty na standardzie IEEE 802.15.4, przeznaczony dla małej sieci kamer monitorującej uliczny ruch samochodowy. Zaproponowane rozwiązanie, zoptymalizowane pod uzyskiwanie małych opóźnień i dużej niezawodności transmisji, zostało przetestowane na niewielkich rzeczywistych sieciach 3 i 6 kamer, a testy wykazały bardzo dobrą skuteczność transmisji.

Testy tego rozwiązania były kontynuowane w kolejnej publikacji [A8], gdzie zweryfikowano działanie protokołu w warunkach dużej i ekstremalnej intensywności ruchu samochodowego (testy rzeczywistej sieci kamer w warunkach symulowanych komunikatów z kamer). Przy dużej intensywności ruchu (3 pojazdy/s) system radził sobie bez zastrzeżeń, niemniej testy wykazały ograniczenia jego działania dla warunków ekstremalnych (6 pojazdów/s).

Kolejne trzy artykuły z cyklu dotyczą standardu Bluetooth Low Energy (BLE) w monitorowaniu dobrostanu zwierząt hodowlanych. W pracy [A6] habilitant ze współautorami zaproponował system gromadzący i analizujący dane pochodzące z urządzeń noszonych przez zwierzęta. Dane te przesyłane były zgodnie ze standardem BLE, nietypowo tylko w wykorzystaniu wiadomości rozgłoszeniowych, co poprawiło skalowalność i wydajność energetyczną systemu.

System został następnie przetestowany w rzeczywistych warunkach na sieci 210 równocześnie nadających urządzeń BLE (artykuł [A5]). Testy pozwoliły wybrać odpowiednią częstotliwość rozsyłania ramek zapewniającą skuteczność przesyłania danych przekraczającą 99%. Taka skuteczność, o ile budziłaby wątpliwości w zastosowaniach w klasycznych sieci

telekomunikacyjnych, dla periodycznego monitoringu dobrostanu zwierząt wystarcza w zupełności, co potwierdza fakt, że zaproponowane rozwiązanie zostało wdrożone i jest dostępne w ofercie komercyjnej.

W trzeciej publikacji z tej serii [A4], wyżej opisane rozwiązanie zostało ulepszone pod względem wydajności energetycznej. Habilitant zaproponował wykorzystanie standardowych wiadomości protokołu BLE jako potwierdzeń, co pozwoliłoby na ograniczenie liczby wiadomości rozgłoszeniowych. Metoda ta okazała się częściowo skuteczna, ze względu na ograniczenia samego standardu BLE, niemniej pomiary przeprowadzone przez habilitanta i współautorów wykonane dla sieci 150 urządzeń pokazały istotny spadek liczby nadmiarowych wiadomości rozgłoszeniowych.

Pozostałe prace z cyklu dotyczą zagadnień lokalizacji bezprzewodowej w środowiskach wewnątrz budynków. W artykule [A10], habilitant zaproponował metodę lokalizacji typu *Time Difference of Arrival*. Węzły o znanych pozycjach (określane jako kotwice) wysyłają wiadomości lokalizacyjne w z góry określonych odstępach czasu. Węzły mobilne (o nieznanych pozycjach) mogą obliczyć swoje pozycje analizując różnice w chwilach odbioru poszczególnych wiadomości. Zaproponowane rozwiązanie jest ulepszeniem opublikowanego kilka lat wcześniej algorytmu Whistle, ale o lepszej skalowalności, gdyż węzły mobilne nie muszą wysyłać żadnych wiadomości do kotwic.

Artykuł [A9] był kontynuacją prac nad powyżej opisanym rozwiązaniem. Przygotowano symulator komputerowy, bazujący na na znanym narzędziu OMNET++, umożliwiający zbadanie komunikacji między węzłami i wpływ błędów zegarów tych urządzeń. Wyniki symulacyjne wykazały dokładność lokalizacji na poziomie 2-3 metrów dla węzłów mobilnych w obszarze 70 m x 70 m przy użyciu trzech kotwic.

W pracy [A3], habilitant wykorzystał do lokalizacji stosowany we wcześniejszych badaniach protokół BLE. Zgodnie ze znaną koncepcją *frequency diversity*, habilitant zaproponował wykorzystanie aż 40 kanałów częstotliwościowych BLE do pomiaru tłumienia sygnału w kanałach i na tej podstawie określenia pozycji lokalizowanego urządzenia (jest to znana technika *Receive Signal Strength - RSS*). Przeprowadzone pomiary (środowisko *indoor*, uczelniana sala ćwiczeniowa) wykazały, że błąd lokalizacji jest dość duży: średnio 2-4 m (w zależności od scenariusza) w sali 10 m x 10 m. Wyniki te nie są zaskakujące, tego typu błędy są typowe dla algorytmów RSS stosowanych wewnątrz budynków. Niemniej, cenne jest eksperymentalne określenie jak bardzo ten błąd może być zredukowany gdy wykorzysta się wszystkie 40 kanałów, a także jak można zastąpić większą sieć referencyjną siecią mniejszą, ale stosującą jednoczesne transmisje na wielu kanałach.

Ostatnie, a zarazem najnowsze, dwie prace z cyklu wprowadzają nowe podejście to zagadnienia lokalizacji wewnątrz budynków. Dostrzegając ograniczenia algorytmu RSS, habilitant

zaproponował (artykuł [A2]) podejście bazujące na pomiarze mocy sygnału, ale wykorzystujące wartość tej mocy do określenia minimalnej i maksymalnej odległości lokalizowanego urządzenia od kotwicy. Zaproponowane rozwiązanie zostało sprawdzone w rzeczywistej sieci urządzeń BLE. Pomiary pokazały spadek błędu lokalizacji o prawie 40% w porównaniu z klasycznym podejściem RSS.

Dalsze prace nad powyższym rozwiązaniem dokumentuje ostatni artykuł cyklu [A1]. Publikacja ta jest też dowodem na aplikacyjne nastawienie do badań u habilitanta. Algorytm lokalizacji, w trzech wersjach, został tutaj dopasowany do konkretnego zastosowania: monitoringu zwierząt hodowlanych. Habilitant, wraz ze współautorami, zaproponował aby urządzenie bezprzewodowe, noszone przez zwierzę, lokalizować nie przez podanie bezwzględnych współrzędnych, a raczej sekcji pomieszczenia. Ostateczna wersja algorytmu, choć cechowała się dużym bezwzględnym błędem lokalizacji (około 8 m), to dobrze wskazywała część pomieszczenia gdzie lokalizowane zwierzę się znajdowało – w 90% przypadków błąd był nie większy niż wskazanie sąsiedniej sekcji. W takiej wersji, algorytm był bardziej użyteczny i stanowił dobre uzupełnienie dla wcześniej zaprojektowanego systemu komunikacji kontrolującego zwierzęta hodowlane.

W opinii recenzenta, temat cyklu i podany przez habilitanta cel badawczy prac cyklu są zdefiniowane spójnie, wyżej omówione prace stanowią zwartą tematycznie całość. Wyraźnie widoczny jest aplikacyjny charakter badań habilitanta, mocno powiązany z jego pracami projektowymi. Warto też zauważyć, że kolejne, chronologicznie patrząc, artykuły w cyklu były publikowane w coraz lepszych miejscach – wyżej punktowane konferencje, publikacje w czasopismach z listy JCR. Jest to dobry prognostyk na dalszy rozwój naukowy habilitanta, potwierdzony zresztą jego publikacją już po złożeniu wniosku habilitacyjnego – artykuł w IEEE Sensors Journal ze stycznia 2025 roku, będący efektem stażu habilitanta na uniwersytecie w Hiszpanii.

W ocenie recenzenta, wyżej przedstawione osiągnięcie naukowe dra inż. Macieja Nikodema (cykl publikacji) stanowi znaczny wkład w rozwój dyscypliny informatyka techniczna i telekomunikacja.

4. Ocena aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni w szczególności zagranicznej

4.1. Podstawowy dorobek naukowy habilitanta

Habilitant, od uzyskania stopnia doktora, był współautorem w sumie 17 publikacji w czasopismach naukowych. Poza tymi zaliczonymi do cyklu habilitacyjnego (rozdział 3 recenzji), jest jeszcze 12 publikacji czasopismowych, w większości przypadków w mniej uznanych periodykach, ale jest też jedna praca w IEEE Access i jedna w MPDI Sensors. Habilitant był również współautorem 9 rozdziałów w monografiach naukowych. Ponadto, habilitant w swoim dorobku po doktoracie ma również 11 wystąpień konferencyjnych, z czego 8 poza cyklem habilitacyjnym. Same te wartości liczbowe wskazują na dużą aktywność naukową habilitanta.

Prace naukowe habilitanta doczekały się też licznych cytowań: w bazie Web of Science są to 424 cytowania (bez autocytowań) i indeks Hirscha równy 9. Wartości te wskazują na istotne znaczenie międzynarodowe jego dorobku naukowego.

4.2. Aktywność naukowa habilitanta w innych uczelniach, w szczególności zagranicznych

Troszkę słabszą stroną dorobku habilitanta jest jego działalność na innych uczelniach. Zgodnie z informacjami podanymi przez habilitanta, zrealizował on następujące staże:

- 12-miesięczny staż w firmie Nokia Siemens Networks we Wrocławiu: był to staż w dziale B+R, niemniej firma Nokia nie jest uczelnią ani instytucją naukową. Staż, zgodnie z załączonym opisem, miał raczej charakter i efekty projektowe;
- 2-miesięczny program stażowo-szkoleniowy "Top 500 Innovators" w Stanford University i firmie Cisco w Kalifornii, USA: był to cenny wyjazd, które z pewnością pozwolił habilitantowi zebrać doświadczenia istotnie wspierające jego prace w Polsce, niemniej również trudno zaliczyć ten staż do działalności naukowej na innych uczelniach;
- najważniejszym, zdaniem recenzenta, punktem działalności habilitanta na innych uczelniach był jego 2-miesięczny staż na uniwersytecie Las Palmas de Gran Canaria, w Hiszpanii, w grupie prof. Francisco Alexisa Quesada Arencibia. Efektem wyjazdu była praca zgłoszona do publikacji tuż przed złożeniem wniosku o postępowanie habilitacyjne (jesień 2024 r.). Praca została przyjęta i opublikowana już w styczniu 2025 roku w bardzo cenionym czasopiśmie IEEE Sensors Journal.

W cyklu habilitacyjnym brak jest publikacji, których współautorami byliby naukowcy zagraniczni. Niemniej, w pozostałym dorobku habilitant ma 6 publikacji wspólnych z autorem z University of

Technology w Sydney (dr Zenon Chaczko) oraz 4 publikacje z autorem z Virginia Tech w USA (dr Krzysztof Kępa), co dowodzi udanej współpracy na wybranych kierunkach zagranicznych.

Habilitant brał również udział w dwóch projektach międzynarodowych współpracując z uczelniami m.in. ze Szwecji, Litwy, Łotwy, Niemiec, Grecji i Ukrainy ukierunkowanych na działania dydaktyczne: określenie kierunków kształcenia i przygotowanie materiałów do zajęć dydaktycznych.

Zgodnie z powyższymi danymi, w ocenie recenzenta habilitant dr inż. Maciej Nikodem wykazał się istotną aktywnością naukową, również na innych (zagranicznych) uczelniach.

5. Inne aspekty aktywności zawodowej habilitanta

Zdecydowanie należy docenić dodatkowe działalności zawodowe habilitanta, w szczególności jego aktywność w projektach badawczych. Po doktoracie, habilitant był zaangażowany **w 10 takich projektów**, w większości z nich pełnił rolę kierownika lub głównego wykonawcy. Projekty te często były powiązane z tematyką cyklu habilitacyjnego (lokalizacja bezprzewodowa, Internet Rzeczy). Były to, m.in., projekty:

- projekt NCBiR U-Pick (z firmą UNITEM) - bazujący na technologiach lokalizacji radiowej i wizyjnej system wsparcia pracowników realizujących procesy manualnego montażu (habilitant pełnił rolę kierownika B+R)
- projekt NCBiR NeuroFlow (z firmą Neurosoft) - Inteligentny autonomiczny rozproszony system rozpoznawania i analizy ruchu (kierownik prac po stronie uczelni i główny wykonawca)
- projekt PARP (z firmą Michał Zdunek Corp For Farm Animals) - System monitorowania funkcji życiowych dla bydła (główny wykonawca)
- projekt WCA (z firmą Thaumatec) - Metody lokalizacji dla systemów radiowych sub-1GHz, w zastosowaniach bezprzewodowych sieci czujników oraz systemach IoT (główny wykonawca)
- projekt WCA (z firmą MT-Silesia) - Sieć o zaawansowanej inteligencji zwiększająca efektywność oraz bezpieczeństwo kopalni podziemnych i głębinowych (główny wykonawca)
- projekt FNP na uczelni Pwr - Narzędzia wspomagające projektowanie systemów lokalizacji osób i sprzętu w obiektach zamkniętych przy użyciu komunikacji bezprzewodowej małej mocy (kierownik projektu i główny wykonawca)
- projekt NCN na uczelni Pwr - Bezprzewodowe sieci czujników w zastosowaniach monitorowania środowiska i alarmowania o zagrożeniach, zapewniające długi czas działania i dużą niezawodność (główny wykonawca)

- projekt WCA (z firmą Nokia Siemens Networks) - Opracowanie metody zmniejszenia energochłonności wbudowanych systemów radiowych poprzez optymalizację algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów (główny wykonawca)

Habilitant w swoim dorobku ma również **konkretne wdrożenia**, powiązane z działalnością projektową:

- system CowMonitor monitorujący stan zwierząt hodowlanych jest dostępny na rynku (firma Michał Zdunek Corp For Farm Animals);

- projekt habilitanta rozproszonej sieci IoT dla monitoringu upraw szklarniowych był prototypem obecnej oferty holenderskiej firmy Priva;

- VTRACK jest systemem wykrywania i śledzenia uczestników ruchu drogowego, stosowane przez firmę Neurosoft;

- Ekspert2 jest systemem monitoringu stosowanym przy produkcji miedzi przez firmę KGHM;

- Mobile LoRa Gateway jest przenośną stacją bazową zasilaną energią słoneczną do komunikacji zgodnie z protokołem IoT LoRaWan, używaną przez firmę Thaumatec.

Habilitant był również **recenzentem** publikacji w czasopismach naukowych (21 recenzji), ekspertem Komisji Europejskiej (6 ocen konkursowych, 17 ocen realizacji projektów) i recenzentem NCN (8 recenzji).

Wspomniane działalności zawodowe zdecydowanie świadczą bardzo pozytywnie o habilitancie i jego aplikacyjnym nastawieniu do badań, stanowią też bardzo cenne uzupełnienie jego dorobku naukowego.

6. Podsumowanie

W podsumowaniu, jako recenzent jednoznacznie stwierdzam, że przedstawiony mi do recenzji dorobek naukowy habilitanta dra inż. Macieja Nikodema spełnia warunki nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżyneryjno-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, określone w art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Popieram wniosek o nadaniu mu stopnia doktora habilitowanego.


.....

podpis recenzenta

