

Bartłomiej Gołębiowski  
Daniel Niewiadomski  
Janusz Sobolewski  
Dariusz Więcek  
Paweł Winkel  
Jacek Wroński  
Dariusz Wypiór

Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej we Wrocławiu  
Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy

# **Platforma informatyczna do celów analiz propagacyjnych, kompatybilności elektromagnetycznej i optymalizacji sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych (PIAST)**

W referacie przedstawiono tworzoną w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w Instytucie Łączności we Wrocławiu, platformę informatyczną o akronimie PIAST – Platforma Informatyczna Analiz Systemów Telekomunikacyjnych ([www.piastr.edu.pl](http://www.piastr.edu.pl)). W ramach projektu w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej we Wrocławiu rozwijana jest platforma informatyczna, w ramach której są wdrażane i udostępniane usługi służące do projektowania, optymalizacji i analiz kompatybilności sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych oraz jest prowadzona rozbudowa infrastruktury sprzętowej.

## **1. Wprowadzenie**

We wrocławskim Oddziale Instytutu Łączności od wielu lat rozwijane są aplikacje komputerowe do celów analiz propagacyjnych i kompatybilności elektromagnetycznej różnych systemów i urządzeń radiowych. Np. w latach 80 XX w. wytworzone zostały pierwsze w Polsce zasoby cyfrowych map wysokości i programy komputerowe do celów analiz propagacyjnych (takich jak popularny program Mapki MTV). Opracowywane były wówczas m.in. krajowe plany sieci radiofonii analogowej UKF FM i telewizji analogowej. W roku 1998 na ich bazie stworzono plany pierwszych multipleksów telewizji cyfrowej. Na tej podstawie powstały kolejne plany cyfrowych multipleksów oraz opracowywany i zatwierdzony został podczas Regionalnej Konferencji Radiokomunikacyjnej w Genewie w 2006 roku Plan cyfrowy GE06 [1]. W latach 90 XX w. zaprojektowano również i wykonano szereg systemów komputerowych na zlecenie Państwowej Agencji Radiokomunikacyjnej (poprzednik dzisiejszego Urzędu Komunikacji Elektronicznej UKE), które wdrożono w Administracji i z których część jest nadal

wykorzystywana. Systemy te zapewniają m.in. realizację zadań Administracji w zakresie analiz propagacyjnych, kompatybilności elektromagnetycznej, obsługi administracyjnej dokumentów i przygotowywania przekrojowych raportów. Programy komputerowe do celów analiz propagacyjnych opracowane i zaimplementowane w Instytucie Łączności w ubiegłym wieku do dziś wykorzystywane są m.in. do celów dydaktycznych w Polsce, jako jedno z podstawowych narzędzi służących nauce wykonywania analiz propagacyjnych w praktyce inżynierskiej.

## **2. Potrzeba analiz, optymalizacji i badań kompatybilności sieci i systemów radiowych**

Rozwój techniki i zmiany w zachowaniach społeczeństwa w ostatnich latach powodują gwałtowne zwiększenie wykorzystywania łączności bezprzewodowej. W ciągu minionej dekady zwiększyła się kilkukrotnie ilość abonentów sieci komórkowych oraz użytkowników Internetu [2]. Oprócz potrzeb komunikacji międzyludzkiej coraz częściej techniki radiowe są wykorzystywane na masową skalę przez urządzenia różnego przeznaczenia. W najbliższym czasie coraz większego znaczenia nabierać będzie np. wzajemna komunikacja pomiędzy urządzeniami typu M2M (Machine-to-machine communication), która w dużej mierze będzie wykorzystywać techniki radiowe do łączności pomiędzy nimi [3,4,5]. Coraz powszechniej wykorzystywane są bezprzewodowe sensory, monitorujące całą gamę różnych parametrów w przyrodzie i otoczeniu człowieka [6,7] czy systemy bezprzewodowych identyfikatorów (RFID radio-frequency identification) lub łączności krótkiego zasięgu (NFC - near field communication) służących np. do płatności bezstykowych. Nieuniknione jest zatem, że w bliskiej przyszłości przybędzie znaczna liczba urządzeń, które z wykorzystaniem różnorodnych systemów i standardów transmisji będą wymagały wykorzystywania coraz większych zasobów częstotliwości i które zasoby te będą musiały intensywnie współużytkowywać. Zgodnie z [3] zakładany jest 18-krotny wzrost ogólnoswiatowego ruchu danych w sieciach mobilnych pomiędzy latami 2011-2016. Widmo elektromagnetyczne jest wszak zasobem skończonym, w takim sensie, że nie jest możliwe zwiększenie przeznaczenia określonych zasobów częstotliwości np. zakresów charakteryzujących się wyjątkowo dobrą propagacją, zwłaszcza w sytuacji przekazywania przez Państwo wyłącznych praw do określonej porcji widma podmiotom komercyjnym na zasadach przetargów czy aukcji. Jedyną możliwością na sprostanie rosnącym oczekiwaniom cywilizacyjnym coraz większej liczby transmisji i urządzeń bezprzewodowych jest coraz efektywniejsze wykorzystywanie widma radiowego. Możliwe jest to poprzez rozwijanie nowych standardów, systemów i technik radiowych, optymalizację istniejących i nowych sieci radiowych oraz precyzyjne analizy kompatybilności międzysystemowej pozwalające na większe i szersze współużytkowanie widma radiowego. W tym celu, w ramach projektu finansowanego z funduszy unijnych (POIG działanie 2.3), w Instytucie Łączności we Wrocławiu rozwijana jest platforma informatyczna PIAST ([www.piastr.edu.pl](http://www.piastr.edu.pl)), umożliwiająca prowadzenie różnego rodzaju analiz systemów radiowych, analizy kompatybilności systemowych planowanych do wdrożenia z systemami pracującymi, czy optymalizacji sieci bezprzewodowych i radiodyfuzyjnych.

W ubiegłym wieku w Instytucie Łączności we Wrocławiu poza przytoczonym we wstępie powszechnie znanym oprogramowaniem Mapki MTV służącym zasadniczo do obliczeń analogowych sieci telewizyjnych i zarządzania bazą danych o stacjach nadawczych powstało wiele innych aplikacji komputerowych i systemów informatycznych dedykowanych do przeprowadzania analiz propagacyjnych i kompatybilności elektromagnetycznej a także prowadzenia koordynacji międzynarodowej stacji radiowych i obsługi dokumentów administracyjnych. Systemy te to np. UKF – do obsługi stacji radiofonii UKF, NSS – do obsługi analiz naziemnych stacji satelitarnych oraz analiz kompatybilności i zarządzania dokumentami (wnioskami i pozwoleniami radiowymi), Mobicoor – do obsługi i analiz stacji i zarządzania bazą danych o stacjach służb ruchomych, Linrad – do analiz i obsługi baz danych o stacjach, wnioskach i pozwoleniach radiowych linii radiowych. Część z tych systemów funkcjonuje do dziś w Administracji (UKE, KRRiT). Na przestrzeni lat widać wyraźnie zwiększające się zainteresowanie wykonywaniem różnego typu analiz radiowych

czy to do projektowania i optymalizacji sieci czy też do celów przygotowywania dokumentacji dla Regulatorów rynku medialnego i telekomunikacyjnego lub analiz kompatybilności elektromagnetycznej dla różnych podmiotów rynkowych. Wynika to z konieczności przeprowadzenia takich analiz każdorazowo w sytuacji planowania i uruchomienia nowej stacji radiowej, optymalizacji kosztów, a także w sytuacji zmiany parametrów istniejącej stacji (np. zmiana mocy, anteny, wysokości zawieszenia anteny, lokalizacji).

W ostatnich latach obserwuje się w Polsce i na świecie znaczny wzrost penetracji rynku telefonii komórkowej (np. w Polsce 47 mln kart SIM) w stosunku do użytkowników telefonii przewodowej (około 8 mln użytkowników ) [8]. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się usługi bezprzewodowego dostępu do Internetu [3]. Przybywa abonentów różnych systemów telekomunikacji mobilnej: GSM, UMTS, HSDPA+, LTE, WiMax, których liczba w kolejnych latach będzie nadal rosła. Poza nimi użytkowane są również systemy niepubliczne PMR (Private Mobile Radio), np. MPT 1327, EDACS, DMR, P-25, TETRA. Systemy tego typu wykorzystywane są powszechnie jako prywatne i korporacyjne sieci własne. Występują również liczne bezprzewodowe sieci monitoringowe i sensorowe o bardzo licznych zastosowaniach. Wykorzystuje się je np.: do monitorowania środowiska (temperatura, wilgotność), stanu ścieków, liczników elektrycznych, gazowych, monitorowania obszarów podczas klęsk żywiołowych, stanu zdrowia pacjentów, kontroli budynków biurowych i domów, lokalizacji użytkowników, dzikich zwierząt, w systemach zabezpieczeń, kontroli oświetlenia, ochronie przeciwpożarowej, systemach alarmowych, do zarządzania wykorzystaniem energii, w automatyce przemysłowej, precyzyjnych uprawach rolniczych, ochronie przeciwpożarowej, rozpoznania pola walki, monitoringu skażeń chemicznych, monitoringu obiektów cywilnych i baz wojskowych, szybkiej wymiany informacji bez konieczności tworzenia stacjonarnej infrastruktury, w monitoringu konstrukcji i środowiska w czasie rzeczywistym: pomiarach przemieszczeń, deformacji i odkształceń obiektów geotechnicznych (stanu dróg i mostów), hydrotechnicznych czy budowlanych i w wielu innych. Systemy i sieci tego typu będą rozwijać się w najbliższym czasie w sposób bardzo intensywny a ich wdrażanie przez liczne podmioty gospodarcze będzie mogło odbywać się np. przy wykorzystywaniu analiz z użyciem projektowanej platformy informatycznej PIAST.

Ponadto występują w kraju liczne systemy teletransmisji radiowej budowane w oparciu o łącza typu punkt-punkt i punkt-wiele punktów w wysokich pasmach częstotliwości (powyżej 3 GHz) wykorzystywane np. do transmisji dasyłowych do stacji bazowych telefonii komórkowej GSM, UMTS czy LTE, do dasyłu sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych czy do innych transmisji telekomunikacyjnych. Analiza łączny tego typu prowadzona jest od lat w Instytucie Łączności, a tworzona platforma informatyczna pozwoli na realizację jeszcze szerszych i efektywniejszych analiz dostępnych dla wielu podmiotów gospodarczych.

W kraju planowane są kolejne wdrożenia bezprzewodowych systemów radiowych dla służb państwowych (Policja, Straż Pożarna, Straż Miejska, CBS, BOR, CBA itp.), których zasadniczym elementem ma być powszechne wdrożenie zintegrowanego systemu TETRA (TransEuropean Trunked Radio). Zapotrzebowanie na tego typu rozwiązania dla celów bezpieczeństwa Państwa będzie rosło w związku z ich mobilnością i możliwością szybkiego zainstalowania i uzyskania zdolności operacyjnych w dowolnym miejscu w sytuacji kryzysowej (np. katastrofy, powódzie, zawałania budynków itp.), w której często sieci komórkowe przestają funkcjonować z powodu np. braku zdolności obsługowych w momentach bardzo dużego natłoku generowanego ruchu wynikającego z innych założeń podczas planowania sieci przez prywatnych operatorów czy też np. odcięcia zasilania, które w sieciach cywilnych nie jest przygotowane do sytuacji kryzysowych.

Pracownicy wrocławskiego oddziału Instytutu Łączności od wielu lat biorą również aktywny udział w międzynarodowych pracach związanych z gospodarką częstotliwościami radiowymi np. wdrażaniem naziemnej telewizji cyfrowej, cyfryzacją radiofonii, zagadnień dywidendy cyfrowej, systemów radia kognitywnego i w pracach związanych z przyszłym rozwojem bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych. W perspektywie najbliższych lat nie tylko konieczność uruchomienia telewizji cyfrowej i wyłączenia emisji telewizji analogowej będzie

wyzwaniem dla nadawców i operatorów. W grę wchodzi także naziemne radio cyfrowe drugiej generacji, bezprzewodowy Internet przyszłości, radio kognitywne, systemy komórkowe 4 i kolejnych generacji [9]. Uwolnienie przez naziemną telewizję analogową części wykorzystywanego obecnie pasma częstotliwości (tzw. dywidenda cyfrowa) pozwoli na uruchomienie wielu nowych systemów radiowych, które dzięki właściwościom fizycznym tego pasma, zapewnią duże zasięgi radiowe oraz zwiększenie pojemności sieci. Umożliwi to szerokie stosowanie technologii radiowych na potrzeby np. zapewnienia dostępu do sieci Internet na obszarach słabo zaludnionych, gdzie rozwój infrastruktury przewodowej jest kosztowny i bardzo często nieopłacalny z biznesowego punktu widzenia.

### **3. Platforma PIAST**

Na świecie, poza Polską, istnieje tylko kilka firm komercyjnych, które oferują kompleksowe oprogramowanie komercyjne do celów analiz propagacyjnych i kompatybilności elektromagnetycznej dla różnych systemów radiowych pracujących w wielu różnych pasmach częstotliwości. Koszt zakupu takiego komercyjnego oprogramowania jest bardzo duży a dodatkowo licencjobiorca nierzadko musi ponosić cykliczne wydatki na utrzymanie licencji. Obecnie w Polsce poza Instytutem Łączności żadna z krajowych firm nie rozwija własnego oprogramowania do analiz propagacyjnych obejmującego swym zasięgiem wszystkie zakresy częstotliwości (od fal długich, średnich i krótkich poprzez fale UKF, VHF, UHF i zakresy milimetrowe), które posiadałoby możliwości analizy wzajemnych zakłóceń między różnymi systemami radiowymi w tych samych i sąsiednich zakresach częstotliwości. Korzystanie z komercyjnego oprogramowania staje się często nieosiągalne nie tylko dla małych i średnich przedsiębiorstw (MSP) ale często także dla wielu dużych firm. W rezultacie małe i średnie przedsiębiorstwa często korzystają z wątpliwej jakości różnego rodzaju programów darmowych czy niskopłatnych, które stosując wiele różnorodnych uproszczeń i nie w pełni profesjonalne zasady projektowania i analiz sieci bezprzewodowych prowadzą do opracowania, zatwierdzenia i wdrożenia projektów radiowych cechujących się dużymi błędami uniemożliwiającymi lub często utrudniającymi w późniejszej praktyce realizację łączności radiowej. Oznacza to później problemy z instalacją i użytkowaniem takich sieci, częstymi „brakami zasięgu” czy „zakłóceniami w odbiorze”, które mogły być przeanalizowane profesjonalnie i wykluczone na etapie projektowania sieci.

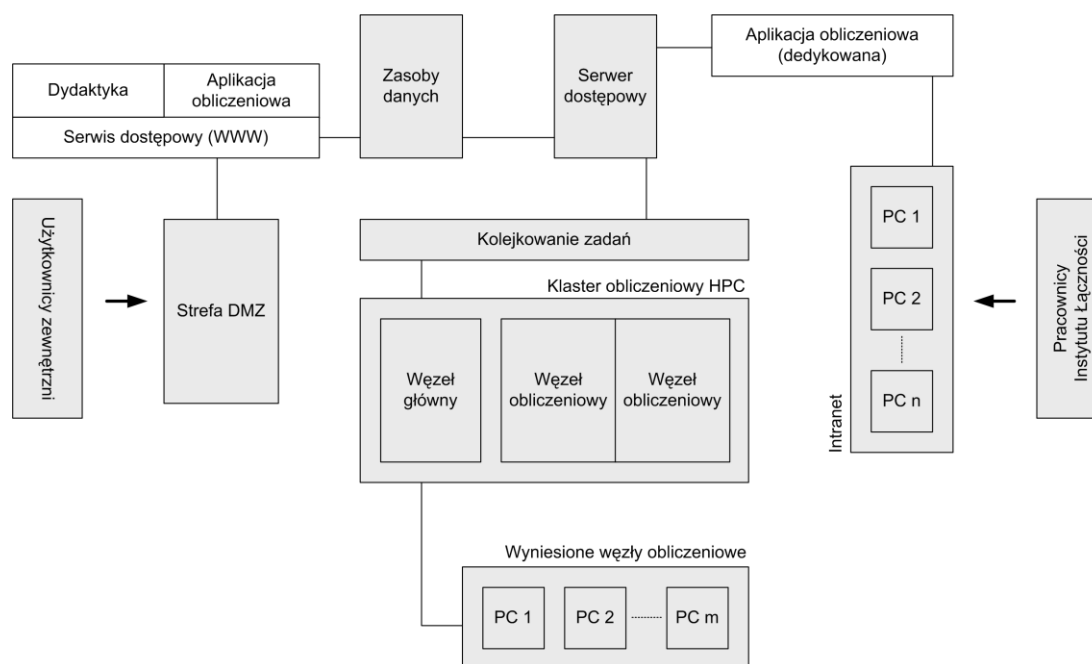
Ponadto w wielu przypadkach (np. dla pasm UKF, VHF, UHF) wykonywanie analiz zasięgów i kompatybilności elektromagnetycznej wymaga posiadania baz danych o stacjach celem oceny i uwzględniania istniejących poziomów zakłóceń interferencyjnych. Bazy tego typu są utrzymywane i aktualizowane przez wrocławski Oddział Instytutu Łączności od lat osiemdziesiątych XX wieku, kiedy to jednostka ta współpracując z ówczesnym Ministerstwem Łączności była głównym i jedynym w kraju dysponentem zarządzającym bazami danych o stacjach krajowych i zagranicznych. Aktualne bazy danych pozwalają na prawidłowe prowadzenie bieżących prac analitycznych.

### **4. Realizacja systemu**

Posiadając duże doświadczenie i wiedzę w zakresie gospodarki częstotliwościowej, metod planowania systemów radiowych i analiz kompatybilności systemów radiowych oraz chcąc spopularyzować wiedzę w dziedzinie łączności cyfrowej i stworzyć dla nadawców i operatorów fachową pomoc i wsparcie procesu poprawnego planowania nowoczesnych cyfrowych systemów łączności radiowej, zespół w Instytucie Łączności tworzy system informatyczny PIAST umożliwiający wspomaganie procesu planowania systemów radiokomunikacyjnych, oceny kompatybilności pomiędzy istniejącymi i nowo wprowadzanimi na rynek systemami. Zwiększenie wydajności jak i możliwości obliczeniowych wymaga rozbudowy systemu informatycznego oraz rozbudowywania oprogramowania własnego, umożliwiającego analizy dowolnych systemów radiowych. W skład projektowanych aplikacji można wymienić te pozwalające na

np. przeprowadzenie obliczeń zasięgów sieci i ich optymalizacji oraz wyznaczanie na ich podstawie np. pokrycia ludnościowego na danym obszarze lub też np. wyznaczanie białych przestrzeni (*White Spaces*) dla usług związanych z systemami radia kognitywnego (*Cognitive Radio*),

Wymogiem postawionym systemowi było spełnienie kilku podstawowych warunków, jakie założono we wstępnych pracach projektowych – musi on być skalowalny, zarządzalny i powinien obsługiwać różne kategorie użytkowników charakteryzujących się różnymi potrzebami i wymaganiami, przy czym w ogólnym stopniu definiuje się po pierwsze dwie kategorie tj. użytkowników wewnętrznych (pracownicy Instytutu Łączności) oraz użytkowników zewnętrznych, dla których przewidziano dostęp WWW, co w dużej mierze pozwala na efektywny sposób stosowania opracowanych rozwiązań niezależnie od typu urządzeń klienckich i zainstalowanych na nich systemów operacyjnych. Na rys 1. Przedstawiono funkcjonalny schemat projektowanej platformy. Jednym ze sposobów zapewnienia skalowalności jest wdrożenie wysoko wydajnościowego klastra obliczeniowego, którego głównym zadaniem jest wykonywanie kolejgowanych zadań o charakterze obliczeniowym. Mając na uwadze różne zapotrzebowanie na dysponowaną moc obliczeniową przez różne aplikacje oraz zmienną złożoność obliczeń w zależności od parametrów wejściowych (jak np. powierzchnia terenu lub rozdzielczość analizy w przypadku symulacji zasięgów radiowych planowanych systemów) wykorzystana infrastruktura sieciowa i rozwijane oprogramowanie powinno zapewniać zwiększenie mocy obliczeniowych w szybkim czasie, również w trybie *ad hoc*. Zastosowane rozwiązania umożliwiają dowolną rozbudowę systemu poprzez zakup i wdrożenie nowego sprzętu lub tymczasowe zwiększenie mocy obliczeniowych rzędu kilkaset Gigaflopsów, dzięki możliwości dołączenia także stacji roboczych w roli dodatkowych węzłów obliczeniowych klastra.

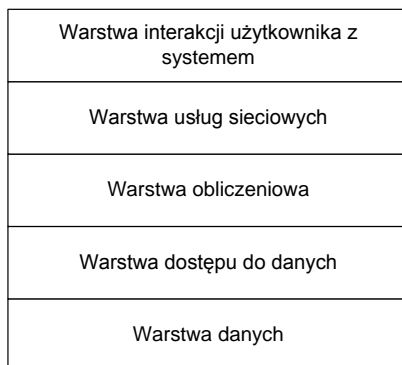


Rys. 1. Schemat funkcjonalny projektowanej platformy informatycznej PIAST.

Poza zastosowaniem projektowanej platformy dla powyżej opisanych usług typu HPC (*High Performance Computing*) opracowywana jest platforma *Web* dla dowolnych użytkowników (także bezpłatnych), którzy za pomocą serwisu WWW będą mogli nieodpłatnie przeprowadzać proste obliczenia i analizy jak np. wyznaczanie tłumienia dyfrakcyjnego różnymi metodami, odczytać profil terenu i wyznaczyć strefy Fresnela czy symulować natężenie pola elektrycznego na zadanym obszarze. Założono także udostępnienie przez serwis WWW wybranych funkcji dydaktycznych,

tym samym w otwartych zasobach danych zostaną umieszczone dokumenty i opracowani Instytutu Łączności z możliwością bezpłatnego pobrania.

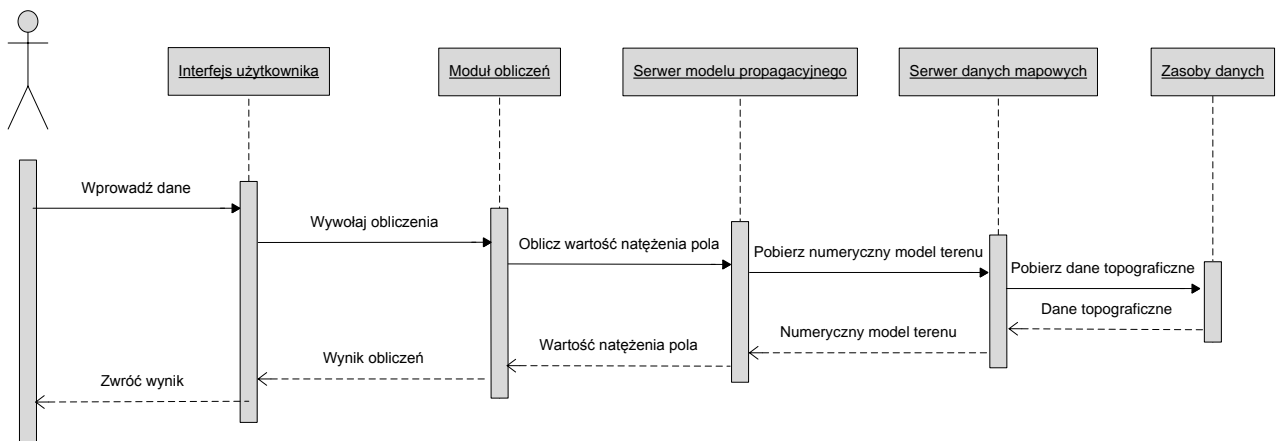
Projektowana platforma zorganizowana jest w oparciu o architekturę wielowarstwową, gdzie opracowano warstwy: interakcji użytkownika z systemem, usług sieciowych, obliczeniowa, dostępu do danych oraz danych (rys. 2).



Rysunek 2: Model warstwowy platformy PIAST.

Najniższą warstwą systemu są zasoby danych, do których należą m.in. cyfrowe mapy wysokości terenu, przeszkód terenowych i zabudowy na danym terenie oraz bazy danych administracyjnych. Dostęp do danych możliwy będzie poprzez określone interfejsy, definiujące właściwości i metody pobierania danych. Poszczególne warstwy systemu komunikują się pomiędzy sobą z wykorzystaniem instancji obiektów interfejsów. Wywołanie w danej warstwie metody interfejsu z innej warstwy będzie odbywało się w sposób asynchroniczny. Wywoływana metoda interfejsu ma być zaimplementowana w postaci aplikacji serwerowej. Rozwiązanie takie pozwala na elastyczne modyfikacje aplikacji serwerowych, bez konieczności rekompilowania całego systemu, pod warunkiem, że nie zmienia się definicja interfejsu. Użytkownik będzie miał możliwość wprowadzania danych wymaganych do wykonania obliczeń i otrzymywania wyników poprzez warstwę interakcji użytkownika z systemem opartą o interfejs graficzny, zrealizowany jako strona WWW lub jako dedykowana aplikacja instalowana u użytkownika, komunikująca się poprzez sieć internetową z systemem za pomocą usług sieciowych. Wymiana informacji pomiędzy systemem (serwerem) a klientem odbywa się w trybie asynchronicznym. Po wprowadzeniu danych, ich weryfikacji i transferu do systemu, po stronie systemu następuje wywołanie procesu obliczeniowego. Całość systemu osadzona jest w środowisku Microsoft .NET. Zaletą takiego rozwiązania jest obecność środowiska .NET jako elementu systemu operacyjnego dostępnego zarówno na platformie 32-bitowej jak i 64-bitowej.

Na rysunku 3 przedstawiono przykładową procedurę wyznaczenia tłumienia w oparciu o wykorzystanie serwera modelu propagacyjnych oraz ukształtowania terenu. Użytkownik wprowadza dane za pomocą GUI, po wykonaniu ich walidacji przesyłane są do modułu obliczeniowego, który komunikuje się z odpowiednią aplikacją, w tym przypadku serwerem wskazanego przez użytkownika modelu propagacyjnego. Jeżeli model tak jak w powyższym przypadku korzysta z dodatkowych danych, aplikacja komunikuje się w tym celu z określonym serwerem (tu: danych mapowych), który z kolei sięga do zasobów danych w postaci plików płaskich lub relacyjnych baz danych. Modularność i wielowarstwowość projektowanej platformy zapewnia ułatwienie integracji rozwijanych przez zespół kolejnych elementów składowych, jak i łatwą rozbudowę oraz skalowalność.



Rysunek 3: Uproszczony diagram sekwencji wyznaczenia natężenia pola elektrycznego w danym punkcie na rzeczywistym terenie.

## 5. Potencjalni odbiorcy i użytkownicy platformy PIAST

Oprócz wykorzystywania platformy obliczeniowej PIAST dla potrzeb własnych w Instytucie Łączności, odbiorcami prac wykonywanych z wykorzystaniem tworzonego systemu informatycznego mogą być uczelnie wyższe, urzędy, nadawcy radiowi i telewizyjni, operatorzy telekomunikacyjni, firmy komercyjne z branży radiodfuzyjnej czy szerzej telekomunikacyjnej oraz teleinformatycznej, które już wcześniej korzystały z prac wykonanych w Instytucie Łączności oraz zupełnie nowe podmioty, dla których np. uruchomienie sieci łączności bezprzewodowej czy to do własnych celów telekomunikacyjnych, teleinformatycznych czy też sieci bezprzewodowych czujników stanowić będzie tylko jeden z elementów innego większego projektu.

Z tworzonej platformy informatycznej będą mogły korzystać uczelnie wyższe z całego kraju zarówno do celów dydaktycznych jak i realizacji wspólnych i własnych projektów badawczych. W najbliższym czasie, wraz z rozwojem systemu możliwe stanie się udostępnianie zdalne aplikacji zainteresowanym uczelniom wyższym w Polsce.

W Instytucie Łączności rozwijane są od lat w ramach prac badawczych własne metody analityczne kompatybilności elektromagnetycznej, które stają się dodatkowymi elementami modułów rozwijanego oprogramowania. Posiadanie własnych baz danych zawierających informacje o stacjach nadawczych oraz prace nad wdrażaniem własnych metod analitycznych leżą u podstaw szczególnie skutecznego przeprowadzenia projektu PIAST w Instytucie Łączności i są źródłem przewagi programu nad innymi konkurencyjnymi, licencjonowanymi rozwiązaniami zakupionymi za granicą i używanymi przez krajowych operatorów. Operatorzy wykorzystują zasadniczo systemy dedykowane do określonego typu transmisji (np. GSM, UMTS, 4G) nieposiadające szerokiej możliwości analiz pozostałych systemów radiowych, a zwłaszcza nieposiadające modułów obliczeń wzajemnych zakłóceń interferencyjnych i kompatybilności między różnymi systemami radiowymi. Nie mają też możliwości ingerencji w istniejące oprogramowanie, dowolnie kształtując modele propagacyjne, kryteria kompatybilności i metody analityczne. Budowana platforma informatyczna nie ma w tym względzie żadnych ograniczeń i jest w pełni elastyczna, rozwijalna i modyfikowalna.

## 6. Podsumowanie

Instytut Łączności współpracuje przy tworzeniu metod analiz kompatybilności elektromagnetycznej w ramach Europejskiej Konferencji Telekomunikacji i Poczty (CEPT), Europejskiej Komisji Łączności (ECC) oraz Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego (ITU) a także współtworzy oprogramowanie dedykowane do takich analiz na poziomie europejskim (Europejskie Biuro Łączności ECO – oprogramowanie SEAMCAT), w związku

z czym elementy projektu będą wykorzystywane również na forum europejskim i światowym. Rozwijane metody badawcze implementowane w platformie informatycznej do celów analiz propagacyjnych i kompatybilności międzysystemowej oraz wyniki obliczeń uzyskanych dzięki tworzeniu tej platformy przyczynią się więc do korzystniejszej współpracy w zakresie nauki i techniki na poziomie europejskim i światowym. Weryfikowanie proponowanych modeli i wykorzystywanie ich na poziomie europejskim i światowym stanowić będzie gwarancję najwyższej jakości uzyskiwanych wyników, wykonywania analiz według najnowszych trendów i uwzględniania najnowszych, aktualnych wyników badań na świecie. Dzięki odpowiednim zakupom i rozbudowie infrastruktury sprzętowej uzyskane moce obliczeniowe klastra zapewnią właściwą szybkość obliczeń zarówno w środowisku Instytutu Łączności jak i korzystających z systemu uczelni wyższych i firm komercyjnych. Stworzenie i udostępnienie baz publikacji i baz wiedzy a także aplikacji dedykowanej do dydaktyki pozwoli na popularyzowanie dziedziny analiz systemów bezprzewodowych w toku studiów a dodanie wybranych bezpłatnych funkcji analitycznych upowszechni korzystanie z systemu wśród wszystkich zainteresowanych. System z powodzeniem będzie mógł być wykorzystywany jako referencyjny w przypadku rozbieżności między różnymi podmiotami czy w sytuacjach udzielania zamówień publicznych. Wzrastająca mnogość systemów, aplikacji i usług bezprzewodowych oraz rosnące potrzeby współużytkowania widma radiowego wskazują, że powstający system ma przed sobą jeszcze wiele lat wykorzystywania i dalszego rozwoju.

## Literatura

1. *Final Acts of the RRC-06*, Geneva, 2006.
2. *The World in 2009: ICT fact and figures*, ITU Telecom World 2009, Geneva, 2009.
3. *Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011-2016*, Cisco, 2012.
4. M. Beale, Y. Morioka, *Wireless machine-to-machine communication*, Proceedings of the 41st Microwave Conference (EuMC), 2011.
5. Y. Chen, W. Wang, *Machine-to-Machine communication in LTE-A*, Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2010-Fall), 2010.
6. H. Furtado, R. Trobec, *Applications of wireless sensors in medicine*, Proceedings of the 34th International Convention, 2011.
7. T. Arampatzis, J. Lygeros, S. Manesis, *A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks*, Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation, 2005.
8. *Raport o stanie rynku telekomunikacyjnego w Polsce w 2010 roku*, Prezes Urzędu Komunikacji Elektronicznej, Warszawa, 2011.
9. S. Forge, R. Horvitz, C. Blackman, *Perspectives on the value of shared spectrum access – Final Report for the European Commission*, 2012.
10. *Studium wykonalności projektu: Platforma informatyczna do celów analiz propagacyjnych, kompatybilności elektromagnetycznej i optymalizacji sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych*, Wrocław, Warszawa 2010

Projekt *Platforma informatyczna do celów analiz propagacyjnych, kompatybilności elektromagnetycznej i optymalizacji sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych* nr: WND - POIG.02.03.00-00-012/10 jest realizowany przez Zakład Kompatybilności Elektromagnetycznej we Wrocławiu Instytutu Łączności w latach 2010-2013. Projekt jest współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Działania 2.3 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013. Inwestycje związane z rozwojem infrastruktury informatycznej nauki.