

Instytut Łączności wobec wyzwań związanych z wdrażaniem sieci 5G w Polsce

Piotr Krawiec

Jordi Mongay Batalla

Mariusz Gajewski

Konrad Sienkiewicz

Piotr Wiśniewski

Waldemar Latoszek

W artykule zaprezentowano korzyści gospodarcze płynące z wdrożenia nowej generacji sieci mobilnych, tzw. sieci 5G, oraz omówiono wynikające z nich efekty społeczne, w tym spodziewany wpływ na rozwój społeczeństwa informacyjnego. Następnie przedstawiono wyzwania związane z wdrażaniem 5G w Polsce. W głównej mierze wynikają one z obecności barier o charakterze technicznym, ekonomicznym i prawnym, które mogą spowolnić proces wdrażania 5G w Polsce. W artykule przedstawiono również inicjatywy mające na celu identyfikację barier wdrażania sieci 5G oraz potencjalne sposoby ich likwidacji. W tym kontekście przedstawiono działania Instytutu Łączności na rzecz wdrażania 5G w Polsce, w tym poprzez organizację prac w kierowanym przez Ministra Cyfryzacji Porozumieniu na rzecz Strategii „5G dla Polski” oraz uczestnictwo w projekcie 5G@PL realizowanym w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków – Gospostrateg”.

5G, eMBB, sieci mobilne, wdrożenie 5G

Wstęp

Zgodnie z obserwowanymi światowymi trendami, sieci mobilne nowej, 5. generacji (5G) będą stanowiły fundament rozwoju nowych usług i aplikacji, które dokonają znaczących zmian w wielu gałęziach gospodarki, doprowadzając w efekcie do radykalnej transformacji naszego codziennego życia. Umożliwią one wdrożenie innowacyjnych koncepcji, takich jak Inteligentne Miasta, Inteligentne Systemy Transportowe, Przemysł 4.0, przekształcając dotychczasowe modele biznesowe i wprowadzając nowe. Sieci 5G całkowicie zmienią sposoby interakcji pomiędzy urządzeniami mobilnymi i otaczającym użytkowników końcowych środowiskiem. Z tego względu bezzwłoczne wdrożenie sieci 5G będzie prowadziło do wzmocnienia konkurencyjności i innowacyjności gospodarki kraju, dając szansę polskim pomiotom gospodarczym na umocnienie swojej pozycji w technologicznie zaawansowanych obszarach. W tej sytuacji kluczowym jest stworzenie odpowiedniego klimatu oraz zachęt dla działań związanych z tym procesem, które w rezultacie umożliwią wdrożenie sieci 5G w Polsce w sposób efektywny pod kątem ekonomicznym i terminowym, co pozwoli Polsce dołączyć do grona pionierów w obszarze ich wykorzystania. Przyniesie to istotne korzyści dla polskiej gospodarki poprzez intensyfikację rozwoju technologicznego dzięki tworzeniu innowacyjnych usług i aplikacji, bazujących na funkcjonalności oferowanej przez 5G.

W szczególności, warunki sprzyjające rozwojowi sieci 5G będą tworzone przy użyciu polityki regulacyjnej i inwestycyjnej. Wypracowanie i wdrożenie odpowiednich regulacji prawnych oraz zachęt inwestycyjnych powinno przyczynić się z jednej strony do uzyskania przez nasz kraj pozycji lidera wdrożenia 5G. Z drugiej strony, wdrożenie efektywnej polityki wspierającej budowę infrastruktury dla 5G przyczyni się do zapewnienia zrównoważonego rozwoju sieci 5G na terenie całego kraju, zapobiegając powstawaniu obszarów bez dostępu do tej sieci.

Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy (IŁ-PIB) również włączył się w proces tworzenia uwarunkowań sprzyjających budowie sieci 5G jak i innowacyjnych rozwiązań na niej bazujących. Jako jednostka podległa Ministerstwu Cyfryzacji (MC), IŁ-PIB zaangażowany jest w działania związane z identyfikacją oraz usuwaniem barier prawnych, technologicznych i ekonomicznych, skutkujące wprowadzeniem nowych przepisów i regulacji usprawniających wdrożenie 5G. We wrześniu 2017 roku Ministerstwo Cyfryzacji, we współpracy z Urzędem Komunikacji Elektronicznej (UKE), zawiązało Porozumienie na Rzecz Strategii „5G dla Polski”, w którym IŁ-PIB pełni rolę organizatora prac. Od momentu zainicjowania prac Porozumienia, przedstawiciele MC, UKE i IŁ-PIB, wraz z reprezentantami wszystkich zrzeszonych operatorów sieci mobilnych, firm z sektora ICT (*Information and Communications Technologies*) oraz instytucji naukowych i uczelni, podjęli się rozmów oraz wspólnego działania na rzecz wdrożenia sieci 5G w Polsce. Współpraca IŁ-PIB w ramach Porozumienia, choć zaowocowała już wieloma inicjatywami skupionymi wokół 5G zarówno we współpracy z Ministerstwem Cyfryzacji, polskimi uczelniami, jak i podmiotami związanymi z rynkiem ICT, dopiero rozpoczyna drogę pełną wyzwań i szans.

Sieci mobilne piątej generacji

Sieć 5G wychodzi naprzeciw potrzebom wynikającym z rosnących wymagań użytkowników sieci mobilnych, w tym m.in. rosnącej liczby urządzeń, jak również wymagań jakościowych narzucanych przez aplikacje. Ze względu na rosnące potrzeby użytkowników mobilnych przyjmuje się, że docelowe parametry techniczne sieci 5G powinny w sposób znaczący przewyższać parametry obecnych sieci mobilnych. Oznacza to, że infrastruktura sieci 5G powinna umożliwić: transmisję bezprzewodową z gigabitową przepustowością, zmniejszenie opóźnień transferu pakietów do poziomu kilku milisekund oraz obsługę do kilkuset tysięcy terminali na kilometr kwadratowy. Obok nowoczesnej części radiowej oraz wydajnej sieci szkieletowej, istotnym komponentem infrastruktury 5G będzie również platforma sprzętowo-programowa umożliwiająca szybkie oraz efektywne ekonomicznie kreowanie i oferowanie nowych usług wielu grupom użytkowników. Takie podejście do kreacji i dostarczania usług oznacza, że usługi te będą mogły być świadczone w oparciu o różne modele biznesowe, co w konsekwencji poszerzy liczbę podmiotów zainteresowanych świadczeniem usług [1]. Dzięki temu zwiększy się liczba i jakość oferowanych usług mobilnych oraz powiększy się liczba ich użytkowników.

W szczególności oczekuje się, że wpływ 5G na branżę motoryzacyjną, bezpieczeństwa publicznego, wytwarzania zaawansowanych technologii, usług cyfrowych i internetowych, ochrony zdrowia, usług finansowych, medialną i gier wideo oraz Internetu Rzeczy (*Internet of Things – IoT*), doprowadzą do radykalnej transformacji naszego codziennego życia. Dzięki wdrożeniu 5G wszystkie innowacyjne scenariusze zastosowań (autonomiczne samochody, Inteligentne Miasta – *Smart Cities*, Inteligentny Transport – *Smart Transportation*, Inteligentne Rolnictwo – *Smart Farming* itp.), wymagające bardzo małych opóźnień, dużych przepływności, pełnego wsparcia dla niezawodności i mobilności jak również ciągłej dostępności usług komunikacyjnych, przełamią ostateczną barierę technologiczną, całkowicie zmieniając obecnie istniejącą koncepcję interakcji z maszynami. Wśród ekspertów oraz instytucji sektora telekomunikacyjnego panuje przekonanie, że 5G będzie skutkowało technologiczną rewolucją, gdyż w sposób wirtualny wszystko i wszędzie będzie ze sobą wzajemnie połączone, co w rezultacie wygeneruje znaczące dodatkowe dochody podmiotom gospodarczym oraz wykreuje wiele nowych miejsc pracy na całym świecie [2].

Efekty gospodarcze wdrożenia sieci 5G

Specjaliści z IHS Markit szacują, że w latach 2020–2035, w skali światowej, technologia 5G będzie odpowiedzialna za wygenerowanie dodatkowych 7% w całkowitym rocznym wzroście PKB [1]. Szacunek ten wynika zarówno z tzw. efektu sprzedaży 5G, jak również z potencjalnych zysków związanych z możliwościami reformowania i modernizacji praktyk biznesowych. Zaprezentowane w raporcie [3] wyniki analiz przeprowadzonych na rzecz Komisji Europejskiej wskazują, że do roku 2020 r. państwa należące do Unii Europejskiej mają zainwestować około 56,6 mld euro w rozwój sieci 5G, co w 2025 r. przyniesie roczne przychody w głównych sektorach gospodarki w wysokości około 113,1 mld euro, w tym 62,5 mld euro z tytułu świadczeń pierwszego rzędu oraz 50,6 mld euro w skutkach drugiego rzędu (przy czym 63% tych korzyści powstanie w sektorze biznesowym, zaś pozostałe 37% obejmie użytkowników i społeczeństwo) [3]. Szacuje się, że efekt 5G stworzy – bezpośrednio i pośrednio – prawie 2,4 mln miejsc pracy w całej UE. Zaprezentowane w [3] badania obejmowały cztery gałęzie gospodarki, które najprawdopodobniej znajdą się w czołówce 5G: motoryzacja, służba zdrowia, transport i sektor energetyczny. Korzyści pierwszego rzędu w tych branżach stanowią bezpośrednie korzyści dla producentów towarów i usług. Motoryzacja jest zdecydowanie najsilniejszą kategorią, która w 2025 r. powinna przynieść korzyść w wysokości 42,2 mld euro przewyższając pozostałe sektory: opiekę zdrowotną (8,3 mld euro), usługi komunalne (6,5 mld euro) oraz transport (5,5 mld euro).

Sieci 5G otworzą nowe możliwości szerokiego korzystania z innowacyjnych usług, które obecnie znajdują się w fazie testów bądź w początkowym stadium wprowadzania na rynek. Jednym z przykładów jest wykorzystanie komunikacji 5G w inteligentnych pojazdach, które dzięki infrastrukturze 5G uzyskają dostęp do informacji z otoczenia, co dostarczy kierowcy narzędzi pomagających podejmować mu decyzję lub wręcz wyręczy go w działaniu w krytycznych momentach – np. w konieczności nagłego hamowania. Zastosowanie techniki 5G w sektorze motoryzacyjnym nie tylko podkreśli potencjał 5G, ale również znacząco zwiększy korzyści społeczne, między innymi poprzez optymalizację natężenia ruchu drogowego, zmniejszenie zużycia infrastruktury, redukcję emisji gazów cieplarnianych, przede wszystkim zaś zwiększając bezpieczeństwo użytkowników dróg. W tym kontekście pokrewnym zagadnieniem jest wdrożenie do eksploatacji pojazdów autonomicznych, które korzystając z komunikacji zapewnianej przez sieci 5G będą w stanie w krótkim czasie pozyskiwać duże ilości danych niezbędnych do podejmowania decyzji. Korzystając z szybkich łączy bezprzewodowych, również procesy nadzorujące poruszające się pojazdy będą w stanie wykryć sytuacje wymagające interakcji z człowiekiem.

Parametry techniczne sieci 5G będą również jednym z czynników wpływających w znaczący sposób na rozwój telemedycyny, podnosząc jakość życia wielu obywateli. Sprzyjać temu będzie nie tylko dostępność usługi transmisji danych o żądanych parametrach zapewnianej przez sieć 5G, lecz również postępująca miniaturyzacja oraz wydajność i energooszczędność układów będących komponentami urządzeń wykorzystywanych w telemedycynie. Ponadto, technologia 5G umożliwi również szybkie reagowanie w sytuacji, gdy wymagana jest interwencja medyczna, co z kolei będzie możliwe dzięki rozwijającej się usłudze monitoringu osób chorych i starszych. Także w sytuacjach krytycznych, dostęp do sieci o wysokiej przepustowości będzie dawał możliwość natychmiastowego przesyłania wyników badań do szpitala w przypadku konsultacji jak i zdalnej pomocy zespołu lekarskiego, znajdującego się w odległej lokalizacji.

Segmentem, który będzie mógł się dynamicznie rozwijać dzięki zapewnieniu powszechnego, szerokopasmowego mobilnego dostępu do Internetu poprzez sieć 5G, jest także rynek e-commerce. Już obec-

nie w naszym kraju sprzedaż online co roku zwiększa swoją wartość. Jak prognozują eksperci, należy oczekiwać znaczącego wzrostu rynku e-commerce w Polsce w nadchodzących latach. Natomiast jednym z najważniejszych stymulatorów jego rozwoju będzie tzw. m-commerce, czyli zakupy realizowane za pośrednictwem aplikacji mobilnych. Warto jednocześnie zauważyć, że trend rosnącej wartości sprzedanych dóbr za pośrednictwem sieci mobilnych jest w dużym stopniu wspierany sprzedażą treści rozrywkowych. Przykładem są dedykowane aplikacje zapewniające dostęp do tego typu treści. Ze względu na oferowane parametry techniczne, sieci 5G będą umożliwiały dystrybucję wysokiej jakości materiału na imprezach masowych, uwzględniając np. widoki z różnych kamer rozmieszczonych na stadionie. Innym przykładem jest rynek gier wideo, gdzie tendencje są podobne. Obserwowany jest wzrost popularności gier online, który prawdopodobnie zostanie utrzymany, gdyż producenci gier zapowiadają wprowadzenie rozwiązań z zakresu rozszerzonej (*Augmented Reality* – AR) i wirtualnej rzeczywistości (*Virtual Reality* – VR).

Cechą wyróżniającą nie tylko technologię 5G, ale również podejście do wykorzystania pozyskiwanych danych, będzie w najbliższych latach integracja dużych wolumenów danych pochodzących z wielu źródeł wraz z wszechobecnym i wydajnym dostępem do infrastruktury sieciowej. Celem tego procesu jest udostępnienie społeczeństwu szeregu nowych usług. W tym zakresie sieci 5G posłużą przede wszystkim do zapewnienia komunikacji pomiędzy źródłem danych a odbiorcą przetworzonej informacji. Technologia 5G zostanie także zastosowana w Inteligentnych Miastach poprzez wykorzystanie możliwości jakie daje dostęp szerokopasmowy eMBB (*enhanced Mobile Broadband*) oraz zasoby obliczeniowe MEC (*Mobile Edge Computing*), co obniży koszty, poprawi jakość oraz niezawodność usług oraz wprowadzi nową jakość w *Smart Cities*.

Efekty społeczne

Rozwój sieci 5G oraz aplikacji wykorzystujących ich możliwości będzie miał kluczowe znaczenie dla rozwoju społeczeństwa informacyjnego. Wpływ ten będzie widoczny w każdej sferze życia: od nauki, poprzez system ochrony zdrowia, kontakt z jednostkami administracji publicznej, codzienne obowiązki, aż po rozrywkę. Ponadto, kompleksowe wdrożenie sieci 5G na terenie całej Polski zapewni jednakowe szanse mieszkańcom niewielkich miejscowości jak i dużych miast w dostępie do tych usług. Dzięki sieciom 5G stworzone zostaną warunki do realizacji nowych usług, które m.in. pomogą niwelować nierówności w dostępie do rynku pracy poprzez wsparcie technologiczne pracy zdalnej, czy usuwanie barier w dostępie do służby zdrowia poprzez uruchomienie zaawansowanych, zdalnych usług e-zdrowia, wykorzystujących np. aplikacje rozszerzonej rzeczywistości czy wirtualnej rzeczywistości.

Wdrożenie sieci 5G znacznie zwiększy wykorzystanie urządzeń Internetu Rzeczy. W konsekwencji, możliwe będzie pozyskiwanie na bieżąco informacji pochodzących ze świata rzeczywistego. Dzięki analizie i integracji ogromnych ilości gromadzonych danych instytucje publiczne będą w stanie zapobiegać bądź łagodzić pojawiające się problemy, opierając się przy tym na ścisłej kooperacji zainteresowanych podmiotów, zarówno z sektora publicznego jak i prywatnego. Kluczowe znaczenie będzie miało uwzględnienie aspektów społecznych, ponieważ użytkownicy będą odgrywali istotną rolę w procesie pozyskiwania informacji o zaobserwowanym stanie swojego otoczenia (m.in. poprzez zgłaszanie informacji za pomocą innowacyjnych aplikacji mobilnych). Usługi i aplikacje wykorzystujące możliwości sieci 5G dostarczą narzędzi zapewniających łatwą interakcję i współpracę pomiędzy instytucjami publicznymi a społeczeństwem, zapewniając tym samym współuczestniczenie wszystkich zainteresowanych podmiotów w procesie zarządzania zarówno na poziomie administracji lokalnej, jak i ogólnokrajowej.

Jak wskazują badania [4], wciąż nie słabnie globalne zainteresowanie aplikacjami mobilnymi, których działanie opiera się na powiązaniach społecznościowych. Wzrost przepustowości sieci i znacznie większe możliwości obsługi dużej liczby terminali z pewnością trend ten będą wspierać w najbliższej przyszłości. W szczególności, możliwość szybkiego udostępniania treści multimedialnych poprzez aplikacje platform społecznościowych jest czynnikiem, który projektanci sieci 5G będą brać pod uwagę.

Wyzwania związane z wdrażaniem 5G w Polsce

Nie ma wątpliwości, że 5G zostanie wdrożone [5], jednakże okres konieczny do urzeczywistnienia tej rewolucji będzie zależał od tego, w jaki sposób jesteśmy w stanie stawić czoła istniejącym obecnie barierom technologicznym, prawnym (włączając w to zagadnienia normalizacyjne) oraz ekonomicznym. Najbardziej problematyczne kwestie technologiczne związane z wdrożeniem sieci 5G w Polsce, jak również istniejące luki prawne oraz potencjalne zagrożenia biznesowe (bariery ekonomiczne), zostały zaprezentowane poniżej.

Precyzując obszar związany z występowaniem barier technologicznych, należy zauważyć, że bariery te odnoszą się głównie do tzw. rozszerzonego szerokopasmowego dostępu mobilnego eMBB (*enhanced Mobile Broadband*), który jest jedną z najważniejszych właściwości 5G. Niektóre aspekty powiązane z eMBB, takie, jak: brak wolnych zasobów częstotliwości, które mogłyby zostać przeznaczone na wdrożenie 5G, oraz brak przepisów prawnych pozwalających na sprawne przeprowadzenie *refarmingu* częstotliwości pozwalającego te zasoby pozyskać, muszą zostać uregulowane przez kompetentne organy regulacyjne, tak aby można było je wdrożyć w krajowej infrastrukturze 5G. Niemniej jednak, regulacje te wymagają wcześniejszych dogłębnych analiz dotyczących zagadnień technologicznych związanych z eMBB, uwzględniających również aktualnie opracowywane dokumenty normalizacyjne w obszarze 5G. Wyniki przeprowadzonych analiz powinny następnie posłużyć do opracowania regulacji prawnych, tak aby możliwe było dostarczenie rozwiązań eMBB, które będą mogły być zrealizowane w Polsce. Zakłada się, że zakres analiz ukierunkowanych na likwidację zidentyfikowanych dotychczas barier technologicznych, ekonomicznych i prawnych będzie obejmował:

- rozszerzenie zasięgu w obszarach obsługujących duże wolumeny ruchu (*hotspots areas*) oraz w obszarach rozległych (*wide areas*). Celem tych badań powinno być opracowanie rozwiązań pozwalających na uzyskanie efektywnej komunikacji typu urządzenie-urządzenie (*Machine-to-Machine – M2M*) w obszarach typu hotspot cechujących się dużą gęstością użytkowników, bardzo dużym zapotrzebowaniem na pasmo i małą mobilnością terminali. Realizowane prace będą dotyczyły głównie technik wielodostępu radiowego multi-RAT (*multi-Radio Access Technology*). Drugi cel to zapewnienie pełnego pokrycia sygnałem radiowym na obszarach rozległych. W tym zakresie prace powinny zostać ukierunkowane w głównej mierze na sieciach rozległych o niskim poborze mocy LPWAN (*Low-Power Wide-Area Network*).
- ułatwienie implementacji innowacyjnych usług i aplikacji, które będą działały w sieci 5G. W szczególności powinna zostać przeprowadzona analiza potencjalnych przeszkód do zbudowania ww. usług i aplikacji oraz przewidywanego zysku ich rozwoju.
- opracowanie koncepcji pomiarów poziomów PEM (pola elektromagnetycznego), uwzględniających wpływ urządzeń wprowadzanych w ramach wdrożenia technologii 5G przy jednoczesnym uwzględnieniu wpływu urządzeń już pracujących w sieciach starszych generacji. Zaproponowanie odnoszących się do sprzętu wymagań, które mają na celu zapewnienie spełniania norm dla

dopuszczalnych wartości PEM. Dodatkowo, powinna zostać przedłożona analiza porównawcza kosztów implementacji technologii 5G w Polsce i innych krajach europejskich w kontekście obowiązujących wymogów dla dopuszczalnych poziomów PEM oraz analizy wpływu wymagań dotyczących dopuszczalnych poziomów PEM na możliwość pełnej implementacji technologii 5G w Polsce.

Zaprezentowane powyżej kluczowe aspekty związane z siecią 5G staną się czynnikiem napędowym dla wprowadzenia i tworzenia wartości dodanej w obrębie gospodarki korzystającej z 5G. Pierwszy z nich odnosi się do rozszerzenia zasięgu sieci komórkowych w obrębie różnorodnych struktur, włączając w to budynki biurowe, urzędy, parki przemysłowe, centra handlowe i inne duże obiekty, jak również podwyższenia możliwości obsługi znacząco większej liczby urządzeń wykorzystujących duże ilości danych, szczególnie w wytypowanych obszarach. Dzięki temu sieci mobilne będą się charakteryzowały większą efektywnością, obniżając koszty transmisji danych w przeliczeniu na jeden bit. Rozszerzenie możliwości obecnej generacji sieci mobilnych, dostępne dzięki nowym specyfikacjom opracowanym przez 3GPP, tj. LTE-A i LTE-A Pro, będzie miało decydujące znaczenie dla operatorów w celu opracowania rozwiązań adresujących wymagania związane z obsługą danych i multimediów w nowych scenariuszach użycia, takich jak aplikacje AR czy VR.

Ostateczny wynik netto powyższych usprawnień polega na tym, że użytkownicy końcowi będą konsekwentnie odczuwali większą satysfakcję z użytkowania mobilnych aplikacji szerokopasmowych, niezależnie od lokalizacji, poprzez:

- zwiększenie pokrycia bezprzewodowym, szerokopasmowym zasięgiem wewnątrz pomieszczeń,
- zwiększenie bezprzewodowego szerokopasmowego dostępu na zewnątrz,
- wdrożenie rozwiązań dotyczących stałego bezprzewodowego szerokopasmowego dostępu,
- pracę zespołową/współpracę przedsiębiorstw,
- szkolenia/edukację,
- rozszerzoną i wirtualną rzeczywistość (AR/VR),
- rozszerzenie możliwości obliczeniowych infrastruktury mobilnej,
- udoskonalone oznakowanie cyfrowe (cyfrowe znaki, infokioski, publiczne ekrany itp.).

Scenariusze użycia odnoszące się do eMBB cechują się największym prawdopodobieństwem wywarcia w nieodległym czasie wpływu na polski rynek ICT. W dużej mierze są one rozszerzeniem funkcjonalności istniejących systemów 4G i powinny być stosunkowo szybko wprowadzane na rynek w momencie komercyjnego udostępnienia infrastruktury sieci 5G, co jest przewidziane na rok 2025, niemniej jednak jest warunkowane likwidacją znaczących barier prawnych i inwestycyjnych. Te z kolei mogą okazać się istotne, ponieważ są obecne już teraz, utrudniając rozwój obecnych sieci mobilnych. W tym obszarze wstępne analizy, bazujące na doświadczeniach operatorów mobilnych, wskazują na następujące czynniki mające wpływ na istnienie barier:

- dopuszczalne poziomy PEM – obecnie w Polsce dopuszczalny poziom PEM w miejscach dostępnych dla ludności wynosi $0,1 \text{ W/m}^2$, podczas gdy w zdecydowanej większości krajów Unii Europejskiej stosuje się limit zgodny z zaleceniami ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), czyli 10 W/m^2 . Z tego powodu w Polsce wystąpią wyraźnie gorsze w porównaniu z innymi krajami Europy możliwości wdrażania systemów 5G,
- niejasność przepisów oraz kwestionowanie trwałości decyzji administracyjnych dotyczących sieci mobilnych,
- przeszkody w pozyskiwaniu zgód na lokalizację nowych stacji bazowych,

Konieczne jest wprowadzenie uproszczeń w zakresie działania organów architektoniczno-budowlanych oraz środowiskowych, skutkujących usprawnieniem procesów budowy nowej infrastruktury sieci 5G, obejmującej nie tylko stacje bazowe, ale również infrastrukturę sieci dosyłowej.

Likwidując bariery hamujące inwestycje związane z budową sieci 5G powinno się dążyć do stworzenia silnego, niezależnego systemu prawnego poprzez stworzenie stabilnego i przejrzystego otoczenia regulacyjnego. Takie podejście będzie sprzyjać zarówno inwestorom, jak i konsumentom, w przewidywaniu decyzji regulacyjnych oraz ograniczeniu ryzyka, a ponadto zwiększa zaufanie inwestorów. W szerszym kontekście, polityka wspierająca wdrażanie sieci 5G powinna być ukierunkowana na umożliwienie jak najszybszego i najefektywniejszego wdrożenia sieci 5G w Polsce poprzez opracowanie regulacji prawnych koniecznych do wdrożenia sieci 5G, zapewnienie wsparcia przedsiębiorstwom we wdrożeniu sieci 5G, jak również popularyzację sieci 5G zarówno w sektorze przedsiębiorstw, jak i administracyjnym oraz w społeczeństwie.

Należy również zauważyć, że obszary, w których zidentyfikowano istnienie barier, często przenikają się. Taka sytuacja występuje w przypadku barier inwestycyjnych, które z natury mają charakter prawny (np. proces pozyskiwania zgód na lokalizację nowych stacji bazowych), ale dotyczą również aspektów ekonomicznych, wpływając na decyzje biznesowe operatorów (np. jako skutek kwestionowania trwałości decyzji administracyjnych).

Obok barier inwestycyjnych związanych z budową nowych obiektów telekomunikacyjnych bądź adaptacją istniejących do nowych zadań, kolejne obszary wymagające regulacji definiowane są poprzez zastosowanie nowych technologii, bez których nie jest możliwe pełne wdrożenie 5G. Przykładem może być tutaj planowane wykorzystanie pasm częstotliwości radiowych stosowanych obecnie do innych celów niż 5G (bariery dotyczące gospodarowania częstotliwościami). W tym aspekcie wskazuje się na konieczność uproszczenia i znaczącego przyspieszenia procesów związanych ze zwalnianiem pasma na potrzeby usług telekomunikacyjnych, tak żeby nie wiązały się one z długim okresem oczekiwania na zakończenie wszystkich wymaganych procedur, w którym to okresie zwalniane pasmo pozostaje niewykorzystywane. W zakresie niwelacji barier prawnych zgłaszane są także potrzeby usprawnienia procedur przetargów/aukcji na częstotliwości, tak żeby już na początkowym etapie możliwa była eliminacja podmiotów, które w rzeczywistości nie są zainteresowane budową sieci, a jedynie pozyskaniem pasm częstotliwościowych celem ich dalszej odsprzedaży. Sygnalizowana jest również konieczność usprawnienia postępowania po przetargach i aukcjach na częstotliwość, celem zmniejszenia możliwości uporczywego blokowania procedur ostatecznego zakończenia przetargu/aukcji przez podmioty, które nie uzyskały satysfakcjonującego ich wyniku.

Działania Instytutu Łączności w procesie wdrażania 5G w Polsce

Instytut Łączności – Państwowy Instytut Badawczy jest narodową instytucją prowadzącą badania naukowe i prace rozwojowe w dziedzinie telekomunikacji i teleinformatyki, jak również wykonującą działalność o charakterze interdyscyplinarnym z zakresu prawa telekomunikacyjnego, ekonomiki i społeczeństwa informacyjnego. Do misji Instytutu Łączności należy także zapewnienie wsparcia naukowego, badawczego i technicznego instytucjom państwowym, a także wspomaganie polskich podmiotów gospodarczych w procesie wdrażania najnowszych technologii telekomunikacyjnych oraz informatycznych, w tym bazujących na przyszłych sieciach mobilnych 5G.

Szybkie wdrożenie sieci 5G pozwoli na wzmocnienie konkurencyjności i innowacyjności gospodarki kraju, który tego dokona, dając szansę jego pomiotom gospodarczym na umocnienie swojej pozycji w technologicznie zaawansowanych obszarach związanych z ICT. Dlatego też Unia Europejska czyni wszelkie starania, aby stać się liderem rozwoju 5G, przez nakłanianie państw członkowskich do odpowiedniego przygotowania podstaw dla nadchodzącego skoku technologicznego, jak również stworzenia fundamentów niezbędnej infrastruktury koniecznej do wdrożenia 5G. Najważniejsze dokumenty opracowane przez Komisję Europejską w celu promowania 5G wśród państw członkowskich to [6] oraz [7].

Niektóre z państw UE rozpoczęły już proces opracowywania strategii wdrażania 5G i przygotowują wstępnych dokumentów, które jednakże, w obecnej fazie, przyjęły formę swego rodzaju zapytań publicznych. Na najbardziej zaawansowanym etapie prac są: Hiszpania [8], Wielka Brytania [9] i Niemcy [10]. W Polsce prace nad strategicznymi ustaleniami dotyczącymi wdrażania 5G zostały zainicjowane poprzez zawiązanie porozumienia pomiędzy zainteresowanymi stronami: Ministerstwem Cyfryzacji, Urzędem Komunikacji Elektronicznej, operatorami telekomunikacyjnymi, dostawcami sprzętu, twórcami usług i instytucjami naukowo-badawczymi [11]. Zawiązane Porozumienie na Rzecz Strategii „5G dla Polski” (zwane dalej Porozumieniem 5G) koordynowane jest przez Ministerstwo Cyfryzacji we współpracy z Urzędem Komunikacji Elektronicznej, zaś prace wykonywane w jego ramach są organizowane i zarządzane przez Instytut Łączności. W chwili obecnej Porozumienie 5G integruje blisko 50 firm i ośrodków naukowo-badawczych z całego kraju. Głównym celem instytucji założycielskich Porozumienia (tj. MC, UKE i IŁ-PIB) było stymulowanie tworzenia inicjatyw w zakresie 5G pomiędzy podmiotami komercyjnymi, jak również aktywizacja działań mających na celu przygotowanie optymalnych warunków uczynienia Polski liderem w obszarze wprowadzania technologii 5G. Istotnym elementem realizacji prac przez partnerów skupionych wokół Porozumienia 5G jest identyfikacja obszarów, w których występują bariery hamujące w istotny sposób wdrażanie 5G w Polsce, kolejnym zaś będzie prawne uregulowanie tych obszarów w porozumieniu z zainteresowanymi stronami.

Jak wspomniano wcześniej, dla potrzeb przyszłych regulacji dotyczących 5G konieczne jest przeprowadzenie szczegółowych analiz dotyczących, m.in., zagadnień technicznych związanych z usługą eMBB, z uwzględnieniem prac normalizacyjnych prowadzonych w tym obszarze. Zakres tych zadań jest zbieżny z kompetencjami IŁ-PIB, który wspiera organy administracji centralnej zarówno w obszarze gospodarki widmem jak i w obszarze platform przeznaczonych do przetwarzania danych. Z kolei w kontekście prac normalizacyjnych istotny jest również fakt, że Instytut Łączności jest pełnym członkiem Europejskiego Instytutu Norm Telekomunikacyjnych (ETSI). Ponadto, przedstawiciele IŁ-PIB pełnią funkcje ekspertów w grupach roboczych Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego (ITU), w Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC) oraz w Międzynarodowym Specjalnym Komitecie ds. Zakłóceń Radiowych (CISPR).

Instytut Łączności, dzięki bogatemu doświadczeniu zarówno w obszarze pomiarów PEM, jak i badaniach wpływu PEM na jakość usług, będzie pełnoprawnym uczestnikiem dyskusji oraz działań związanych z aspektami budowy infrastruktury 5G w Polsce. Z kolei przez wzgląd na rolę jaką IŁ-PIB pełni opiniując akty prawne oraz inne dokumenty o charakterze regulacyjnym dla Ministra Cyfryzacji, Prezesa Urzędu Komunikacji Elektronicznej i komisji parlamentarnych, wśród stojących przed Instytutem zadań znajdują się również te związane z prawnymi aspektami wdrażania i funkcjonowania sieci 5G.

W oparciu o prace realizowane w ramach Porozumienia 5G, Ministerstwo Cyfryzacji opracowało projekt Strategii „5G dla Polski”, który na początku 2018 roku został przekazany do konsultacji społecznych. Obecnie, wspólnie z IŁ–PIB, realizowane są działania mające na celu opracowanie planu wdrażania 5G, zawierającego zbiór kluczowych celów i wytycznych dla implementacji sieci 5G. Docelowo, plan ten będzie fundamentem niezbędnym dla opracowania szczegółowych działań, ukierunkowanych na umożliwienie jak najszybszego i najefektywniejszego wdrożenia sieci 5G w Polsce poprzez opracowanie regulacji prawnych koniecznych dla wdrożenia sieci 5G, zapewnienie wsparcia przedsiębiorstwom we wdrożeniu sieci 5G, jak również popularyzację sieci 5G zarówno w sektorze przedsiębiorstw, administracyjnym oraz w społeczeństwie.

Kolejnym działaniem związanym ze wsparciem przez IŁ–PIB tworzenia sieci 5G w Polsce, będącym jednym z efektów prac realizowanych w ramach Porozumienia 5G, było opracowanie wniosku projektowego zatytułowanego „5G@PL: Wdrażanie sieci 5G w gospodarce polskiej”, który uzyskał dofinansowanie w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków – Gospostrateg”. Realizacja działań w ramach projektu 5G@PL rozpocznie się w połowie 2018 roku, planowana jest na trzy lata, zaś całkowity budżet oszacowany został na 8 mln zł.

Projekt 5G@PL realizowany będzie przez konsorcjum złożone z trzech partnerów, wśród których rolę lidera pełni Ministerstwo Cyfryzacji, a pozostałymi wykonawcami są Instytut Łączności oraz Politechnika Warszawska. Projekt ten ma na celu uaktualnienie, w oparciu o wykonane prace badawcze, a następnie wprowadzenie w życie nowej, opracowywanej przez Ministerstwo Cyfryzacji, polityki regulacyjnej i inwestycyjnej dotyczącej sieci mobilnych 5G, umożliwiającej szybkie i efektywne wdrożenie sieci 5G w Polsce. Polityka ta będzie obejmowała działania związane z usuwaniem barier prawnych, technologicznych i ekonomicznych, skutkujące wprowadzeniem nowych przepisów i regulacji usprawniających wdrożenie 5G. Istotnym elementem działań projektu będą również czynności popularyzujące technikę 5G, szczególnie wśród przedsiębiorstw z sektora MŚP (Małe i Średnie Przedsiębiorstwa) oraz startupów mogących zostać kreatorami i dostawcami innowacyjnych usług i aplikacji wykorzystujących zalety sieci 5G.

W szczególności, działania realizowane w ramach projektu będą ukierunkowane na osiągnięcie zaprezentowanych poniżej celów:

- Cel 1: analiza wpływu, jaki będą miały nowe usługi i rozwiązania technologiczne na użytkowników sieci 5G, w porównaniu do wcześniejszych generacji sieci mobilnych (w szczególności 4G) oraz opracowanie nowych usług i rozwiązań technologicznych rozszerzających pokrycie zasięgiem 5G w obszarach obsługujących duże wolumeny ruchu oraz obszarach rozległych, które mogą mieć zastosowanie w Polsce,
- Cel 2: diagnoza potencjału oraz identyfikacja barier wdrożenia 5G dla kluczowych rynków wertykalnych i środowisk implementacji, wraz z analizą potencjalnego zysku i przewidywanych przeszkód w implementacji nowych usług i aplikacji w sieci 5G,
- Cel 3: analiza norm dotyczących PEM w odniesieniu do infrastruktury 5G i wpływu działania sieci 5G na istniejący sprzęt oraz opracowanie metodyki i planu testów PEM dla nowej infrastruktury,
- Cel 4: przeprowadzenie testów pilotażowej instalacji sieci 5G w jednym z miast Polski, umożliwiających pogłębienie wiedzy w zakresie wdrażania systemów 5G w rzeczywistym ekosystemie miejskim oraz sprawdzenie możliwości zastosowania konkretnych usług i aplikacji, a także ich wpływu na rozwój społeczeństwa,

- Cel 5: popularyzacja 5G wśród zainteresowanych podmiotów sektora ICT, jak również całego społeczeństwa,
- Cel 6: stworzenie centrum innowacji cyfrowych dla technologii 5G, umożliwiającego startupom oraz podmiotom sektora MŚP testowanie konstruowanych nowych usług i aplikacji 5G,
- Cel 7: opracowanie projektów regulacji i przepisów prawnych w celu uaktualnienia ram prawnych dla zbliżającego się wdrożenia 5G oraz wdrożenia produktów projektu.

Instytut Łączności jako jeden z głównych wykonawców projektu, będzie realizował działania w zakresie wszystkich powyżej wymienionych celów. W przypadku analizy wpływu nowych usług i rozwiązań technologicznych na użytkowników 5G (cel 1) Instytut Łączności, jako jednostka zajmująca się od wielu lat planowaniem sieci bezprzewodowych różnego typu, przeprowadzaniem analiz możliwości wykorzystywania różnych pasm radiowych oraz oceną kompatybilności elektromagnetycznej, będzie prowadził prace badawcze w celu wytworzenia nowatorskich rozwiązań dla komunikacji typu M2M w odmiennych środowiskach: obszarach hotspot obsługujących duże wolumeny ruchu, oraz obszarach rozległych. Opracowane rozwiązania zostaną uwzględnione w dalszych pracach związanych z regulacjami w zakresie gospodarki widmem (w związku z komunikacją M2M w pasmach licencjonowanych jak i nielicencjonowanych) oraz PEM (przez wzgląd na obecność milionów niewielkich urządzeń z periodyczną emisją danych).

W ramach diagnozy potencjału oraz identyfikacji barier wdrożenia 5G (cel 2) prace IŁ–PIB skupiać się będą na analizie korzyści, jakie daje zastosowanie technologii 5G. Analizą będą objęte obszary zdiagnozowane dotychczas jako kluczowe, z punktu widzenia wykorzystania technologii 5G, rynki wertykalne, które zostały wymienione jako projekty flagowe w Strategii na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju [12], tj. Inteligentne Miasta, Telemedycyna, inteligentne systemy transportowe i pojazdy autonomiczne, Inteligentne Rolnictwo, Przemysł 4.0, inteligentne sieci energetyczne. Dodatkowo dokonana zostanie analiza, w jakim stopniu ramy regulacyjne i standaryzacja są barierą w wykorzystaniu technologii 5G w polskich warunkach gospodarczych. Badania te będą okazały do identyfikacji innych barier, które mogą opóźniać lub uniemożliwiać wdrożenie strategii 5G dla Polski.

W pracach związanych z analizą norm PEM (cel 3) IŁ–PIB jako jednostka posiadająca szerokie kompetencje z zakresu pomiarów PEM, opracuje metodyki do realizacji pomiarów poziomów PEM. Ponadto Instytut Łączności będzie uczestniczył w badaniach mających na celu opracowanie modeli złożonych układów antenowych wykorzystywanych dla potrzeb 5G eMBB.

W ramach prac w związanych z celem 4 (testy pilotażowej instalacji sieci 5G) Instytut Łączności zaangażowany będzie w zadania związane ze specyfikacją scenariuszy użycia systemów 5G, które mogą być wdrażane i rozwijane w sieciach komercyjnych. Scenariusze te będą m.in. obejmować następujące zagadnienia technologiczne: eMBB, komunikację M2M i IoT, Inteligentne Miasta, Regionalny System Ostrzegania. Ponadto, IŁ–PIB będzie odpowiedzialny za opracowanie aplikacji i usług koniecznych do testowania zdefiniowanych scenariuszy użycia oraz uruchomienie instalacji pilotażowej. W końcowej fazie działań IŁ–PIB weźmie udział w testach mających na celu sprawdzenie pilotażowego wdrożenia pod kątem zgodności z wymaganiami oraz w testach wydajnościowych. W przypadku tych ostatnich planowane jest wykonanie pomiarów zajętości pasm ISM, pasm sieci komórkowych 3G/4G oraz innych pasm rozważanych na potrzeby systemów 5G (w tym 700 MHz) na terenie wybranego miasta oraz zasięgów, jakie potencjalnie mogą być uzyskane w środowisku miejskim w systemach pracujących w rozważanych pasmach.

W ramach celu związanego z popularyzacją 5G w sektorze ICT (cel 5) działania Instytutu Łączności skoncentrują się na prezentacji wyników analiz socjoekonomicznych ilustrujących, co przedsiębiorcy, miasto i obywatele mogą zyskać na rozwiązaniach 5G oraz z jakich usług będą mogli, dzięki wdrożeniu 5G korzystać. Działania te będą miały na celu informowanie opinii publicznej o potencjale nowych technologii, w tym o możliwościach transferu działalności gospodarczej na platformę cyfrową oraz przedstawianie, w kontekście europejskim, szans dla krajowej gospodarki w związku z wdrożeniem sieci 5G. Ponadto działania przyczynią się do minimalizacji obaw podnoszonych przez niektóre grupy społeczne, dotyczących oddziaływania nadajników radiowych na organizm ludzki. Istotnym celem działań popularyzatorskich będzie również zachęcenie operatorów i dostawców rozwiązań 5G do odpowiedzialnych społecznie inwestycji w infrastrukturę 5G, co jest istotne w kontekście wzmocnienia kapitału ludzkiego, jak również prezentacja władzom samorządowym potencjału sieci 5G dla realizacji programów polityki społecznej na przykładzie konkretnych usług realizowanych w instalacji pilotażowej.

W ramach realizacji celu 6 Instytut Łączności będzie zaangażowany w uruchomienie Centrum Innowacji Cyfrowych (CIC) dla technologii 5G, określanego jako CIC5G, którego działanie będzie oparte na wiedzy eksperckiej oraz infrastrukturze partnerów Porozumienia 5G. CIC5G będzie wspierał jednostki MŚP z różnych gałęzi przemysłu we wdrożeniu usług 5G kreujących nowe możliwości rynkowe, poprzez zapewnienie wsparcia we wdrożeniu oraz dostępie do wiedzy i szkoleń z tego obszaru, a także możliwości przeprowadzenia eksperymentów i pilotaży w dedykowanym środowisku testowym.

W zakresie działań związanych z opracowaniem regulacji prawnych 5G (cel 7) Instytut Łączności będzie prowadził prace doradcze dla Ministerstwa Cyfryzacji dotyczące przygotowania projektów aktów wykonawczych oraz innych dokumentów związanych z modyfikacją Polityki 5G, w szczególności dotyczące pomiarów PEM dla sieci 5G.

Instytut Łączności posiada szerokie kompetencje oraz liczne grono ekspertów w zakresie obszarów związanych z technologią 5G. Z tego powodu realizacja opisanych w ramach projektu działań będzie skuteczna i efektywna. Eksperci IŁ-PIB uczestniczyli w licznych projektach badawczych i wdrożeniowych, finansowanych zarówno ze środków krajowych, jak i w ramach Programów Ramowych UE. Ponadto są członkami grup roboczych ITU oraz zespołów w ramach CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*), IEEE 1900 oraz WRC (*World Radiocommunication Conferences*).

Podsumowanie

Przewiduje się, że 5G będzie fundamentem i jednocześnie nośnikiem dla nowych ekosystemów wzajemnie komunikujących się inteligentnych maszyn (urządzeń i sensorów o pełnych lub ograniczonych możliwościach obliczeniowych i energetycznych), umożliwiających przeobrażenie dotychczasowych ekonomicznych, biznesowych i administracyjnych strategii oraz dalszego eliminowania podziałów społecznych i kulturowych. Ponadto, 5G zapewni pełną cyfrową interakcję na każdym kroku naszego życia i dostarczy wydajną i ciągłą usługę komunikacyjną dla aplikacji biznesowych oraz platform e-usług administracji publicznej. W kontekście realizacji potrzeb społecznych przewiduje się, że sieć piątej generacji będzie stanowiła platformę komunikacyjną umożliwiającą m.in. rozwój zaawansowanych usług e-administracji, wykorzystujących w swoim działaniu analizę danych gromadzonych za pomocą ogromnej liczby urządzeń Internetu Rzeczy oraz udostępnianych przez obywateli, jak

również poprawę dostępności usług społecznych i zdrowotnych poprzez ich realizację w postaci niezawodnych i bezpiecznych usług online.

Wraz ze zmianami gospodarczymi wynikającymi z wdrożenia sieci 5G oraz usług bazujących na tej sieci, konieczne będzie dostosowanie istniejącego prawa. Gospodarka bazująca na 5G zwiększy złożoność procesu kształtowania polityk i regulacji, w miarę pojawiania się nowych modeli biznesowych wokół świadczenia usług bazujących na 5G. Przewiduje się również, że będzie to również związane z koniecznością wdrożenia radykalnych zmian w dotychczasowych sposobach dostarczania towarów i usług. Obszary, w których już teraz dostrzega się potrzebę przygotowania fundamentów prawnych dla tych zmian, obejmują: bezpieczeństwo publiczne, cyberbezpieczeństwo, prywatność, przydział zakresów częstotliwości, infrastrukturę publiczną, opiekę zdrowotną, rezerwację i udostępnianie zakresów częstotliwości zgodnie z normami 5G, oraz edukację, szkolenia i rozwój. Niektóre z nich wymagają dodatkowo zmian w zakresie regulacji w tym prawa dotyczącego pomiaru PEM czy dostępu do danych lokalizacyjnych.

Jednym z działań Instytutu Łączności w obrębie wdrażania 5G w Polsce jest organizacja i koordynacja prac w ramach Porozumienia na Rzecz Strategii „5G dla Polski”. Przeprowadzone dotychczas w ramach Porozumienia 5G rozmowy z przedsiębiorcami pozwoliły wyłonić najbardziej problematyczne kwestie technologiczne związane z wdrożeniem sieci 5G w Polsce, jak również istniejące luki prawne oraz potencjalne zagrożenia biznesowe (bariery ekonomiczne).

W najbliższym czasie część działań IŁ–PIB w tym obszarze będzie podporządkowanych realizacji projektu 5G@PL, w którym, w oparciu o wykonane prace badawcze, Instytut będzie wspierał Ministerstwo Cyfryzacji w implementacji nowej polityki regulacyjnej i inwestycyjnej ułatwiającej szybkie i efektywne wdrożenie sieci 5G w Polsce. Działania towarzyszące wdrożeniu tej polityki realizowane przez Instytut będą obejmowały także popularyzację wiedzy o technice 5G, szczególnie wśród władz lokalnych, przedsiębiorstw z sektora MŚP oraz jednostek posiadających potencjał do tworzenia innowacyjnych usług i aplikacji.

Podziękowania

Praca współfinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu „5G@PL: Wdrażanie sieci 5G w gospodarce polskiej” realizowanego w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych Gospostrateg.

Bibliografia

- [1] *The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy*, IHS Economics & IHS Technology, styczeń 2017.
- [2] *5G economy global public survey report commissioned by Qualcomm*, PSB research, grudzień 2016.
- [3] *Identification and quantification of key socio-economic data to support strategic planning for the introduction of 5G in Europe*, Raport opracowany na zlecenie Komisji Europejskiej, 2016.

- [4] *Here are the 10 fastest-growing smartphone apps*,
<http://www.businessinsider.com/faste-st-growing-smartphone-apps-comscore-2017-8?IR=T>,
ostatni dostęp: 15.06.2018.
- [5] *Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society*,
Komunikat KE, wrzesień 2016.
- [6] *5G for Europe: An Action Plan*, Komunikat KE, wrzesień 2016,
<https://ec.europa.eu/digital-sin-gle-market/en/5g-europe-action-plan>, ostatni dostęp:
15.06.2018.
- [7] *5G Global Developments*, Commission staff working document, wrzesień 2016.
- [8] *Consulta pública sobre el plan nacional de 5G*, Secretaría de estado para la sociedad de la
información y la agenda digital, Ministerio de energía, turismo y agenda digital, March 2017.
- [9] *Next Generation Mobile Technologies: A 5G Strategy for the UK*, Department for Culture,
Media and Sport, HM Treasury, March 2017.
- [10] *5G-Strategie für Deutschland. Eine Offensive für die Entwicklung Deutschlands zum Leit-
markt für 5G-Netze und Anwendungen*, Die Bundesregierung, July 2017.
- [11] Platforma współpracy “Porozumienie na rzecz Strategii 5G dla Polski”,
<https://5g.itl.waw.pl>, ostatni dostęp: 15.06.2018.
- [12] Informacja na portalu Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju,
<https://www.miiir.gov.pl/strony/strategia-na-rzecz-odpowiedzialnego-rozwoju/>, ostatni
dostęp: 15.06.2018.

Piotr Krawiec



Piotr Krawiec – w roku 2010 uzyskał stopień doktora na Politechnice Warszawskiej (PW). 2010–2011 asystent naukowy w PW. Od roku 2012 adiunkt w Instytucie Łączności (pełny etat) oraz adiunkt naukowy na PW (niepełny etat). Brał udział w 11 projektach naukowo-badawczych, z tego sześć realizowanych w ramach międzynarodowych konsorcjów (w tym dwa projekty 7. Programu Ramowego UE). Autor/współautor ponad 60 artykułów prezentowanych w międzynarodowych i krajowych czasopismach i konferencjach oraz jednego patentu. Jego zainteresowania badawcze obejmują: przewodowe i bezprzewodowe techniki sieciowe, nowe architektury i mechanizmy dla tzw. Internetu Przyszłości, oraz zastosowania Internetu, w tym m.in. Internet Rzeczy, Inteligentne Miasta i systemy dystrybucji multimedialnych, jak również zagadnienia związane z cyberbezpieczeństwem.

e-mail: p.krawiec@itl.waw.pl

Jordi Mongay Batalla



Jordi Mongay Batalla uzyskał tytuł magistra dyplom z Universitat Politècnica de Valencia w 2000 roku, stopień doktora (2009), a następnie doktora habilitowanego (2017) na Politechnice Warszawskiej. Od 2018 roku pełni obowiązki zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Łączności. Jordi Mongay brał udział (jako koordynator lub uczestnik) w ponad 10 krajowych i międzynarodowych projektach badawczych z obszaru ICT, z czego cztery realizowane były w ramach programów ramowych UE. Jego zainteresowania badawcze koncentrują się na następujących obszarach: zapewnianie jakości usług (Diffserv, NGN) w sieciach IPv4 oraz IPv6, innowacyjne architektury sieciowe wspierające ideę Internetu Przyszłości (w tym m.in. Content Aware Networks, Information Centric Networks) oraz zastosowania Internetu w tym m.in. w rozwiązaniach Internetu Rzeczy, inteligentnych miast oraz sieci dystrybucji multimediiów. Jest autorem lub współautorem ponad 100 publikacji w książkach, międzynarodowych i krajowych czasopismach oraz materiałach konferencyjnych. Ponadto, jest współautorem dwóch patentów (polskiego oraz europejskiego).

e-mail: j.mongay@itl.waw.pl

Mariusz Gajewski



Mariusz Gajewski ukończył studia magisterskie na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (2000) oraz studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Produkcji na kierunku Zarządzanie Przedsiębiorstwem (2004). Od 1998 jest pracownikiem Instytutu Łączności w Warszawie. Od 2010 roku jest pracownikiem Zakładu Architektur i Zastosowań Internetu. Jest współautorem wielu artykułów, rozdziałów oraz wystąpień konferencyjnych z obszaru Internetu Rzeczy, sieci następnej generacji NGN oraz bezpieczeństwa.

e-mail: m.gajewski@itl.waw.pl

Konrad Sienkiewicz



Konrad Sienkiewicz ukończył studia na kierunku telekomunikacja, na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (1997). Pracownik Instytutu Łączności nieprzerwanie od 1997 roku, obecnie na stanowisku starszego specjalisty badawczo-technicznego w Zakładzie Architektur i Zastosowań Internetu. Aktualny obszar działalności naukowo-badawczej, to: Internet oraz usługi świadczone z wykorzystaniem Internetu (w tym multimedialne), Internet Rzeczy, protokoły i usługi telekomunikacyjne, sieci teleinformatyczne następnej generacji (NGN). Jest współautorem kilkunastu artykułów, rozdziałów i wystąpień na konferencjach naukowych.

e-mail: k.sienkiewicz@itl.waw.pl

Piotr Wiśniewski



Piotr Wiśniewski uzyskał tytuł magistra inż. (2010, z wyróżnieniem) oraz stopień doktora inżyniera (2018, z wyróżnieniem) na kierunku telekomunikacja na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych (WEiTI) Politechniki Warszawskiej. Od 2010 roku pracuje w Zakładzie Architektur i Zastosowań Internetu w Instytucie Łączności w Warszawie oraz w Instytucie Telekomunikacji na WEiTI Politechniki Warszawskiej. Brał udział w około 10 międzynarodowych i krajowych projektach badawczych z obszaru ICT, w tym projektach realizowanych w ramach programów ramowych UE.

Piotr Wiśniewski jest współautorem kilkudziesięciu publikacji w międzynarodowych i krajowych czasopismach oraz materiałach konferencyjnych. Ponadto, jest współautorem patentu RP oraz laureatem nagród przyznanych za artykuły naukowe przez DASH Industry Forum oraz KEiT PAN. Jego zainteresowania naukowe dotyczą metod dystrybucji multimediów w Internecie, sterowania sieciami, zapewniania jakości w sieciach IP, architektur sieciowych, Internetu Rzeczy oraz cyberbezpieczeństwa.

e-mail: p.wisniewski@itl.waw.pl

Waldemar Latoszek



Waldemar Latoszek, ukończył studia na kierunku Inżynierii Biomedycznej, na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej (2005), tytuł magistra uzyskał w 2011. Pracownik Instytutu Łączności od 2005 roku, obecnie na stanowisku specjalisty inżynierjno-technicznego w Zakładzie Architektur i Zastosowań Internetu. Obszar działalności naukowo-badawczej obejmuje m.in. sieci teleinformatyczne, protokoły i usługi sieciowe, SDN, Internet Rzeczy.

e-mail: w.latoszek@itl.waw.pl