

# TELEKOMUNIKACJA I TECHNIKI INFORMACYJNE

1-2/2014

*A. Zieliński*

3

*Możliwe scenariusze zmian i rozwoju rynku  
telewizyjnego w Polsce*

*R. Śliwa*

14

*Regulacja bodźcowa w telekomunikacji*

*J. Kowalewski, M. Kowalewski*

24

*Cyberterroryzm szczególnym zagrożeniem  
bezpieczeństwa państwa*

*R. Strużak, J. Sobolewski*

33

*Wirtualna zajętość widma w sieciach radia  
kognitywnego – algorytm oceny*

*P. Godlewski, B. Kowalczyk, P. Kobus, K. Wojciechowska*

49

*Obrazowanie stanu akumulatorów w smartfonie  
na podstawie SMS-ów z urządzeń TBA-IL*



## **Redakcja**

---

Redaktor naczelny ..... *dr inż. Andrzej Hildebrandt*

Redaktor działowy ..... *mgr inż. Henryk Guł*

Sekretarz redakcji ..... *dr inż. Robert Magdziak*

## **Rada Programowa**

---

*prof. dr hab. inż. Daniel J. Bem* ..... *Przewodniczący*

*prof. dr hab. inż. Marek Amanowicz*

*dr inż. Marcin Büthner-Zawadzki*

*prof. dr hab. inż. Witold Hołubowicz*

*prof. dr hab. inż. Andrzej Jajszyzyk*

*prof. dr hab. inż. Marian Kowalewski*

*prof. dr hab. Marian Marciniak*

*prof. dr hab. inż. Józef Modelski*

*dr Tomasz Niewodniczański*

*prof. dr hab. Ewa Orłowska*

*prof. dr hab. Stanisław Piątek*

*prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański*

*prof. dr hab. inż. Andrzej P. Wierzbicki*

*prof. dr inż. Andrzej Zieliński*

---

ISSN 1640-1549      on-line: ISSN 1899-8933

Wersja drukowana jest wersją pierwotną.

© Copyright by Instytut Łączności, Warszawa 2014

Nakład: 300 egz.

Sowa - Druk na życzenie, [www.sowadruk.pl](http://www.sowadruk.pl), tel. 22 431-81-40

*Przedstawiamy Państwu nowy numer naszego kwartalnika zawierający pięć artykułów o dość zróżnicowanej tematyce. Wśród autorów i współautorów tych materiałów znajduje się siedem osób będących pracownikami Instytutu i trzy osoby spoza IH.*

*Scharakteryzujemy pokrótce kolejno zamieszczone artykuły, z których pierwsze dwa związane są z problemami rynku, trzeci dotyczy zagadnień bezpieczeństwa informacji, zaś dwa ostatnie dotyczą zagadnień technicznych.*

*W ubiegłym roku zakończył się skomplikowany technicznie i organizacyjnie proces przełączenia cyfrowego telewizji naziemnej. Powstała nowa sytuacja, której wpływ na rynek telewizyjny oraz prognozy rozwoju tego rynku przedstawił w artykule „Możliwe scenariusze zmian i rozwoju rynku telewizyjnego w Polsce” profesor Andrzej Zieliński.*

*Dr Renata Śliwa, w kolejnym z serii artykułów zamieszczonych w naszym czasopiśmie, zatytułowanym „Regulacja bodźcowa w telekomunikacji”, przedstawiła analizę różnych wariantów oddziaływania regulatora na proces transformowania sektora telekomunikacyjnego. Omówiła rolę wiarygodności regulacyjnej w procesie konstrukcji planów regulacyjnych opartych na silnych bodźcach.*

*Jakub Kowalewski i profesor Marian Kowalewski w artykule „Cyberterrorizm szczególnym zagrożeniem bezpieczeństwa państwa” zapoznali nas z tym bardzo niebezpiecznym rodzajem terroryzmu, skierowanym przeciwko informacji. Zwrócili szczególną uwagę na metody przeciwdziałania temu zagrożeniu oraz na uwarunkowania prawne ochrony cyberprzestrzeni.*

*Szersze zastosowanie radia kognitywnego, zdefiniowanego już w roku 2009, może pojawić się dzięki uwolnieniu zakresów częstotliwości w procesie przełączenia cyfrowego telewizji. Autorzy artykułu „Wirtualna zajętość widma w sieciach radia kognitywnego – algorytmy oceny” profesor Ryszard Strużak i dr Janusz Sobolewski, przedstawili ogólny przegląd problemów związanych z inżynierią widma oraz podali dwa algorytmy, które mogą być wykorzystane w procesie zarządzania widmem użytkowanym przez radio kognitywne. Autorzy zwrócili również uwagę, że w tym obszarze zagadnień jest miejsce dla badań Instytutu Łączności, tym bardziej, że mogą one być kontynuacją wcześniej prowadzonych prac.*

*Znakomici konstruktorzy Instytutu Łączności niejednokrotnie już udowodnili, że potrafią wykorzystywać w budowanych przez siebie urządzeniach i systemach gotowe elementy bądź usługi. Tym razem*



*w artykule „Obrazowanie stanu akumulatorów w smartfonie na podstawie SMS-ów z urządzeń TBA-IŁ” Paweł Godlewski, Bolesław Kowalczyk, Piotr Kobus i Katarzyna Wojciechowska pokazali, jak została wykorzystana usługa SMS do zdalnej komunikacji operatora z urządzeniami badawczymi TBA-IŁ.*

*Z uwagi na fakt, że wykonywanie projektów badawczych stanowi istotną część działalności Instytutu, a także dlatego, że ich wyniki mogą okazać się interesujące dla czytelników, na końcu numeru zamieściliśmy wykaz aktualnie realizowanych przez Instytut projektów.*

*W chwili oddawania tego numeru do druku rozpoczyna się sezon urlopowy. Zachęcam do zabrania TiTI na urlop i jego lektury w deszczowe dni, życząc mimo wszystko, aby tych dni było jak najmniej.*

# *Możliwe scenariusze zmian i rozwoju rynku telewizyjnego w Polsce*

*Andrzej Zieliński*

*Artykuł porusza istotną tematykę rozwoju ogólnodostępnych mediów elektronicznych w Polsce, szczególnie w kontekście dyskusji na temat tzw. drugiej dywidendy cyfrowej. Przedstawia aktualny stan rynku telewizyjnego w kontekście zmian wywołanych cyfryzacją telewizji naziemnej i dyskutuje możliwe scenariusze rozwoju tej części rynku w Polsce.*

*Dywidenda cyfrowa, naziemna telewizja cyfrowa, telewizja kablowa, telewizja satelitarna, telewizja internetowa*

## **Wprowadzenie**

23 lipca 2013 roku zostały wyłączone ostatnie telewizyjne nadajniki analogowe na terytorium całego kraju, kończąc w ten sposób proces przełączenia cyfrowego telewizji naziemnej. Emisja analogowa sygnałów programowej telewizji naziemnej została zastąpiona emisją cyfrową. Było to wydarzenie o podstawowym znaczeniu dla rozwoju usług telewizyjnych w Polsce, albowiem umożliwiło ono zasadniczą zmianę oferty programowej i jakości telewizji dla wszystkich mieszkańców Polski. Telewizja naziemna w postaci cyfrowej dociera dziś do wszystkich odbiorców z nieosiągalną poprzednio liczbą programów i w nowej, zasadniczo lepszej, postaci jakościowej.

Zgodnie z Europejską Tablicą Przeznaczeń Częstotliwości zakres 174-862 MHz był uprzednio zagospodarowany w następujący sposób: częstotliwości 174-230 MHz były III zakresem TV, pasmo 230-470 MHz miało charakter specjalny i nie było wykorzystywane przez TV, z kolei częstotliwości 470-862 MHz były IV i V zakresem TV. W tym ostatnim wyróżniamy zakresy 694-790 MHz nazywany pasmem 700 MHz i 790-862 MHz określane pasmem 800 MHz.

Telewizja analogowa zajmowała zakresy III, IV i V TV i to ten obszar został uwolniony w procesie przełączania cyfrowego. Dla celów niniejszego opracowania przyjęto cały ten obszar nazywać dywidendą cyfrową. W niektórych innych opracowaniach (np. UKE) dywidendą nazywa się tylko część tych zasobów, te które pozostają wolne po odtworzeniu w postaci cyfrowej transmisji analogowej istniejącej przed przełączeniem. Oczywiście możliwość powstania tak rozumianej dywidendy wynika z faktu, że telewizja cyfrowa lepiej wykorzystuje widmo częstotliwości niż analogowa.

Część dywidendy cyfrowej została wykorzystana na utworzenie trzech multipleksów telewizyjnych, oznaczanych jako MUX1, MUX2 i MUX3, oraz dodatkowo kodowanego multipleksu DVB-T w ramach rozwoju tzw. telewizji mobilnej, lecz jego znaczenie jak dotychczas jest marginalne i prawdopodobnie takim pozostanie. Część pasma 800 MHz zarezerwowano na potrzeby rozwoju szybkiego internetu w systemie LTE. Jest do wykorzystania dla celów rozwoju telewizji cyfrowej i radiofonii cyfrowej III zakres TV.

Pozostała część dywidendy – pasmo 700 MHz - oczekuje na stosowne decyzje o jej wykorzystaniu dla rozwoju rynku telewizyjnego i/lub telekomunikacji. Część ta nazywana jest drugą dywidendą. Sposób

wykorzystania drugiej dywidendy ma kluczowe znaczenie dla rozwoju rynku mediów w Polsce i zdecydowanie o rozwoju telewizji naziemnej i strukturze całego rynku medialnego. Dyskusja tego problemu przedstawiona zostanie w niniejszym opracowaniu.

Dokonane przełączenie cyfrowe otwiera nowe możliwości rozwoju całego sektora telewizyjnego w Polsce, włącznie z możliwością zmiany struktury rynku telewizyjnego, która ukształtowała się w Polsce z wyraźnym przechyłem w kierunku telewizji płatnej (satelitarnej i kablowej), co związane było głównie z opóźnianiem się procesu przełączenia cyfrowego telewizji naziemnej w stosunku do możliwości technicznych i wcześniejszego planu.

## Rynek telewizyjny na świecie i w Polsce

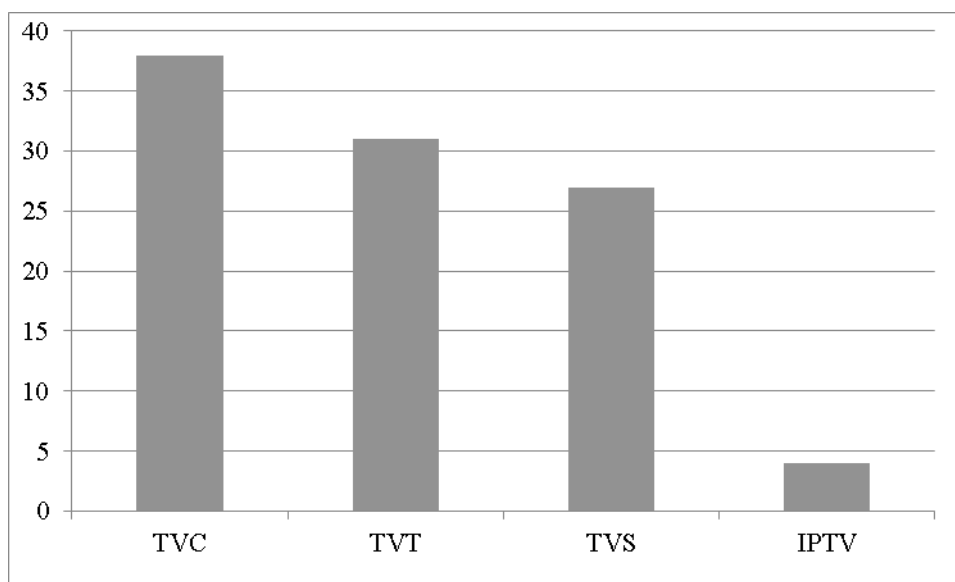
Usługi telewizyjne, dzięki swojej atrakcyjności, znaczeniu społeczno-politycznemu i gospodarczemu są prawdopodobnie najbardziej popularnymi w świecie usługami elektronicznymi. Według danych firmy badawczo-konsultingowej IDATE [1] w 2013 roku telewizję oglądało około 80% populacji świata, a w 2016 roku z usług telewizyjnych korzystać będzie około 90% populacji. Globalna liczba gospodarstw domowych wyposażonych w urządzenia odbiorcze telewizji w 2012 roku wyniosła około 1,4 mld [1]. Oznacza to, że telewizja staje się dostępna prawie dla każdego.

W Polsce już w czasach PRL telewizja, w przeciwieństwie do usług telekomunikacyjnych, rozwijała się szybko, a jej poziom techniczny i popularność nie odbiegały wówczas wiele od przeciętnego poziomu usług telewizyjnych w Europie. Obecnie, na początku drugiej dekady lat dwutysięcznych, po przełączeniu cyfrowym telewizji naziemnej można stwierdzić, że telewizja dociera właściwie do każdego obywatela Polski, z wyjątkiem grupy osób z różnych względów wykluczonych pod tym względem, oraz grupy świadomie unikających telewizji. W Polsce szacuje się, że łączna liczebność tych grup nie przekracza 2-3% populacji [2].

Biorąc pod uwagę jedynie stopień penetracji usług telewizyjnych w gospodarstwach domowych w Polsce można stwierdzić, że usługi te osiągnęły stan nasycenia. Jednak, podobnie jak w przypadku innych usług masowych (na przykład telefonii komórkowej) rozwój rynku tych usług następuje nadal, albowiem w gospodarstwach domowych pojawia się więcej niż jeden telewizor. Ponadto, w wyniku szybko następującego postępu w dziedzinie techniki odbiorczej, bardzo zaawansowana jest wymiana odbiorników CRT na telewizory LCD HD i plazmowe HD, które pozwalają na lepsze wykorzystanie jakości dostarczanego sygnału cyfrowego. Zmiany i rozwój telewizji dokonują się również w wyniku działania czynnika konkurencji na rynku TV, co wyraża się w przepływach telewidzów pomiędzy telewizją płatną i bezpłatną, pomiędzy platformami satelitarnymi i telewizją kablową itd., stosownie do preferencji programowych i cen usług.

Wraz z rozwojem nowoczesnych technologii usługi telewizyjne, początkowo świadczone tylko za pomocą sieci naziemnych nadajników (TVT), obecnie udostępniane są także za pomocą sieci telewizji kablowej (TVC), platform satelitarnych (TVS), internetu (IPTV). Strukturę świadczonych na świecie usług telewizyjnych pod względem sposobu dostarczania sygnału do użytkowników pokazano na rys. 1. Rysunek wykonano na podstawie danych firmy IDATE, opublikowanych w [1]. Jak widać popularności odbioru telewizji za pośrednictwem trzech pierwszych sposobów nie różnią się zasadniczo, niemniej jednak na pierwszym miejscu jest telewizja kablowa, na drugim telewizja naziemna, na trzecim satelitarna, zaś telewizja internetowa jak do tej pory stanowi margines zainteresowań. Należy jednak wziąć pod uwagę, że telewizja internetowa dość szybko zdobywa zwolenników, zwłaszcza w krajach najwyżej rozwiniętych pod względem dostępu do szybkiego internetu. Dotyczy to Ameryki Płn., Europy Zachodniej oraz niektórych krajów Azji (Japonia, Korea Płd.). W chwili obecnej w Polsce tele-

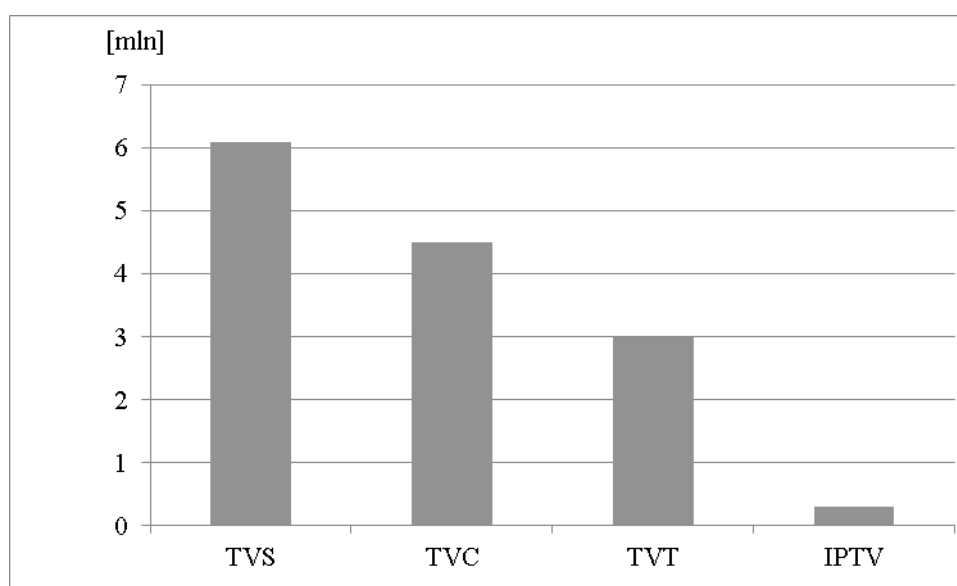
wizję internetową oferują wszyscy główni operatorzy telekomunikacyjni. Wzrost zainteresowania usługami telewizyjnymi pozyskiwanymi za pośrednictwem internetu jest także motywowany konkurencją cenową w porównaniu z płatną telewizją liniową.



*Rys. 1. Struktura usług telewizyjnych na świecie w 2012 roku pod względem techniki ich odbierania przez użytkowników wyrażona w procentach liczb gospodarstw domowych z zainstalowanymi systemami odbiorczym*

Naziemna telewizja cyfrowa, na której w odniesieniu do Polski skupia się dalej niniejsze opracowanie, w świecie nie jest jeszcze przeważającą formą udostępniania usług telewizyjnych. W 2013 roku z tej formy odbioru telewizji naziemnej korzystało około 15% użytkowników, ale przewiduje się, że w roku 2018 liczba ta wzrośnie do 35% [3]. W Europie, za wyjątkiem kilku krajów, telewizja cyfrowa jest dominującą formą transmisji w telewizji naziemnej, podobnie jak w satelitarnej oraz kablowej.

Jak już wspomniano, w Polsce telewizja naziemna stała się cyfrową zupełnie niedawno (od 23 lipca 2013 r.), co nastąpiło z kilkuletnim opóźnieniem w odniesieniu do wielu krajów europejskich i co kilkakrotnie było omawiane, m.in. w [4] i [5]. Opóźnienie przełączenia cyfrowego telewizji naziemnej spowodowało inne niż średnio na świecie ukształtowanie się struktury rynku usług telewizyjnych pod względem sposobu odbioru sygnału TV. Korzystając z danych Polskiej Izby Komunikacji Elektronicznej (PIKE) [6] oraz danych przedstawianych przez PwC [7] odnośnie do prognozy rozwoju rynku telewizji płatnej, a także danych dotyczących liczby widzów odbierających bezpośrednio po przełączeniu telewizję naziemną [8], na rysunku 2 pokazano strukturę polskiego rynku telewizyjnego w 2013 roku. Widać, że odbiór satelitarny jest w Polsce dominujący, co najprawdopodobniej wynika z dwóch czynników. Przede wszystkim już od kilkunastu lat jest to odbiór wyłącznie w technice cyfrowej, co w porównaniu do odbioru naziemnego i także kablowego (nie wszystkie sieci kablowe oferują transmisję cyfrową, chociaż stopniowo proces cyfryzacji tu postępuje) daje widzom obraz wyższej jakości, łącznie z jakością najwyższą obecnie – High Definition (HD). Po drugie odbiór satelitarny jest dostępny jednakowo na terytorium całego kraju, podczas gdy odbiór kablowy ogranicza się do dużych aglomeracji. Odbiór za pośrednictwem sieci nadajników naziemnych (TVT) do czasu przełączenia cyfrowego w porównaniu do innych form odbioru, jakkolwiek bezpłatny, co samo w sobie jest dla wielu widzów wielką zaletą, oferował ubogą wersję programową, ograniczoną do programów TVP, Polsatu i częściowo TVN, oraz standardową analogową jakość obrazu.



Rys. 2. Gospodarstwa domowe w Polsce z podziałem na technikę odbioru w 2013 roku

Przeprowadzone przełączenie cyfrowe telewizji naziemnej w Polsce zasadniczo zmieniło jej ofertę programową, albowiem w trzech nadawanych multipleksach (MUX1, MUX2, MUX3) prawie na całym terytorium kraju po przełączeniu było nadawanych 19 programów, a od kwietnia 2014 na pełnym terytorium będą nadawane 23 programy. W kwietniu 2013 dzięki całkowitemu wyłączeniu nadajników analogowych zaistniała możliwość rozciągnięcia na cały kraj zasięgu MUX3, który pod względem ludnościowym miał wówczas jeszcze niepełne pokrycie, około 50%.

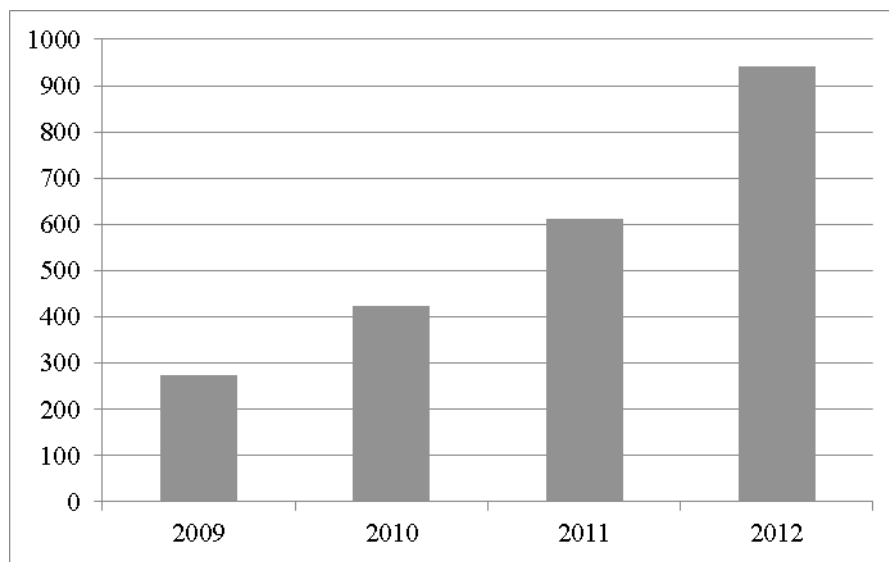
W kwietniu 2014 r. TVP SA przeniosła nadawanie swoich programów do MUX3 i po tym terminie wszystkie programy TVP są zlokalizowane w tym multipleksie. Doceniając znaczenie programów HD dla rozwoju telewizji naziemnej, TVP zachowa nadawanie swoich podstawowych programów TVP1 i T P2 w emisji HD [20], jakkolwiek jeszcze w końcu 2013 roku wydawało się, że TVP SA będzie nadawać w MUX3 wyłącznie programy w standardowej rozdzielczości (SD). Rzeczpospolita [20] poinformowała także, że nowe programy przewidziane do emisji w MUX1 będą pojawiać się w eterze wcześniej niż w kwietniu 2014, co zresztą nastąpiło.

Udział programów HD w całej ofercie programowej telewizji jest ważnym, a dla wielu telewidzów przesądzającym, czynnikiem wyboru operatora – dostawcy usług telewizyjnych. Nie przypadkowo więc w krajach rozwiniętych UE liczba emitowanych kanałów HD stale rośnie [9], co pokazano na rys. 3. Został on wykonany na podstawie danych Europejskiego Obserwatorium Audiowizualnego (EAO – *European Audiovisual Observatory*), opublikowanych w [9]. W Polsce liczba dostępnych kanałów HD jest skromna. Ten stan jest niewątpliwie jednym z ważnych czynników ucieczki telewidzów od telewizji naziemnej do satelitarnej przede wszystkim. Stan ten może się jednak zmienić w wyniku rozwoju telewizji naziemnej poprzez uruchomienie nowych, kolejnych multipleksów DVB-T.

Osiągnięty stan obecny rozwoju TVT w Polsce (19 programów po 23 lipca 2013 i 23 programy telewizji dodane w kwietniu 2014), jakkolwiek stanowią zasadniczy postęp w stosunku do stanu emisji analogowej, nie gwarantują dostatecznej atrakcyjności telewizji naziemnej dla widzów wyposażonych już w nowoczesne szerokoekranowe telewizory wykonane w standardzie Full HD. Dlatego też dokonane w lipcu 2013 przełączenie cyfrowe nie spowodowało istotnej zmiany struktury rynku telewizyjnego,



pokazanej na rys. 2. Zaobserwowano jedynie niewielkie przesunięcia abonentów telewizji płatnej w kierunku cyfrowej już telewizji naziemnej, do tej pory bezpłatnej, o czym świadczą badania przeprowadzone przez firmy Nielsen Audience Measurement i Starlink [10], [11]. Prawdopodobnie przesunięcia te będą jednak z czasem większe, co związane będzie z powiększeniem liczby dostępnych programów do 23 w TVT od kwietnia 2014 r. oraz z osiągnięciem przez MUX3 stanu pełnego pokrycia kraju.



Rys. 3. Liczba dostępnych kanałów HD w krajach UE w 2012 roku

Natomiast istotnych zmian w strukturze rynku telewizyjnego w Polsce można spodziewać się po uruchomieniu kolejnych multipleksów DVB-T, co powiększy liczbę dostępnych programów w telewizji naziemnej i stworzy możliwości emisji w niej programów HD w zauważalnej, znaczącej liczbie.

Tak więc wydaje się, że o kształcie rynku telewizyjnego w najbliższym okresie w Polsce decydować będzie zakres oferty programowej oraz dostępność w niej programów HD.

## Scenariusze rozwoju rynku telewizyjnego w Polsce

Zgodnie z powyżej przedstawioną konkluzją ostatecznie rynek telewizyjny będą determinować decyzje regulacyjne dotyczące dostępności odpowiednich zasobów widma elektromagnetycznego przewidzianego do wykorzystania w telewizyjnym zakresie przewidzianym dla telewizji naziemnej. Jak wiadomo zasoby te uzyskano w wyniku przełączenia cyfrowego telewizji naziemnej i określane są one jako dywidenda cyfrowa.

Część tej dywidendy wykorzystano głównie do przeprowadzenia dokonanego już przełączenia cyfrowego. Obecnie dostępne zasoby dotyczą tzw. drugiej dywidendy cyfrowej (pasmo 700 MHz) oraz nowej koncepcji utworzenia multipleksu telewizyjnego DVB-T także w III zakresie telewizyjnym. Tę ostatnią możliwość UKE ogłosił 6 listopada 2013 [12] i wywołało to znaczne zainteresowanie nadawców telewizyjnych, w tym TVP SA. Ponieważ zgłoszone zainteresowanie przekroczyło dostępne dla tego celu zasoby częstotliwości, UKE przewiduje przeprowadzenie w 2014 roku konkursu dotyczącego wyłonienia podmiotu na rzecz którego zostanie dokonana rezerwacja częstotliwości dla tego multipleksu.

Co się tyczy drugiej dywidendy cyfrowej, problem jej wykorzystania jest otwarty i w tej mierze nie zapadły jeszcze stosowne decyzje. W ramach przygotowania tych decyzji UKE ogłosił w kwietniu 2013 dokument pt. „Możliwości wykorzystania drugiej dywidendy cyfrowej w Polsce” [13], w którym nakreślono alternatywnie zasady wykorzystania tych zasobów. W dokumencie wskazano na możliwość wykorzystania tej dywidendy na cele rozwoju rynku mediów (TVT) lub telekomunikacji, z przeznaczeniem na rozwój szybkiego internetu (LTE). Dokument ten poddano szerokiej konsultacji, której wyniki UKE ogłosił na swojej stronie internetowej [14]. Stanowisko tej sprawie zajęł także Instytut Łączności, który zaproponował współużytkowanie widma radiowego pasma 700 MHz, biorąc pod uwagę zasadę znaną jako „korzystne współdzielenie pasma BSO” (*Beneficial Sharing Opportunities*) dla celów rozwoju TVT i systemów mobilnych.

Ogólny wynik tej konsultacji nie ułatwia jednak rozwiązania problemu, albowiem środowiska mediów wskazały na wykorzystanie tej dywidendy na cele rozwoju mediów, natomiast telekomunikacyjne prawie w całości (z wyjątkiem Polkomtela) na cele rozwoju telekomunikacji.

Decyzje regulacyjne mogą znacznie poszerzyć ofertę programową TVT, w tym powiększyć liczbę programów HD (w tym także 3D) dostępnych w Polsce, a także umocnić znaczenie telewizji bezpłatnej. Ten ostatni czynnik może mieć ważny wpływ na kształt rynku TV.

Pewną, być może istotną, rolę mogą odegrać również względy techniczne dotyczące problemów kompatybilności systemów telewizyjnych DVB-T i/lub telekomunikacyjnych LTE lokalizowanych w paśmie drugiej dywidendy w Polsce, które mogą wynikać w związku z wykorzystywaniem tych pasm w krajach ościennych (przede wszystkim w Rosji) do celów radiokomunikacji lotniczej i kontroli ruchu lotniczego przez stacje radarowe. Według badań i pomiarów prowadzonych na ten temat w Instytucie Łączności [15] możliwości zakłóceń służb radiokomunikacji lotniczej przez nadajniki DVB-T są pomijalne, a w przypadku zakłóceń odbioru DVB-T przez służby radiokomunikacji ruchomej (LTE) mało prawdopodobne.

Wydaje się, że sposób wykorzystania drugiej dywidendy cyfrowej będzie rozstrzygnięty w ramach przygotowań Polski do światowej konferencji radiokomunikacyjnej WRC 15, która mieć będzie miejsce w 2015 roku.

Poniżej przedstawiono możliwe scenariusze rozwoju krajowego rynku telewizyjnego.

## **Wariant najbardziej optymistyczny z punktu widzenia interesów telewidzów**

Biorąc pod uwagę duże prawdopodobieństwo otwarcia w 2014 roku konkursu na rezerwację częstotliwości dla multipleksu w III paśmie telewizyjnym, możemy przyjąć, że najwcześniej w drugiej połowie tego roku, może on zostać rozstrzygnięty. Mogłoby to oznaczać emisję nowych programów dla polskich telewidzów i nie jest wykluczone, że z większym udziałem programów w standardzie HD. Prawdopodobnie ten nowy multipleks może funkcjonować w ramach telewizji bezpłatnej.

Wariant najbardziej korzystny dla telewidzów polegałby na przeznaczeniu w całości drugiej dywidendy cyfrowej dla celów radiodifuzji, to jest dla rozwoju telewizji cyfrowej. Za takim rozwiązaniem opowiedziała się KRRiT. Dałoby to możliwość otwarcia w 2016 roku, po konferencji WRC 15, dwóch kolejnych multipleksów DVB-T, co łącznie z multipleksem w III paśmie telewizyjnym, dałoby podwojenie stanu posiadania cyfrowej telewizji naziemnej w stosunku do stanu z kwietnia 2014 r. W takich ramach technicznych polska widownia telewizyjna otrzymałaby bardzo bogatą ofertę programową w telewizji naziemnej, umożliwiającą emisję programów HD (również w 3D) w znaczącej licz-

bie. Prawdopodobnie jednak jeden z tych multipleksów działałby w ramach telewizji kodowanej, płatnej, podobnie jak to się ma obecnie z telewizją mobilną.

Przeznaczenie w całości drugiej dywidendy na potrzeby rozwoju mediów (telewizji naziemnej) ma swoje uzasadnienie we wspomnianych już problemach kompatybilności systemów radiokomunikacyjnych działających w krajach ościennych i w Polsce, a także w przewidywaniach przyjętych w UE w tzw. Planie GE06 [16], dotyczących zagospodarowania dywidendy cyfrowej w skali kontynentu europejskiego, w tym w Polsce.

Zasadniczym skutkiem wdrożenia tego wariantu rozwojowego byłby prawdopodobnie znaczny odpływ abonentów telewizji satelitarnej i kablowej do telewizji naziemnej i powstanie innych niż obecnie proporcji pomiędzy telewizją płatną i bezpłatną zdecydowanie na korzyść tej ostatniej. Można byłoby oczekiwać, że proporcje pokazane na rys. 2 z czasem zmieniłyby się na podobne do pokazanych na rys. 1.

## Wariant zachowawczy rozwoju rynku telewizyjnego w Polsce

W wariantcie tym można przyjąć utworzenie kolejnego multipleksu DVB-T w III paśmie TV za bardzo prawdopodobne, natomiast utworzenie następnych multipleksów w ramach wykorzystania drugiej dywidendy za nierealne. Druga dywidenda byłaby wówczas przeznaczona na rozwój szybkiego internetu w systemie LTE, a następnie zaawansowanego LTE (ALTE – Advanced LTE). Takie przeznaczenie pasm drugiej dywidendy z punktu widzenia przekazu telewizyjnego miałoby ten skutek, że przesunęłoby zainteresowania widowni telewizyjnej w kierunku telewizji internetowej IPTV i pochodnych rozwiązań technicznych wykorzystujących współdziałanie telewizji liniowej z siecią (telewizja hybrydowa). W pewnej mierze zjawisko to jest nieuchronne, chociaż prognozy rozwoju tej formy odbioru telewizyjnego nie są specjalnie optymistyczne. W wariantcie tym, który nazwaliśmy zachowawczym, telewizja satelitarna, dziś dominująca na rynku, raczej utrzymałaby swoją pozycję. Natomiast telewizja kablowa jest silniej narażona na konkurencyjne oddziaływanie rozwijającej się telewizji naziemnej, przede wszystkim z powodu silnie rozproszonej struktury własnościowej tej formy przekazu telewizyjnego w Polsce [17].

Ograniczenie liczby multipleksów telewizji naziemnej do funkcjonujących obecnie z uzupełnieniem w postaci przewidzianego multipleksu w III zakresie telewizyjnym w istocie spowodowałoby uwiad tej formy przekazu i ograniczenie jej użytkowników do grupy osób ekonomicznie najsłabszych, co potwierdziłoby już wykorzystaną w publicystyce ocenę, że ten rodzaj przekazu byłby „telewizją dla ubogich”. Należy przy tym wyrazić nadzieję, że wariant zachowawczy nie zostanie w Polsce wdrożony.

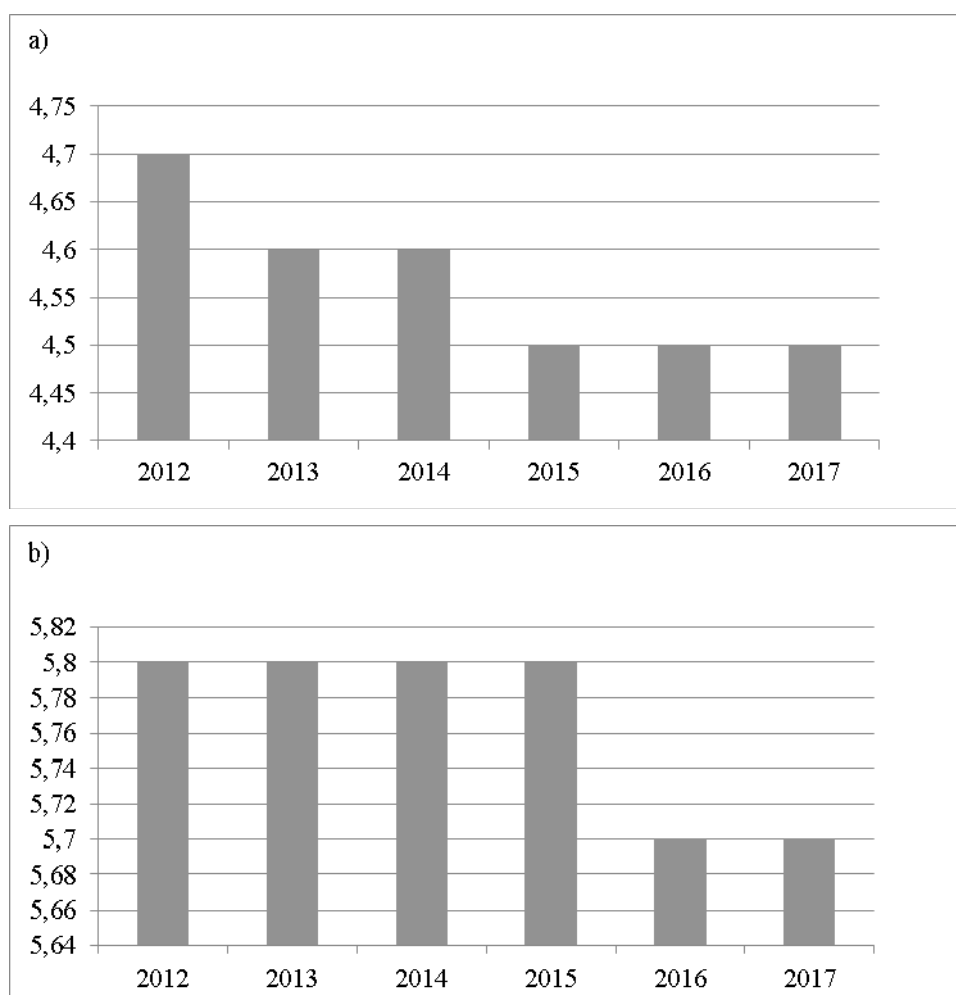
## Wariant realistyczny, najbardziej prawdopodobny

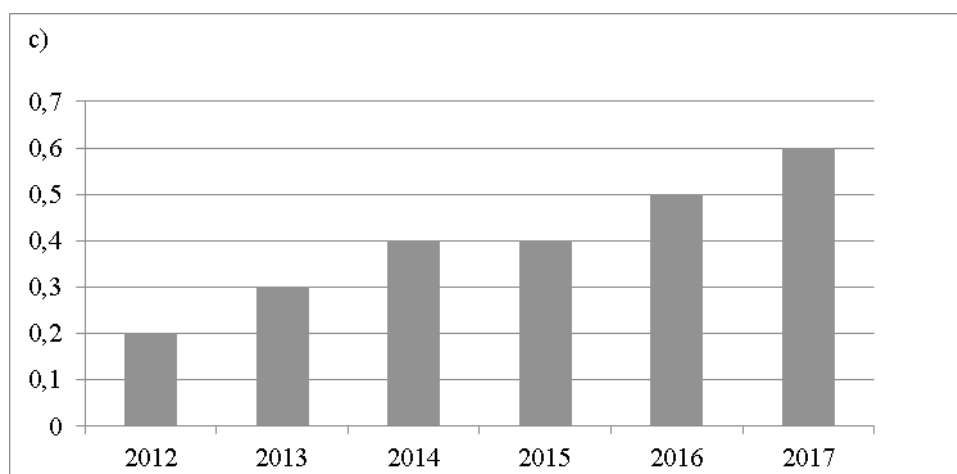
Najważniejszym elementem tego wariantu może być decyzja o wspólnym – dla celów rozwoju mediów i telekomunikacji – wykorzystaniu drugiej dywidendy. Za takim kompromisowym rozwiązaniem przemawia interes gospodarki, albowiem ten zakres częstotliwości, który obejmuje drugą dywidendę, jest szczególnie interesujący i korzystny inwestycyjnie dla telekomunikacji komórkowej, dzięki relatywnie lepszym zasięgom stacji bazowych w porównaniu do wyższych zakresów częstotliwościowych przeznaczonych dla LTE. Równocześnie spełnione byłyby podstawowe wymagania dotyczące rozwoju telewizji naziemnej, albowiem uwzględniając obecny jej stan posiadania oraz duże prawdopodobieństwo otwarcia multipleksu DVB-T w III paśmie telewizyjnym, widać, że liczba dostępnych multipleksów TVT może wynieść 6, a mianowicie: 3 otwarte już multipleksy, 1 TV mobilna, 1 w III zakresie

TV i 1 w paśmie drugiej dywidendy. Wydaje się, że taki stan posiadania TVT może zapewnić wystarczającą atrakcyjność tej formy odbioru telewizji.

Należy także wziąć pod uwagę, że Komisja Europejska, która zainicjowała w skali europejskiej proces przełączenia cyfrowego telewizji naziemnej i proces ten koordynuje, ma na uwadze także korzyści wynikające z przełączenia w kontekście rozwoju sieci szybkiego internetu w UE i w związku z tym sprzyja wykorzystaniu drugiej dywidendy dla celów rozwoju telekomunikacji. Ma to związek z ambitnym planem UE znanym jako Europejska Agenda Cyfrowa (EAC) [18]. EAC zakłada osiągnięcie w 2020 roku dostępności każdego Europejczyka do internetu z szybkością nie mniejszą niż 30 Mb/s, a dla połowy wszystkich gospodarstw domowych UE dostęp przynajmniej z szybkością 100 Mb/s [18].

Podobnie w Polsce, UKE wypowiada się raczej za rozwojem systemu LTE, ważnego z punktu widzenia gospodarczego i społecznego, podczas gdy KRRiT optuje wyraźnie za rozwojem mediów. Taki podział opinii, co ujawniła konsultacja [14] wskazuje na znaczne prawdopodobieństwo zaistnienia tego wariantu rozwojowego mediów i telekomunikacji w Polsce.





**Rys. 4.** Prognoza rozwoju telewizji płatnej w Polsce wg danych PwC opublikowanych w [19] w milionach gospodarstw domowych odbierających telewizję płatną: a) telewizja kablowa (TVC), b) telewizja satelitarna (TVS) i c) telewizja internetowa (IPTV)

W podsumowaniu dyskusji o możliwych wariantach rozwoju rynku mediów przytaczamy na rys. 4 prognozę rozwoju rynku telewizyjnego w Polsce, opracowaną przez firmę badawczą PwC (PricewaterhouseCoopers). Rysunek wykonano na podstawie danych opublikowanych w [19].

PwC w odniesieniu do telewizji satelitarnej podaje inne dane niż PIKE [6], która szacuje liczbę abonentów naszych platform satelitarnych na poziomie 6,1 mln w 2013 roku. Jednak ważne jest w tej prognozie to, że PwC przewiduje raczej niewielkie spadki liczby abonentów telewizji satelitarnej i niewiele większe dla telewizji kablowej. Natomiast w skali pięciu lat przewiduje się podwojenie liczby abonentów telewizji internetowej IPTV, chociaż w liczbach bezwzględnych jeszcze stosunkowo małych.

Jeśli chodzi o telewizję naziemną TVT to naturalnie można przyjąć, że ubytki w stanach posiadania telewizji satelitarnej i kablowej staną się prawdopodobnie przyrostami w TVT. Ale jak widzimy PwC nie przewiduje zasadniczych zmian w strukturze rynku telewizyjnego w Polsce w stosunku do stanu obecnego już po przełączeniu cyfrowym TVT. To znaczy, że cyfrowa telewizja naziemna w Polsce w perspektywie do 2017 roku wg PwC obejmować będzie około 25% całości rynku telewizyjnego.

## Podsumowanie

Uwzględniając przytoczoną w niniejszym opracowaniu argumentację autor niniejszego opracowania wyraża opinię, że największe prawdopodobieństwo spełnienia się jednego z powyżej przedstawionych scenariuszy rozwoju rynku telewizyjnego w Polsce reprezentuje wariant określony jako realistyczny. Wydaje się, że przy podejmowaniu decyzji o wykorzystaniu drugiej dywidendy bardzo trudno będzie odrzucić rzeczowe argumenty przemawiające za rozwojem telewizji naziemnej, jak też podobnie silnie uzasadnione argumenty przemawiające za potrzebą rozwoju szybkiego internetu, do czego obliguje nas program EAC [18], co łącznie oznaczać może potrzebę znalezienia zdrowego kompromisu pomiędzy obiema opcjami.

Jeśli chodzi o strukturę rynku telewizyjnego w perspektywie do 2017 roku można przypuszczać, że w przypadku realizacji preferowanego w niniejszym opracowaniu wariantu realistycznego cyfrowa telewizja naziemna powinna obejmować w 2017 roku około 25 do 30% rynku z zachowaniem pozycji wiodącej przez telewizję satelitarną z pewną przewagą telewizji kablowej nad naziemną.

## **Bibliografia**

- [1] Lemańska M.: *Rekordowy rok dla telewizji*, Rzeczpospolita, B2, 25.03.2013
- [2] *Widzowie mają Netfliksa obok kablówki*, nota prasowa podpisana „ele”. Rzeczpospolita, B10, 6.12.2013
- [3] Lemańska M.: *Darmowa telewizja na topie*, Rzeczpospolita, Telekomunikacja i IT, 01.08.2013
- [4] Zieliński A.: *Poland's Electronic Media Market - the possible changes from digitization*, The Journal of the Institute of Telecommunications Professionals, vol. 4, part 4, 2008
- [5] Zieliński A.: *Polskie media elektroniczne na rozdrożu*, Przegląd Telekomunikacyjny, nr 5, 2010
- [6] Stysiak M.: *Nowa droższa telewizja*, Gazeta Wyborcza, 22.03.2013
- [7] Lemańska M.: *Naziemna telewizja tylko cyfrowa*, Rzeczpospolita, B2, 29.07.2013
- [8] Makarenko V.: *Cyfra oznacza rewolucję*, Gazeta Wyborcza, Gospodarka, 23.07.2013
- [9] Lemańska M.: *Prawie tysiąc stacji HD w Europie*, Rzeczpospolita, B5, 11.10.2012
- [10] Lemańska M.: *Telewizja cyfrowa dla oszczędnych*, Rzeczpospolita, B6, 11.09.2013
- [11] Starlink: *Starlink przygotował raport specjalny o cyfryzacji TV*. <http://www.starlink.pl/Analizy-trendow-mediowych/146/1/all/Zakonczyla-Sie-Era-Telewizji-Analogowej-W-Polsce.html>, 20.06.2014
- [12] UKE: *Ogłoszenie o dostępności zasobów częstotliwościowych z zakresu 174 - 230 MHz, które mogą być wykorzystane przez systemy telewizji cyfrowej*, <http://uke.gov.pl>, 9.11.2014
- [13] Prezes UKE: *Możliwości wykorzystania drugiej dywidendy cyfrowej*, dokument konsultacyjny, Warszawa, 24.04.2013 ”, [https://uke.gov.pl/files/?id\\_plik=12891](https://uke.gov.pl/files/?id_plik=12891), 20.06.2014
- [14] UKE: *Wyniki konsultacji drugiej dywidendy cyfrowej*, komunikat prasowy, 21.08.2013. <http://www.uke.gov.pl/wyniki-konsultacji-drugiej-dywidendy-cyfrowej-12825>, 20.06.2014
- [15] Orłowski A.: *Problemy w związku z wykorzystaniem tzw. drugiej dywidendy cyfrowej*, referat na seminarium Instytutu Łączności, 29.01.2014. <http://www.itl.waw.pl/prace-naukowe/seminaria-naukowe>
- [16] Murawska-Najmiec E.: *Koncepcja zagospodarowania dywidendy cyfrowej - stan prac na koniec 2009 r. oraz plany na przyszłość*, analiza biura KRRiT, nr 1/2010, luty 2010 [http://www.krrit.gov.pl/Data/Files/\\_public/pliki/publikacje/analiza2010\\_01\\_dywidenda\\_cyfrowa.pdf](http://www.krrit.gov.pl/Data/Files/_public/pliki/publikacje/analiza2010_01_dywidenda_cyfrowa.pdf), 20.06.2014
- [17] Stysiak M.: *Setki operatorów kablowych zniknie z sieci?*, Gazeta Wyborcza, Gospodarka, 21-22.09.2013
- [18] [18] Komisja Europejska: *Komunikat Komisji - Europejska agenda cyfrowa*, KOM(2010)245, Bruksela, 19.5.2010, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0245:FIN:PL:PDF>, 20.06.2014
- [19] Lemańska M.: *Naziemna telewizja tylko cyfrowa*, Rzeczpospolita, B2, 29.07.2013
- [20] *Nowe cyfrowe stacje po 15 marca*, nota prasowa podpisana „ele”, Rzeczpospolita i IT, B9, 6.12.2014

**Andrzej Zieliński**

Prof. dr inż. Andrzej Zieliński (1934) – absolwent Wydziału Łączności Politechniki Warszawskiej (1959); pracownik naukowy oraz nauczyciel akademicki Politechniki Warszawskiej (1957–1970), dyrektor i pracownik naukowy Instytutu Łączności w Warszawie (1970–1980, 1982–1993, od 1997), dyrektor Zjednoczenia Stacji Radiowych i Telewizyjnych (1980–1982), minister łączności (1993–1997), członek Krajowej Rady Radiofonii i Telewizji (2005–2006); autor licznych publikacji; zainteresowania naukowe: telekomunikacja – rynek usług, organizacja, ekonomika, planowanie.

e-mail: [A.Zielinski@itl.waw.pl](mailto:A.Zielinski@itl.waw.pl)

# *Regulacja bodźcowa w telekomunikacji*

*Renata Śliwa*

*Artykuł stanowi zarys problematyki regulacji bazującej na wynikach, regulacji pułapem cenowym w kontekście transformowania sektora telekomunikacyjnego z tego opartego na podejściu monopolistycznym do podejścia opartego na konkurencji (deregulacji). Zaprezentowane treści obejmują cechy charakterystyczne regulacji bazującej na wynikach, regulacji pułapem cenowym, mechanizm tej regulacji, oraz rolę wiarygodności regulacyjnej w procesie konstrukcji planów regulacyjnych opartych na silnych bodźcach.*

***Regulacja oparta na wynikach, regulacja pułapem cenowym, regulacja bodźcowa, wiarygodność w procesie regulacji opartej na wynikach***

## **Wprowadzenie**

Zainteresowanie pracami nad nowymi schematami regulacyjnymi wynika głównie z pogarszającej się konkurencyjności sektora telekomunikacyjnego, rozumianej jako zdolność sektora telekomunikacyjnego do generowania stosunkowo wysokiej dynamiki wydajności pracy, niskich jednostkowych kosztów pracy, wysokich zysków, wysokiego wskaźnika rentowności aktywów i wysokiego udziału inwestycji sektora w wartości dodanej, a także stosunkowo niskich cen i wysokiej jakości usług [1].

Daleki od optymalnego wyniku działalności jest w tym obszarze przeważnie przypisywany brakowi bodźców. Stopniowo deregulowane przedsiębiorstwa telekomunikacyjne tradycyjnie funkcjonowały na regulowanym rynku, a ich wzrosty kosztów były przerzucane na konsumentów w postaci wyższych cen usług. Kluczową treścią przekazu płynącego z podejmowanych reform sektora telekomunikacyjnego w wielu krajach jest próba przesunięcia na przedsiębiorstwa większej odpowiedzialności za znaczące części ich kosztów [2].

Organy regulacyjne stają wobec fundamentalnego dylematu – jaka siła kontroli jest wymagana w celu utrzymania spójności i odpowiedzialności za wypełnianie zadania społeczno-gospodarcze w odniesieniu do stopnia dyskrecjonalności pozostawionego dla zapewnienia elastyczności działania i innowacyjności [3].

Wobec niekompletnej informacji, co do technologii i kosztu alternatywnego przedsiębiorstwa, regulator stoi przed wyborem zastosowania instrumentu zwiększającego bodźce do zwiększania wydajności lub zmniejszającego potencjalną rentę monopolistyczną przedsiębiorstwa. W kontraktach regulacyjnych opartych na kosztach (*cost-plus contract*), będących instrumentem wyzwalamym niskie/słabe bodźce do obniżania kosztów istnieje pewność przejścia przez regulatora potencjalnej renty przedsiębiorstwa, gdy firma nie korzysta ze sposobności obniżenia kosztów lub z egzogenicznej obniżki kosztów. Obniżka tego kosztu jest w całości transferowana do odbiorcy usługi. Regulacje silnobodźcowe, np. pułap cenowy w umowach regulacyjnych, dostarczają dużych motywacji dla przedsiębiorstwa do obniżki kosztów, ale niosą ryzyko generowania przez nieznaczącej renty. Równie ważny jak dylemat



między tworzeniem bodźców a obniżaniem renty monopolistycznej, ale bardziej subtelny, jest problem nie stosowania takich samych rozwiązań dla wszystkich (zróżnicowanych) przypadków [2].

W warunkach istnienia asymetrii informacyjnej między regulowanym przedsiębiorstwem a regulatorem, istotna jest ocena przez regulatora potencjału, co do obniżki kosztów przedsiębiorstwa, na przykład za pomocą umożliwienia wyboru przez przedsiębiorstwo kontraktu regulacyjnego spośród zestawu dwu kontraktów o ustalonej cenie (pułap cenowy) oraz o cenie odzwierciedlającej koszty (*cost-plus contract*) [2].

Plany regulacyjne stosowane w telekomunikacji rozciągają się od standardowej regulacji stopy zwrotu (*rate-of-return regulation*) do prawie całkowitej deregulacji. Przykładami pośrednich form regulacji bodźcowej są: *banded rate of return regulation*, *earning sharing*, *revenue sharing*, *price freeze*, *rate case moratorium*, *pure price caps*, *hybrid price caps*, którym przypisane są różne stopnie dopuszczalnej elastyczności cenowej i możliwości generowania ponadprzeciętnych zysków przez przedsiębiorstwa telekomunikacyjne [4].

Ocena PBR (*Performance-Based Regulation*) zawarta w niniejszym artykule przeprowadzona zostaje w kontekście transformowania sektora telekomunikacyjnego z opartego na podejściu monopolistycznym do podejścia opartego na konkurencji (po deregulacji). Kryteriami oceny tej metody regulacyjnej są wpływ na dobrobyt konsumentów – oddziaływanie na spadek cen, większą innowacyjność, wpływ na kondycję ekonomiczną operatorów telekomunikacyjnych – oddziaływanie na motywację do obniżania kosztów, zwiększania zysków operatorów, stosunek do ryzyka inwestycyjnego.

## Cechy charakterystyczne regulacji bazującej na wynikach

*Regulacja oparta na wynikach* niesie nadzieje stworzenia większego zrównoważenia działań operatorów w celu obniżania kosztów, jak również płacenia przez konsumentów niższych cen za usługi telekomunikacyjne [5].

Istnienie regulacji bazującej na wynikach (PBR) dla rynków usług dostępu do sieci, zwanej regulacją bodźcową jest alternatywą regulacji opartej na kosztach (*cost-of-service*, *cost-based regulation*, *rate-of-return regulation*). Zainteresowanie PBR wynikało z niedoskonałości, jakimi skutkowało stosowanie regulacji, bazujących na poniesionych kosztach, które stanowiło źródło wyższych kosztów i cen niż w warunkach PBR [6]. PBR jest podejściem regulacyjnym, które koncentruje się bardziej na wyznaczonych przez regulatora (pożądanych) poziomach mierzalnych wyników niż na technikach, procesach czy procedurach nakazowych. Ta metoda regulacji opłat za usługi ma prowadzić do zdefiniowanych efektów bez podawania jakiś wskazówek, co do metod ich osiągnięcia. Przykładem PBR jest regulacja z pułapem cenowym, czy typu *Retail Price Index minus X*. Regulacja skierowana na wyniki przedsiębiorstwa, mająca na celu pobudzenie jego motywacji do redukcji kosztów i powiększenia innowacyjności oferowanych usług miała eliminować niedoskonałości regulacji operatorów telekomunikacyjnych, gdzie przyrosty kosztów były przerzucane na odbiorców usług w postaci wyższych opłat za usługi.

Mimo licznych zalet regulacji PBR w stosunku do regulacji wskazującej sposób osiągnięcia wyników (*prescriptive*), debata co do aplikacyjności PBR oraz salda korzyści i strat z niej wypływających jest wciąż otwarta. Debata co do aplikacyjności PBR oraz salda korzyści i strat z niej wypływających jest wciąż otwarta. Przyjmuje się, że regulacja PBR nie może istnieć samodzielnie, tylko jako element systemu regulacyjnego. Najsilniej wykluczającymi się cechami w kontekście oceny PRB jest elastyczność oraz odpowiedzialność, czyli rozliczanie z wykonania nałożonych obowiązków (*accountability*), jak i konsekwencja i stałość, których wykonywanie PBR obniża. Podejście regulacyjne w ramach PBR ma na celu przesunięcie dążenia do równowagi z gwarantowania spójności/konsekwencji i odpowiedzial-

ności, zapewniane w obecnych podejściach regulacyjnych nastawionych na zalecenia dotyczące działania przedsiębiorstw ku promocji elastyczności i innowacyjności zachowania. PBR określa akceptowalny regulacyjnie poziom parametru obrazującego zachowanie podmiotu regulowanego oraz sposoby weryfikujące osiągnięcie tego poziomu [3].

Regulacja oparta na wynikach dostarcza systemowi regulacyjnemu cen usług, w ramach którego firma jest wynagradzana za podnoszenie efektywności i obniżanie kosztów na zasadzie systemowego dostarczania bodźców do takiego działania [5].

Regulacja PBR może być również kolejnym etapem reformy regulacyjnej w sektorze telekomunikacyjnym w kierunku zwiększenia elastyczności funkcjonowania i innowacyjności [3].

Celem PBR jest przede wszystkim stworzenie mniej obciążającego procesu regulacyjnego, poprawa obsługi klienta przez operatorów, obniżenie cen, generowanie wyższych zysków przez operatorów w zamian za poprawę jakości świadczenia usług i obniżkę cen. Najpopularniejsze formy regulacji PBR odbywają się przez regulację pułapu cenowego (*price cap*) oraz regulację pułapu przychodów (*revenue cap*). Dodatkowo wprowadza się w ramach regulacji PBR mechanizm podziału przychodów (*earnings-sharing mechanism*), który ma zabezpieczać konsumentów przed uzyskiwaniem przez operatorów niespodziewanie wysokich zysków. Inne mechanizmy PBR związane są również z zestawem standardów do osiągnięcia związanych często z bodźcami finansowymi. Regulacja pułapu przychodów w ramach PBR systematycznie dostosowuje je za pomocą przyjętej formuły do ustalonego poziomu i w ten sposób przyczynia się do automatycznego dopasowania opłat. Regulacja pułapem cenowym w ten sposób automatycznie dostosowuje opłaty w trakcie corocznej kontroli cenowej, biorąc pod uwagę inflację i zmiany w produktywności. Mechanizm podziału przychodów ustala twardą granicę stopy zwrotu, powyżej której operator jest zobligowany do zwrotu części zysku konsumentom w postaci obniżki cen lub kart rabatowych. Regulator zabezpiecza konsumentów za pomocą połączenia regulacji pułapem cenowym lub przychodowym z różnorodnymi standardami jakości usług, zapobiegając obniżce jakości za pomocą wzrostu ukrytych kosztów. W PBR stosowane są również benchmarki kosztów i wyników, skłaniające operatorów do implementacji najlepszych praktyk w osiąganiu wysokich poziomów efektywności i w rezultacie najniższych możliwych cen usług.

Zastosowanie zewnętrznych benchmarków do struktury kosztów w zamian za ustalanie nowych opłat dla danego operatora za pomocą tradycyjnych przeglądów kosztów usługi, ma na celu zapewnienie konsumentom najniższej możliwej ceny. Opłaty ustalane są wówczas w odniesieniu do generowanych kosztów przez porównywalnych operatorów. Porównywanie wyników działania do efektów innych operatorów pozbawia bezpośredniego wpływu poszczególnych firm na obowiązujące je standardy, a wręcz wystawia je na konieczność dorównywania do firm rejestrujących najlepsze wyniki. Problematyczna tylko pozostaje kwestia wypracowania wiarygodnych standardów obejmujących nie tylko zmianę wyników wzajemnie między firmami, a również wyników samej firmy w czasie [5].

Regulacje bazujące na wynikach mają na celu dostarczenie jak największej elastyczności w osiąganiu celów regulacyjnych, ale jednocześnie wymagają ponoszenia odpowiedzialności za osiągnięte efekty. Dlatego wyłaniają się dwa wymiary w obliczu osiągania przez PBR celów regulacyjnych. Jeden odnosi się do wzajemnego wyłączenia się różnych celów, np. cele spójności, sprawiedliwości/słuszności i przewidywalności stoją w pewnej sprzeczności do celów elastyczności i innowacyjności. Sprzeczność między elastycznością i odpowiedzialnością polega na tym, że odpowiedzialność narzuca konieczność przedstawienia działania podmiotu w kierunku osiągania pewnych efektów, podczas, gdy elastyczność udaremnia tę możliwość otwierając drogę do różnych sposobów osiągania danych rezultatów. Przekłada się to na wybory intensywności dyskrecjonalności, kontroli stosowanych ze strony regulatora w procesie regulacyjnym. Drugi wymiar dotyczy konieczności ujmowania, obok kształtu regulacji, również potencjalnych reakcji podmiotów rynkowych na działania z zakresu egzekwowania regulacji i kontroli wyni-

ków. Należy oczekiwać negatywnej reakcji regulowanych podmiotów na brak przewidywalności wynikający z niespójnych interpretacji PRB, jak również słabej poprawy efektów działania w porównaniu z regulacjami bardziej narzucającymi zalecenia do postępowania (*prescriptive regulation*), gdy PRB jest zbyt wąsko interpretowana i nie daje możliwości wykorzystania szerszej gamy rozwiązań.

Wskazuje się na następujące możliwe korzyści wynikające z zastosowania PBR: zwiększenie efektywności w osiąganiu konkretnych celów regulacyjnych, swoboda w wyborze środków narzucanych regulacjami, podniesienie motywacji do podejmowania działalności innowacyjnej, obniżenie kosztów dostosowania się regulowanych podmiotów do wymogów regulacyjnych. Wśród najczęściej wymienianych potencjalnych wad PBR wymienia się: niespójność i niekonsekwencję we wprowadzaniu zasad, obniżoną przewidywalność efektów regulacji, wyższe koszty dla regulatora (wypracowywania nowych zasad i ich egzekwowania), niepewne efekty dystrybucyjne, niekiedy wynikające ze sposobu ustalania zasad [3].

Najbardziej strategicznym elementem PBR warunkującym w zasadniczym stopniu skalę powodzenia tego typu regulacji jest zapewnienie odpowiedzialności (*accountability*), z uwagi na konieczność rozliczenia z wygenerowanych wyników działania. Jednak, zarówno obserwacja i przewidywanie tych wyników może być kosztowne lub wręcz niewykonalne. PRB jest sposobem na uniknięcie lokalnych form przejęć, np. faworyzowanie prywatnych interesów kosztem interesu społecznego, ponieważ nastawiona jest ona na swobodny wybór metod i środków działania i w ten sposób promowanie konkurencji w dostarczaniu lepszych i tańszych typów działań w kierunku wypełniania wymogów regulacyjnych. Metoda PBR może być jednak przedmiotem przejęć na bardziej sektorowym czy krajowym szczeblu. Zasadne jest w tym kontekście rozważenie tego, jak ta odpowiedzialność za wynik jest określana, np. oddanie poświadczenia dobrej jakości/solidności/wytrzymałości alternatywnych narzędzi działania w ręce ekspertów (certyfikowanym podmiotom) działającym na wolnym rynku [3].

Regulacja jakości usług jest ważnym elementem regulacji bodźcowej w ramach PRB, w tym regulacji pułapem cenowym (PCR). W warunkach regulacyjnych, w których regulowane przedsiębiorstwo ponosi pełne koszty zwiększania jakości usług, kiedy ceny nie są połączone z kosztami, mogą zrodzić się bodźce w kierunku dostarczania poziomu jakości usług poniżej tego „maksymalizującego dobrobyt”. Dlatego plany regulacyjne PCR często były obwarowane standardami, określającymi poziomy jakości dostarczanych usług i karami finansowymi za braki w dotrzymywaniu tych standardów [7].

Dobrze skonstruowany mechanizm PBR osłabia powiązania między kosztami operatora regulowanego a regulowanymi cenami, które płacą użytkownicy. Dla wzmocnienia tego rozłączenia w krótkim okresie należy obniżyć liczbę przeglądów kosztów w celu ustalenia pułapu cenowego lub pułapu przychodów w ramach PBR. W długim okresie należy nałożyć dodatkową dyscyplinę kosztową na regulowanego operatora [5].

## Zarys mechanizmu regulacji pułapem cenowym

Wybór najbardziej odpowiedniego typu regulacji PCR jest uzależniony od celów regulacyjnych i natężenia konkurencji rynkowej. Etapy implementacji regulacji pułapem cenowym dokonuje się poprzez badanie możliwości wytwórczych i otoczenia przedsiębiorstwa w celu zabezpieczenia rozsądnych przychodów, a następnie przez ustalenie maksymalnej stawki, przy której dostosowywane do inflacji ceny regulowanych usług przedsiębiorstwa mogą wzrastać przeciętnie każdego roku, aż do kolejnego przeglądu planu regulacyjnego [7].

Regulacje pułapem cenowym ograniczają roczny wzrost przeciętnych cen do wzrostu stopy inflacji minus uzgodniony i przyjęty współczynnik  $X$ . Współczynnik ten miałby równoważyć jakiegokolwiek przewagi komparatywne, jakie regulowany dostawca usług telekomunikacyjnych mógłby mieć w stosunku do innych dostawców w gospodarce, tj. mniejsze tempo wzrostu cen półproduktów lub wyższe tempo wzrostu produktywności.

Najbardziej krytycznym elementem każdego planu regulacji pułapem cenowym jest współczynnik  $X$ . Określa on stopę, przy jakiej dostosowywane do inflacji ceny przedsiębiorstwa będą się przeciętnie zmieniać w przyjętym okresie regulacyjnym. W okresie tym nawet niewielka zmiana współczynnika  $X$  będzie miała znaczący wpływ na dochody przedsiębiorstwa, bo zbyt wysoki  $X$  może pogрузić firmę regulowaną finansowo, zbyt niski  $X$  może umożliwić jej generację ponadprzeciętnych przychodów. Z powodu trudności związanych z ustaleniem współczynnika  $X$  na odpowiednim poziomie wynikającym z konieczności włączenia w proces ustalania  $X$  nie tylko wiedzy z zakresu możliwości regulowanego przedsiębiorstwa, ale także bieżących i przyszłych uwarunkowań rozwojowych całego sektora, wprowadzany zostaje dodatkowo współczynnik  $Z$ . Ma on na celu dostosować zmieniane wskaźnikiem inflacji ceny do finansowego wpływu nieoczekiwanych zdarzeń (czynnik egzogeniczny). Stąd, ceny usług regulowanych zmieniają się przeciętnie według reguły stopa inflacji  $+ Z - X$ . Współczynnik  $Z$  charakteryzuje się tym, że przedmiotowe zdarzenie o istotnym wpływie finansowym na firmę (nie amortyzowanym przez żaden inny element planu PCR) pozostaje poza kontrolą regulowanego przedsiębiorstwa, jest on swego rodzaju zabezpieczeniem regulowanej firmy przed znaczącymi i nieoczekiwanymi szokami finansowymi. Odpowiednio zaprojektowany współczynnik  $Z$  może prowadzić do obniżania kosztu kapitałowego regulowanego przedsiębiorstwa bez ograniczania bodźców firmy do innowacji i redukcji kosztów operacyjnych. Możliwość wprowadzenia do formuły regulacyjnej PCR współczynnika  $Z$  miałyby odzwierciedlać mechanizm panujący w warunkach konkurencji, gdzie dostawcy usług zwykle przesuwają na konsumentów w postaci wyższych cen wzrost kosztów, który dotknął cały sektor [7].

Długość czasu trwania planu regulacyjnego również stanowi o jego skuteczności regulacyjnej. Relatywnie krótki okres planu regulacyjnego pozwoli na utrzymanie cen usług blisko kosztów produkcji danego okresu, ale jednocześnie przyczynia się do osłabienia motywacji operatora do innowacji i obniżki kosztów operacyjnych. Odpowiedni przydział usług do poszczególnych koszyków usług (na przykład usługi dla konsumentów i innych użytkowników) pozwoli na utrzymanie zarówno przeciętnego poziomu cen i kosztu poszczególnych grup usług na rozsądnym poziomie. Dzięki temu ochrona regulacyjna może zostać skierowana na grupy usług, które jej najbardziej wymagają. Umieszczenie wszystkich usług w jednym koszyku umożliwi obniżkę ceny jednej z usług i podwyżkę innej, zachowując przeciętny poziom cen wszystkich usług w koszyku. Umieszczenie usług w osobnych koszykach powoduje, że przeciętna cena usług konsumentów nie zmienia się, kiedy ceny innych np. usług dla użytkowników nie będących konsumentami są obniżane. Nałożenie osobnych przeciętnych poziomów cen na każdy koszyk nie skutkuje możliwością obniżania cen jednych usług przy podwyższaniu innych. Regulowany operator ma większą swobodę do podnoszenia cen usług sprzedawanych na rynkach „niekonkurencyjnych”, wówczas gdy w tym samym koszyku znajdują się usługi sprzedawane w warunkach „konkurencyjnych”. Stąd, może on woleć utrzymanie regulacji pułapem cenowym usług podległych konkurencji, niż deregulację sprzedaży tych usług [7].

Regulacja pułapem cenowym była stosowana w licznych przypadkach w sektorze telekomunikacyjnym w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie i Wielkiej Brytanii pod koniec lat 90. XX wieku i pierwszej dekadzie XXI wieku. Obecnie, z wyjątkiem podstawowych usług dostępu telekomunikacyjnego, regulowane PCR usługi telekomunikacyjne nie są regulowane w tych krajach. Z czasem kontrole cenowe w ramach PCR były sprawowane nad coraz mniejszą liczbą usług, w miarę jak siły konkurencji utrzymywały ceny na niezawyżanych poziomach. Umacnianie sił konkurencji odsuwało konieczność przewidywania przez regulatora stopnia, w jakim przedsiębiorstwo mogło osiągnąć wyższy poziom produktywności niż inne przedsiębiorstwa w gospodarce i odpowiednio dostosować współczynnik  $X$ . Regulator często też ustalał współczynnik  $X$  na poziomie stopy inflacji, w ten sposób wstrzymując wzrost cen, ujmowany przeciętnie [7]. Przegląd możliwego wpływu PCR został przedstawiony w Tabeli 1.

Tabela 1. Ocena bezpośredniego wpływu elementów PCR na przychody operatorów, inwestycje, ceny w sektorze telekomunikacyjnym

Kryteria	Wzrost cen dostosowany do inflacji pomniejszony o czynnik X (przyrost wydajności)	Wzrost cen dostosowany do inflacji pomniejszony o czynnik X i powiększony o Z (zmiana wynikająca z nieoczekiwanych wydarzeń)	Długość okresu trwania planu regulacyjnego PBR		Natura prowadzonych rewizji planu regulacyjnego		Struktura koszyka usług poddanych regulacji	
			Długi okres (4-5 lat)	Krótki okres	Dostosowanie X w celu przesunięcia do konsumentów efektów redukcji kosztów	Dostosowanie X do zmian egzogenicznych	Jednolity koszyk usług	Koszyk usług podzielony na ofertę indywidualną i biznesową
Przychody operatora	Zawyżony X może doprowadzić do problemów finansowych, zaniżony X – do dużych zysków		Przychody są zbliżone do zakładanych	Obniżka przychodów				
Modernizacja sieci		Dostosowanie ceny zgodnie z „Z” nie obniża budżetów operatora do innowacji	Obniża budżecie do innowacji	Obniżka bodźców do inwestycji i innowacji	Znaczący wzrost bodźców do inwestycji i innowacji			
Zmiana poziomu cen	Oprócz przypadku, gdy wzrost cen w gospodarce przewyższy wzrost wydajności, ceny usług ulegają obniżeniu	Wzrost cen zabezpieczający przed przypadkowymi szokami finansowymi operatora	Zmiana ceny odstaje zbyttno zmian kosztów	Znacząca skłonność do obniżania cen		Obniżka ceny jednej usługi umożliwia wzrost innej bez zmiany średniej	Przeciętna cena jednej usługi nie zmienia się jak ceny innych się zmieniają – redukcja cen jednej usługi nie prowadzi do obniżki innych	
Zmiana kosztów		Redukcja kosztu kapitału operatora regulowanego	Obniża budżecie do redukcji kosztów	Obniża bodźce do redukcji kosztów operacyjnych	Znaczący wzrost bodźców do obniżki			
Ryzyko inwestycyjne		Obniżenie ryzyka inwestycyjnego	Obniżenie ryzyka inwestycyjnego	Wzrost ryzyka inwestycyjnego	Obniżenie ryzyka inwestycyjnego			

Opracowanie na podstawie [7]

Ocenę implementacji regulacji pułapem cenowym można przeprowadzić w podziale na wpływ poszczególnych elementów mechanizmu regulacyjnego na pewne obszary funkcjonowania operatorów telekomunikacyjnych (sektora telekomunikacyjnego). W Tabeli 1 pokazano wpływ elementów mechanizmu regulacji PCR jak współczynnik  $X$  (odejmowany od wskaźnika inflacji przyrost wydajności), współczynnik  $Z$  (uwzględniający dodatkowo niespodziewane zmiany w otoczeniu gospodarczym regulowanego operatora), długość trwania schematu regulacyjnego, natura prowadzonych rewizji regulacyjnych, struktura koszyka usług regulowanych na przychody regulowanych operatorów, pobudzanie innowacyjności, kształtowanie się cen, motywacje do obniżki kosztów usług, ryzyko inwestycyjne regulowanych operatorów.

Wnioski z przeglądu skutków regulacji pułapem cenowym pozwalają przypisać jej wpływ na wzrost modernizacji, wzrost produktywności, niższe ceny usług i jednocześnie wyższe przychody regulowanych operatorów i obniżkę kosztów. Co do wpływu na jakość usług, nie przypisuje się PCR jednoznacznej roli, bo dla pewnych usług jakość wzrastała, dla pewnych obniżała się [7]. Podkreśla się jednak, że mechanizm regulacyjny wprowadzany przez PCR rozdziela, co najmniej na pewien czas, koszty i ceny, co znacząco pozwala na różnicowanie faktycznych przychodów przedsiębiorstwa od przychodów oczekiwanych. Taka konstrukcja regulacji cenowej może generować znaczące bodźce do innowacji i redukcji kosztów [7].

Analizując potencjalny wpływ PCR na dobrobyt konsumentów poprzez oddziaływanie na ceny usług telekomunikacyjnych i innowacyjność operatorów telekomunikacyjnych należy podkreślić prokonsumencki charakter regulacji pułapem cenowym. Ujawnia się on szczególnie w dążeniu przedsiębiorstw telekomunikacyjnych do obniżania kosztów (wzrostów wydajności oddawanych w zmianach regulacyjnych współczynnika  $X$ ) i prospektywnie w obniżce cen usług telekomunikacyjnych oferowanych przez regulowanego operatora telekomunikacyjnego. Widoczna dążność w ramach PCR do motywowania operatorów do wzrostów wydajności połączona z zabezpieczeniami w postaci dobrze zdefiniowanego współczynnika  $Z$ , długiego okresu trwania planu regulacyjnego ma służyć pobudzaniu działalności proinnowacyjnej w funkcjonowaniu operatorów. Ekonomiczna kondycja tych przedsiębiorstw ma zostać zapewniona na godziwym poziomie w ramach PCR poprzez zagwarantowanie odpowiednich przychodów za pomocą właściwie dobranej współczynnika  $Z$  i ewentualnych dostosowań regulacyjnych współczynnika  $X$  w razie przewidywań lub obserwacji zmian egzogenicznych w sektorze. Obok odpowiednio wyznaczonych współczynników  $Z$  i  $X$ , dłuższy okres trwania planu regulacyjnego ma pozwalać regulowanym operatorom telekomunikacyjnym na wypracowanie sposobów znaczących obniżek kosztów. Ryzyko inwestycyjne regulowanych operatorów telekomunikacyjnych może ulec istotnej obniżce przy dobrze wyznaczonym współczynniku  $Z$ , długim okresie trwania schematu regulacyjnego czy możliwości dopasowania współczynnika  $X$  do zaobserwowanych zmian egzogenicznych w sektorze.

## Istota wiarygodności regulacyjnej w procesie konstruowania planu PBR

Tylko jeżeli operator telekomunikacyjny będzie postrzegał politykę regulatora wystarczająco wiarygodnie, będzie angażował się w ponoszenie wysiłku skierowanego na poprawę efektywności swojego funkcjonowania. Bodźcowe schematy regulacyjne tylko wówczas będą miały znaczący wpływ na zachowanie operatora, gdy struktura korzyści i kar wynikająca z planu regulacyjnego będzie dla niego przekonująca.

Ograniczanie wiarygodności regulatora powodowane jest głównie względami politycznymi, gdy instytucja ta poddawana jest presji polityków. Sprzeciw społeczeństwa wobec ocenianych jako nadmierne

zysków może wymusić na regulatorze takie działania jak: odmowa uznania regulowanemu operatorowi pewnych poniesionych już kosztów. To także podnoszenie restrykcji regulacyjnych w kolejnym cyklu regulacyjnym po tym, jak wysokie przyrosty efektywności i zysków odnotowano w działalności regulowanego operatora, w tym obniżanie bodźców do podnoszenia poziomów efektywności, ułatwienie wejścia nowych operatorów nawet w warunkach monopolu naturalnego (spadek cen poniżej poziomu, jaki osiągnąć byłby za pomocą pułapu cenowego).

W celu zwiększenia siły wiarygodności regulacyjnej oraz wypracowania mechanizmu przewidywania problemów związanych z ograniczoną wiarygodnością regulacyjną zaleca się stosowanie następujących rozwiązań: wzmocnienie zrozumienia i poparcia ze strony konsumentów na rzecz bodźcowego planu regulacyjnego, dobranie parametrów tego planu, ograniczających bodźce do szybkiej zmiany przyjętych warunków regulacji, jak najbardziej przejrzyste i kompletne ujęcie szczegółów planu, jego celu i przewidywanych skutków [4].

W warunkach ograniczonej wiarygodności regulatora kluczowym jest zrozumienie i wsparcie bodźcowego planu regulacyjnego przez użytkowników usług. Zrozumienie przez nich mechanizmów stojących za regulacją bodźcową pozwala na większe zrozumienie sytuacji wysokich zysków operatora jako efektu ich starań proefektywnościowych. Ważnym w procesie neutralizowania sprzeciwu wobec znaczących zysków operatora jest finansowe współuczestnictwo konsumentów w jego sukcesie ekonomicznym. Służyć temu może uzupełnianie regulacji czystym pułapem cenowym planem podziału zysków (*earing-sharing plan*), który z jednej strony jest mniej korzystny dla regulowanego operatora, jednak z drugiej, łagodzi sprzeciw użytkowników wobec znaczących zysków operatorów lub wręcz rodzi satysfakcje użytkowników z wysokich zysków operatora i tym samym zwiększa swobodę operatora w generowaniu wysokich poziomów efektywności i zysków (w tym, możliwie wyższych niż w ramach regulacji typu *pure price-cap*). Sposób w jaki następuje podział zysków między operatora i użytkowników jest kluczowy. Oprócz uzupełniania planów regulacyjnych elementami podziału zysków (*earning-sharing*), stosowane są takie formy podziału jak zamrożenie cen usług wrażliwych politycznie, różnorodne podejścia do modernizacji sieci telekomunikacyjnej. Przy czym bardziej zasadnym byłoby, gdyby operator przeznaczył część swoich zysków na inwestycje po tym, jak zostaną one wygenerowane, co powinno minimalizować jego niechęć do modernizacji sieci w warunkach ograniczonej wiarygodności regulacyjnej przed tym jak zysk zostanie wypracowany. To także działania w kierunku wyeliminowania spojrzenia na plan regulacyjny jako niesprawiedliwy, tj. automatyczne stabilizatory (włączenie do planów regulacyjnych egzogenicznych parametrów warunkujących zyski przedsiębiorstwa – stopa procentowa, stopa podatkowa dla przedsiębiorstw, stopa amortyzacji, procedury rachunkowe), porównawcze miary działania z innymi firmami, opcje w bodźcowym planie regulacyjnym (np. włączenie elementu podziału zysków z konsumentami w razie nadmiernych zysków regulowanego operatora). Ważnym jest eksponowanie wygrywania obu stron (*win-win*), jako natury bodźcowego planu regulacyjnego.

Plan regulacyjny powinien zawierać tylko te deklaracje (*ex ante*) nagrodzenia lub ukarania, które mogą zostać zrealizowane w przyszłości (*ex post*). Wymiana między pobudzaniem bodźców do obniżania kosztów, a ograniczaniem nadmiernie wysokich lub nadmiernie niskich zysków operatora ma kluczowe znaczenie [4]. Warto plany podziału zysków uzupełnić o elementy, które zapewniałyby realizację celów regulatora takie jak zabezpieczenie się regulatora przed generowaniem zysków bardziej ze wzrostu przychodów niż ze spadku kosztów czy zabezpieczanie się przed obniżaniem kosztów poprzez zmniejszanie jakości usług. Ponadto, podział korzyści wypracowywanych przez operatora może następować niekoniecznie na podstawie zysków, ale może się odbywać na innych parametrach działalności – takich których pozytywne zmiany będą zmierzały w kierunku realizacji celów regulatora czy będą bardziej wymowne dla uczestników rynku.

Ograniczanie konieczności rekontraktowania planu regulacyjnego polega również na przedstawianiu bieżącego planu regulacyjnego jak najbardziej zrozumiale i kompletnie. Luki planu w ukazywaniu implikacji wszystkich możliwych jego skutków zostawiają szeroki obszar dowolnej interpretacji. Niekompletność planów regulacyjnych może wynikać z prostych błędów pominięcia lub z pojawienia się nieprzewidzianych uwarunkowań działania operatora. Należy szczególnie zaznaczyć nieuchronności pojawienia się niekorzyści płynących z częstych zmian bodźcowych planów regulacyjnych (hamowanie bodźców do proefektywnościowych przedsięwzięć). Częste zmiany zasad regulacyjnych mogą być źródłem powstawania pewnych zachowań strategicznych po stronie operatorów, regulatora czy innych stron działalności telekomunikacyjnej. Jakakolwiek forma zmian parametrów planu regulacyjnego po zaistnieniu danego faktu jest odradzana, chyba, że wszystkie strony popierają wprowadzaną zmianę. Wszelkie zmiany inne niż te uzgodnione i zaakceptowane przez strony powinny być wyraźnie wkomponowane w plan regulacyjny (czas rewizji efektów planu powinien być wyraźnie podany, okres między implementacją planu a jego ewaluacją powinien być na tyle długi, aby spodziewane bodźce mogły być zoperacjonalizowane, pożądana jest obecność takich elementów planu regulacyjnego jak: określenie celu ewaluacji, prawdopodobnych kwestii poruszanych w trakcie ewaluacji, prawdopodobnych przyczyn znaczących zmian w planie regulacyjnym, rodzaj zmian, jakie mogą być wprowadzone jako konsekwencja zapowiedzianej ewaluacji). Im bardziej proces ewaluacji jest ustrukturyzowany tym mniej prawdopodobne są zachowania oportunistyczne potencjalnie nim wywoływane [4].

## Zakończenie

Warunki gospodarczo-społeczne wielu krajów rozwijających się skłaniają do wniosków faworyzujących schematy regulacyjne nastawione na tworzenie słabszych bodźców proefektywnościowych. Związane jest to z możliwością generowania przez regulowanych operatorów telekomunikacyjnych znaczących rent ekonomicznych kosztem dobrobytu konsumentów.

W nawiązaniu do tego problemu wskazuje się na występowanie etapów rozwoju związanych z potencjalnymi działaniami regulacyjnymi podejmowanymi na rzecz tworzenia bodźców do bardziej wydajnego funkcjonowania, ale i zapobiegania tworzeniu się nadmiernych zysków operatorów szczególnie w gospodarkach rozwijających się. Na pierwszym etapie rozwoju systemu regulacyjnego danego kraju rozwijającego się, kiedy możliwość poznania za pomocą audytu np. struktury kosztów czy konsekwencji ekonomicznych stosowanej technologii przez regulowanego operatora telekomunikacyjnego jest ograniczona, zaleca się wprowadzenie silnie bodźcowych schematów regulacyjnych. Na etapie tym istnieje konieczność zasadniczej koncentracji zasobów i działań prawno-administracyjnych na tworzeniu wiarygodnego systemu audytu w gospodarce. Drugi etap miałby odbywać się jako seria działań regulacyjnych skierowanych na promowanie słabiej bodźcowych schematów regulacyjnych. Trzeci etap rozwoju systemu regulacyjnego miałby na celu stopniowe przesuwanie regulacji w kierunku wprowadzania silnie bodźcowych rozwiązań regulacyjnych (regulacji opartych na wynikach, PBR) [8]. Newralgicznym czynnikiem stojącym za powodzeniem kolejnych przejść ku silnie bodźcowym schematom regulacyjnym (poprzez PBR, PCR aż po deregulację) jest zdolność regulatora do zagwarantowania nienaruszalności wprowadzonych planów regulacyjnych.

## Bibliografia

- [1] Śliwa R.: *Analiza konkurencyjności sektora telekomunikacyjnego w Polsce: Deregulacja a konkurencyjność sektora telekomunikacyjnego w Polsce*, niepublikowana praca doktorska. Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków, 2013.
- [2] Laffont J. J., Tirole J.: *Competition in telecommunications*. MIT Press, 2001.



- [3] May P. J.: *Performance-Based Regulation and Regulatory Regimes*. Center for American Politics and Public Policy, University of Washington, Washington DC, November 2003.
- [4] Sappington D. E. M., Weisman L. D.: *Designing incentive regulation for the telecommunications industry*, *AEI Studies in Telecommunications Deregulation*. MIT Press & the AEI Press, Cambridge, Massachusetts, Washington DC, 1996.
- [5] Davis R.: *Acting on Performance-Based Regulation*. The Electricity Journal 13, 4, Elsevier Science, May 2000.
- [6] Schmidt M. R.: *Performance Based Ratemaking*. PUR, 2000.
- [7] Sappington D. E. M., Weisman L. D.: *Price Cap Regulation: What have we learned from twenty-five years of experience in the telecommunications industry*. Journal of Regulatory Economics, vol. 38, issue 3, 2010.
- [8] Laffont J. J.: *Regulation and Development*. CUP, Cambridge, 2005.
- [9] Electricity Retail Energy Deregulation Index 2003, 4th ed. RED Electricity Index: *A scorecard for measuring progress on energy restructuring*. Center for the Advancement of Energy Markets, April 2003.
- [10] Telecommunications Regulation Handbook, red. Hank Intven, McCarthy Tetrault, World Bank publication, Module 4, 2000.

---

**Renata Śliwa**

Absolwentka Wydziału Ekonomii, kierunku Międzynarodowe Stosunki Gospodarcze i Polityczne Akademii Ekonomicznej w Krakowie (2001) i pracownik dydaktyczno–naukowy Małopolskiej Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Tarnowie (2001). Doktor nauk ekonomicznych nadany na podstawie rozprawy *Deregulacja a konkurencyjność sektora telekomunikacyjnego w Polsce*. Autorka publikacji dotyczących tematyki regulacji sektora telekomunikacyjnego, konkurencyjności sektora telekomunikacyjnego w Polsce, idei ordoliberalizmu, przemian strukturalnych w gospodarce transformującej się.

E-mail: [renatasliwa@gmail.com](mailto:renatasliwa@gmail.com)

# Cyberterroryzm szczególnym zagrożeniem bezpieczeństwa państwa

Jakub Kowalewski

Marian Kowalewski

*W artykule zaprezentowano określenia związane z cyberterroryzmem oraz jego istotę. Następnie przedstawiono kategorie przestępstw popełnianych w cyberprzestrzeni, rodzaje, formy oraz scenariusz ataku w cyberprzestrzeni. Zwrócono uwagę na metody i sposoby przeciwdziałania temu szczególnemu zagrożeniu oraz na uwarunkowania prawne ochrony cyberprzestrzeni.*

*Ataki w cyberprzestrzeni, cyberterroryzm, ochrona cyberprzestrzeni*

## Wprowadzenie

Informacja jako zasób społeczeństwa informacyjnego jest nieodzownym elementem postępu i rozwoju cywilizacyjnego. Ten niezwykle istotny i ważny fakt niesie ze sobą znaczne zadania i problemy związane z bezpieczeństwem przetwarzania, przesyłania i gromadzenia informacji. Dzięki rozwojowi nauki oraz stosowania nowoczesnych technik i technologii informacyjnych, teleinformatycznych i telekomunikacyjnych problemy te są systematycznie przewyżczone.

Proces ten byłby zbyt prosty, gdyby dotyczył tylko powstających w sposób naturalny problemów. Niestety, tak nie jest, informacja jako zasób współczesnych społeczeństw stała się także obiektem i środkiem niepożądanego modyfikacji, kradzieży, wywiadu i ataku. Co więcej, stała się środkiem prowadzenia wojny informacyjnej oraz ataku w cyberprzestrzeni. W swej istocie informacja poza dobrem, jakie ze sobą niesie, stwarza znaczne zagrożenia dla społeczeństw i ich obywateli. Stała się środkiem niebezpiecznym w rękach przestępców i terrorystów oraz środkiem walki i ataku wymagającym zdecydowanego przeciwdziałania organizacji, państw i narodów w wymiarze globalnym, regionalnym, krajowym i lokalnym.

## Istota i określenie cyberterroryzmu

Z uwagi na różne określenia cyberterroryzmu [1]-[6] warto uznać za najbardziej trafne i obowiązujące definicje zawarte w Rządowym programie ochrony cyberprzestrzeni RP na lata 2011-2016 [4] i przyjąć do rozważań następujące definicje:

- cyberprzestrzeń – cyfrowa przestrzeń przetwarzania i wymiany informacji tworzona przez systemy i sieci teleinformatyczne wraz z powiązaniem między nimi oraz relacjami z użytkownikami,
- cyberprzestrzeń Rzeczypospolitej Polskiej – cyberprzestrzeń w obrębie terytorium Państwa Polskiego i w lokalizacjach poza jego terytorium, gdzie funkcjonują przedstawiciele RP (placówki dyplomatyczne, kontyngenty wojskowe),
- cyberprzestępstwo – czyn zabroniony popełniony w obszarze cyberprzestrzeni;
- cyberterroryzm – cyberprzestępstwo o charakterze terrorystycznym,

- cyberatak – celowe zakłócenie prawidłowego funkcjonowania cyberprzestrzeni, bez angażowania personelu lub innych użytkowników,
- ochrona cyberprzestrzeni – zespół przedsięwzięć organizacyjno-prawnych, technicznych, fizycznych i edukacyjnych mających na celu niezakłócone funkcjonowanie i bezpieczeństwo cyberprzestrzeni.

Cyberterroryzm powstał na gruncie terroryzmu z wykorzystaniem nowego obszaru działania, jakim jest cyberprzestrzeń. W przestrzeni tej funkcjonują najnowsze osiągnięcia współczesnej cywilizacji informacyjnej, techniki oraz technologie informacyjne, teleinformatyczne i telekomunikacyjne.

Terroryzm to metoda działania polegająca na przemocy wobec innych, pojedynczych ważnych osób, zbiorowisk ludzkich lub wobec przypadkowych grup ludzi znajdujących się w różnych obiektach na terenie kraju, np. w miejscach pracy, w środkach komunikacyjnych, w różnego rodzaju lokalach itp. Terroryzm ma różne formy, między innymi są to klasyczne akty kryminalne (morderstwa, podpalenia) i inne, które polegają na celowym wywołaniu terroru, tzn. wywołaniu niepewności, paniki, zastraszenia w celu osiągnięcia zamierzeń politycznych lub zmuszenia organu władzy publicznej do podjęcia lub zaniechania określonych czynności.

Wspólnymi cechami terroryzmu i cyberterroryzmu jest stosowanie przemocy w celu wywołania zamierzonych i wskazanych powyżej skutków i celów. Z uwagi na ich medialność w społeczeństwie, wspólnym składnikiem jest wywołanie lęku, niepewności i zastraszenia.

Aktorami cyberterroryzmu są głównie osoby i organizacje, grupy kryminalne, wspierane przez cyberterrorystów oraz państwa stosujące terroryzm.

## Kategorie i rodzaje przestępstw oraz zagrożeń w cyberprzestrzeni

W literaturze spotyka się szereg informacji na temat kategorii i rodzajów przestępstw w cyberprzestrzeni. Na szczególną uwagę zasługuje pogląd Rady Europy wyrażony w Konwencji ETS 185 [7], w której wyróżnia się cztery zasadnicze grupy tego rodzaju przestępstw:

- przeciw poufności, integralności i dostępności danych, np.: nielegalny dostęp do systemów poprzez hacking, podsłuch, oszukiwanie uprawnionych użytkowników, szpiegostwo komputerowe (trojany i inne techniki), sabotaż i wymuszenia komputerowe (np. wirusy, ataki DDoS, spam),
- powiązane z komputerami i sieciami: od przestępstw klasycznych (np. manipulacja fakturami, kontami firmowymi, oszukańcze aukcje, nielegalne używanie kart kredytowych), poprzez komputerowe podróbki, po atak na życie ludzkie (np. manipulowanie systemami szpitalnymi, zdrowia ludzkiego, kontroli ruchu powietrznego),
- powiązane z zawartością (treścią), np.: dziecięca pornografia, dostarczanie przestępczych instrukcji, oferowanie popełnienia przestępstw, molestowanie i mobbing poprzez sieć, rozpowszechnianie fałszywych informacji, internetowy hazard,
- związane z naruszeniem prawa autorskiego i praw pokrewnych: np. nieautoryzowane kopiowanie i rozpowszechnianie programów komputerowych, nieautoryzowane użycie baz danych.

W literaturze przedmiotu podkreśla się wymienione przestępstwa i zagrożenia oraz wskazuje na szereg innych, które niesie z sobą cyberprzestępczość. Niektóre z nich to [8]:

- usługi finansowe on-line (wirtualny hazard, tzw. oszustwa nigeryjskie),
- cyberlaundering – wykorzystywanie e-bankowości i e-handlu internetowego do prania brudnych

pieniędzy, tzn. możliwości cyfrowego pieniądza i handlu w Internecie połączonych z anonimowością oraz brakiem uregulowań i kontroli w tym zakresie,

- cybersquatting (dziki lokator internetowy) – niedozwolona praktyka rejestrowania domen internetowych (o cechach znanych osób, firm, instytucji) i ich odsprzedaży właścicielowi (np. zarejestrowanego znaku towarowego) często po zawyżonej cenie,
- plagiaty, kradzież utworów chronionych prawami autorskimi,
- rozpowszechnianie pornografii i pedofilii, niedozwolonych treści, np. nazistowskich, rasistowskich,
- nielegalny handel, antykami, dziełami sztuki, zwierzętami, bronią, medykamentami, materiałami radioaktywnymi,
- szpiegostwo, nielegalny podsłuch, włamania do systemów komputerowych – hacking.

Ponadto, na uwagę zasługuje stanowisko Agencji Bezpieczeństwa Wewnętrznego [9], które do zagrożeń i ataków w cyberprzestrzeni zalicza:

- podmianę treści witryn internetowych,
- infekcję poprzez strony WWW,
- phishing – atak polegający na wyszukiwaniu poufnych informacji osobistych (np. haseł, danych kart kredytowych itp.) przez podszywanie się pod zaufaną osobę lub instytucję,
- botnety – grupy zainfekowanych komputerów (np. wirusami lub robakami komputerowymi), podstępnie – bez wiedzy ich użytkowników, w celu zdalnej penetracji i kradzieży informacji za pomocą tych komputerów,
- szpiegostwo komputerowe i przemysłowe oraz wywiad komputerowy – elektroniczny.

Powyżej przytoczone stanowiska i stwierdzenia świadczą o niebezpieczeństwie i skali zagrożeń, jakie niesie sobą cyberterroryzm. Analiza literatury wskazuje, że obecnie w cyberprzestrzeni stosuje się następujące rodzaje ataków:

- SYN flood,
- DoS (Denial of Service),
- DDoS (Distributed Denial of Service),
- DRDoS (Distributed Reflection Denial of Service),
- Fork-bomba (Fork Bomb).

Są to ataki, które nie doprowadzają intruza do uzyskania dostępu do informacji w systemie, nie powodują też utraty i kradzieży danych. Powodują zablokowanie pracy sieci i usług, co w efekcie ogranicza i uniemożliwia (na określony czas) funkcjonowanie organizacji i naraża ją na znaczne straty i koszty.

**SYN Flood** - celem ataku jest zablokowanie serwera sieci komputerowej przy wykorzystaniu protokołu TCP, a jego rezultatem jest znaczne przeciążenie sieci komputerowej. Sposób ataku polega na wysłaniu dużej liczby pakietów z odpowiednią w nagłówku flagą w synchronizacji (SYN) i zazwyczaj ze sfalszowanym adresem IP nadawcy, w celu jego „zalania” dużą liczbą pakietów inicjujących połączenie.

**DoS** – celem ataku DoS jest uniemożliwienie działania sieci komputerowej i jej usług, poprzez wykorzystanie do tego celu błędów w protokołach i aplikacjach. Sposób ataku polega na przeciążeniu aplikacji serwującej określone dane poprzez wysłanie dużej liczby pakietów w celu wyczerpania zasobów systemu, tak by doprowadzić do załamania pracy aplikacji. Inne metody to przeciążenie pracy łączy klientów o ograniczonej przepustowości do stanu takiego, że brak jest możliwości świadczenia

usług oraz ograniczenie dostępu do zasobów komputerowych (pamięci operacyjnej, mocy obliczeniowej procesora, przestrzeni dyskowej).

Rezultatem ataku jest załamanie pracy aplikacji świadczących usługi, blokowanie dostępu do zasobów sieci i usług, straty dla organizacji. DoS jest atakiem wykonanym z jednego komputera.

**DDoS** - to odmiana ataku DoS wykonana z kilkuset lub kilku tysięcy komputerów jednocześnie w celu wzmocnienia skuteczności ataku, czyli uniemożliwienia działania sieci komputerowej i jej usług. Atak rozpoczyna się z komputera klienta, który wysyła odpowiedni rozkaz do węzłów, te z kolei wysyłają go dalej do agentów, aby przeprowadzić atak na ofiarę. Rezultatem jest załamanie pracy aplikacji świadczących usługi, blokowanie dostępu do zasobów sieci i usług z większą skutecznością niż atak DoS, znaczne straty i koszty dla organizacji. W ataku typu DDoS stosuje się zombie – komputer podłączony do internetu z zainstalowanym oprogramowaniem, umożliwiającym bez wiedzy jego użytkownika, zdalne sterowanie z zewnątrz.

**DRDoS** - to jedna z nowszych odmian ataku DoS, którego celem jest uniemożliwienie dostępu do sieci komputerowej i jej usług. Przebieg ataku polega na generowaniu specjalnych pakietów SYN, których adres jest sfałszowany – jest nim adres ofiary. Duża liczba takich pakietów jest wysyłana do sieci. Komputery, do których one docierają, odpowiadają na adres pochodzący z fałszywego nagłówka. W ten sposób ofiara (zaatakowany komputer, system) otrzymuje wiele pakietów, w efekcie zostaje zablokowany i nie świadczy normalnych usług.

**Fork-bomba** – jest rodzajem ataku DoS na system komputerowy w celu jego zablokowania i uniemożliwienia świadczenia usług. Atak zakłada, że w środowisku rozproszonym – wieloprotocowym tylko część procesów może być uruchomiona równocześnie. Przebieg ataku to szybkie „rozmnożenie” kopii programu (aplikacji) w celu wypełnienia tablicy procesów systemu operacyjnego, tym samym jego zablokowanie – powstaje tzw. bomba. Wywołanie nowego procesu (np. w celu likwidacji procesu bomby) jest wstrzymane, ponieważ wymaga zwolnienia chociażby jednego z istniejących wpisów. Jest to mało prawdopodobne, ponieważ każdy proces bomby jest w tym momencie gotowy się rozmnożyć. Rezultat ataku to zablokowany system, znaczne straty i koszty.

Analiza sposobów i metod prowadzonych ataków w cyberprzestrzeni wskazuje na metodę i schemat ataku stosowany w cyberprzestrzeni, który najogólniej biorąc można sprowadzić do czterech faz – rekonesans obiektu ataku, jego skanowanie, uzyskanie dostępu oraz zacieranie śladów [2].

Rekonesans polega na rozpoznaniu i poszukiwaniu danych o obiekcie ataku, o zasobach teleinformatycznych umożliwiających przeprowadzenie ataku. Skanowanie to sprawdzanie stopnia wiarygodności pozyskanych w rekonesansie informacji, próbkowanie sieci, obserwacja obiektu ataku, tworzenie narzędzi do przeprowadzenia ataku. Uzyskanie dostępu polega na przejęciu kontroli nad obiektem ataku (systemem), np. poprzez nadanie sobie uprawnień administratora systemu. Z kolei zacieranie śladów to niszczenie wszelkich śladów w systemie, które rejestrowały nielegalne działania.

Ataki w cyberprzestrzeni mają charakter nagły, często niespodziewany i zaskakujący, utrudnione jest wskazanie źródła ataku, szczególnie takich, które mają charakter kryminalny, psychologiczny i terrorystyczny.

## Obszary zainteresowania i ataku cyberterroryzmu

Obszarem zainteresowania cyberterroryzmu jest każdy obiekt funkcjonujący w cyberprzestrzeni, który umożliwi realizowanie celu cyberterrorystów. Najczęściej mogą to być ważne węzły informacyjne, teleinformatyczne oraz telekomunikacyjne, które mogą spowodować zakłócenia zasobów teleinformatycznych i telekomunikacyjnych, niepewność w społeczeństwie, strach, panikę i podobne następstwa.

Jest oczywistym, że zagrożeniem szczególnym w działalności cyberterrorystycznej jest infrastruktura krytyczna państw, wspólnot i różnego rodzaju organizacji [10], [11], [4], czyli systemy oraz wchodzące w ich skład powiązane ze sobą funkcjonalnie obiekty budowlane, urządzenia, instalacje, usługi kluczowe dla bezpieczeństwa państwa i jego obywateli oraz służące zapewnieniu sprawnego funkcjonowania organów administracji publicznej, a także instytucji i przedsiębiorców [12].

Infrastruktura krytyczna obejmuje w szczególności systemy: zaopatrzenia w energię i paliwa, łączności i sieci teleinformatycznych, bankowe i finansowe, zaopatrzenia w żywność i wodę, ochrony zdrowia, transportowe i komunikacyjne, ratownicze, zapewniające funkcjonowanie administracji publicznej, produkcji, stosowania, przechowywania i składowania substancji chemicznych i promieniotwórczych, w tym rurociągi substancji niebezpiecznych.

Elementami, które w szczególności zostały zaklasyfikowane do krytycznej infrastruktury telekomunikacyjnej są systemy i sieci telekomunikacyjne, teleinformatyczne niezbędne do wykonywania statutowych zadań organów administracji rządowej oraz wymiany informacji w siłach zbrojnych i rejestry państwowe w warstwie aplikacyjnej, a także sieci telekomunikacyjne wykorzystywane przez administrację publiczną (rządową i samorządową) i siły zbrojne w warstwie medium transmisyjnego.

Przewidywane miejsca występowania zagrożeń bezpośrednich krytycznej infrastruktury teleinformatycznej to miejsca lokalizacji kluczowych elementów systemów teleinformatycznych, takich jak:

- centra zarządzania i utrzymania infrastruktury teleinformatycznej: własnych zasobów administracji, w szczególności urzędów, wydziałów i biur bezpieczeństwa i zarządzania kryzysowego oraz przedsiębiorców telekomunikacyjnych dostarczających usługi telekomunikacyjne,
- centrale telekomunikacyjne przedsiębiorców telekomunikacyjnych, obsługujące instytucje państwowe, urzędy oraz organizacje przewidywane do likwidacji zagrożeń,
- miejsca przebiegu telekomunikacyjnych linii międzycentralowych i podstawowych linii telekomunikacyjnych,
- stacje bazowe i satelitarne,
- inne ważne obiekty telekomunikacyjne (np. wyniesione koncentratory, stacje czołowe, węzły dostępowe itp.).

Przewidywane miejsca występowania zagrożeń bezpośrednich krytycznej infrastruktury teleinformatycznej to także miejsca posiadające serwery zarządzające systemami i bazami danych i kluczowe bazy danych (rejestry państwowe), wykorzystywane przez administrację publiczną (np. PESEL, Regon, CEPIK, Kataster, rejestry sądowe i inne systemy).

## Ochrona cyberprzestrzeni

W okresie rozwoju cyberterrorystyki, ochrona cyberprzestrzeni to niezwykle ważne, ale zarazem trudne i złożone przedsięwzięcie. Wymaga ono zaangażowania znacznych potencjałów państw i organizacji w wymiarze międzynarodowym i krajowym oraz stosowania nowych rozwiązań technik i technologii skutecznie przeciwdziałających temu niezwykle szkodliwemu i niebezpiecznemu zagrożeniu.

Analiza literatury przedmiotu dotycząca zagrożeń i metod przeciwdziałania zagrożeniom oraz obserwacje działań państw i różnego rodzaju organizacji wskazuje, że proces ten, poza działaniami specjalistycznymi, powinien być wspierany metodami stosowanymi w obszarze bezpieczeństwa informacji i systemów teleinformatycznych oraz telekomunikacyjnych, zarówno publicznych, jak i tych mających zastosowania specjalne w obszarze bezpieczeństwa państwa i zarządzania kryzysowego. Do metod tych i sposobów zaliczamy metody administracyjno-organizacyjne, fizyczne, techniczne oraz specjal-

ne, które profesjonalnie wdrożone są skutecznym narzędziem zabezpieczenia informacji i systemów teleinformatycznych organizacji i ochrony cyberprzestrzeni i mogą zapewnić wysoki stopień ochrony informacji organizacji przed wszelkimi zagrożeniami w cyberprzestrzeni, jeśli zostaną zastosowane w sposób kompleksowy. Metody te są prezentowane w bogatej na ten temat literaturze przedmiotu stąd ich analizowanie i prezentacja w niniejszej publikacji została pominięta.

Ochrona cyberprzestrzeni jest jednym z podstawowych zadań administracji państwowej i podmiotów odpowiedzialnych za tego typu zadania. Ochrona ta jest zadaniem priorytetowym dla organizacji międzynarodowych i różnego rodzaju kooperacji w skali globalnej i regionalnej. Jako przykład, świadczą o tym działania administracji Unii Europejskiej, Paktu Północnoatlantyckiego NATO oraz państw stanowiących te organizacje. NATO przypisuje szczególne znaczenie zwalczaniu cyberterroryzmu i ochrony cyberprzestrzeni i jej funkcjonowania. Przykładem tego stanu rzeczy są:

- decyzja NATO podjęta w Pradze, w listopadzie 2002 r., o uruchomieniu Programu Obrony Cyberprzestrzeni (*The cyber defense program*) i zdolności reagowania na incydenty komputerowe (*The computer incident response capability*) – jako rezultat cyberataków na systemy NATO w Wojnie Bałkańskiej,
- decyzja NATO podjęta w Brukseli, w styczniu 2008 r., polegająca na przyjęciu Strategii Obrony Cyberprzestrzeni (*The policy on cyber defense*) oraz w maju 2008 r., przyjęcie Memorandum, o utworzeniu w Talinie Centrum Kompetencyjnego ds. Obrony Teleinformatycznej (*The concept for cooperative cyber defense of excellence*) – jako rezultat cyberataku na Estonię.

Obecnie w naszym kraju brak jest uregulowań prawnych w postaci np. ustawy, która normowałaby kompleksowo problem zwalczania cyberterroryzmu i ochrony cyberprzestrzeni. Nie oznacza to, że zagadnienia cyberterroryzmu są pomijane, są one wprowadzane do różnych dziedzinowych aktów prawnych oraz przepisów.

Ważnym jest to, że istnieją dwa istotne dokumenty – *Rządowy program ochrony cyberprzestrzeni RP na lata 2011-2016* oraz *Polityka ochrony cyberprzestrzeni Rzeczypospolitej Polskiej* [13], [4], które stanowią podstawy realizacji procesu ochrony cyberprzestrzeni RP i wypracowania postanowień prawnych w tym zakresie.

Rządowy program ochrony cyberprzestrzeni RP na lata 2011-2016 to podstawowy dokument ujmujący w sposób zwarty problemy związane z ochroną cyberprzestrzeni RP. Program stanowi sobą propozycje działań prawno-organizacyjnych, technicznych i edukacyjnych, których celem jest zwiększenie zdolności do zapobiegania i zwalczania zagrożeń ze strony cyberprzestrzeni. Celem strategicznym programu jest osiągnięcie akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa cyberprzestrzeni państwa.

Podobny cel prezentuje dokument *Polityka ochrony cyberprzestrzeni Rzeczypospolitej Polskiej*. Jest to dokument, którego treści są zgodne z wskazanym programem rządowym oraz z obowiązującymi w Unii Europejskiej i naszym kraju różnego rodzaju strategiami związanymi z bezpieczeństwem narodowym.

W zakresie ochrony cyberprzestrzeni na uwagę zasługuje inicjatywa administracji USA, w ramach której opublikowano w 2009 r. tzw. Zgodne wytyczne do audytu (*Consensus Audit Guideline*) [14]. Wytyczne te przedstawiono w formie dwudziestu głównych przedsięwzięć do stosowania i audytu w zakresie bezpieczeństwa informacji oraz systemów teleinformatycznych, jako zabezpieczenie przed cyberatakami.

## Podsumowanie

Cyberterroryzm to zagrożenie szczególne, współcześnie istniejące, rozwijające się, na które są narażone organizacje międzynarodowe, państwa i narody. Szczególnie niebezpiecznym jest cyberterroryzm o podłożu finansowym, fundamentalistycznym i ideologicznym.

W obliczu jego powszechnego istnienia często powstaje pytanie, czy dotyczy ono nas, naszego państwa. Odpowiedź może być tylko jedna – tak, dotyczy, a świadczą o tym zagrożenia i przestępstwa, jakich doznają obywatele korzystający z powszechnie dostępnych i publicznych zasobów teleinformatycznych. Uważa się, że z powodu uczestnictwa Polski w misjach i wojnach NATO oraz przyłączenia się do koalicji antyterrorystycznej zorganizowanej przez USA po ataku z 11 września 2011 r., Polska znajduje się w obszarze zainteresowania atakami terrorystycznymi ze strony sił fundamentalizmu islamskiego. Prawdziwym wydają się stwierdzenia, że dążą oni do ukarania Polski za współudział w ich zwalczaniu, stąd zagrożenie terrorystyczne zewnętrzne istnieje i może narastać [15]. Rzecz jednak w tym, by zagrożenia terrorystyczne i cyberterrorystyczne dostrzegać, liczyć się z nimi i zdecydowanie im przeciwdziałać.

Uogólniając prezentowane treści można sprecyzować następujące wnioski:

- cyberterroryzm to zagrożenie szczególne cywilizacji, społeczeństwa informacyjnego, bezpieczeństwa narodowego i obywateli i wymaga przeciwdziałania i zdecydowanego zwalczania,
- formy cyberterroryzmu, rodzaje ataków i metody ich prowadzenia są znane oraz powtarzające się. Przygotowanie na wymaganym poziomie zasobów osobowych i materialnych państwa i różnorodnych organizacji umożliwia skuteczną ochronę cyberprzestrzeni,
- metody i sposoby zapewnienia bezpieczeństwa informacji i systemów teleinformatycznych organizacji powinny być stosowane w sposób kompleksowy. Taka praktyka działania wychodzi naprzeciw potrzebom ochrony cyberprzestrzeni,
- w naszym kraju istnieje pilna potrzeba ustanowienia aktu prawnego stwarzającego kompleksowe prawne podstawy osiągnięcia akceptowalnego poziomu bezpieczeństwa cyberprzestrzeni.

Współcześnie szereg organizacji i instytucji o charakterze międzynarodowym i narodowym prowadzi prace badawcze w zakresie zagrożeń i ochrony cyberprzestrzeni oraz cyberterroryzmu, np. NATO, Unia Europejska, Interpol, Agencja Bezpieczeństwa Wewnętrznego RP, uczelnie techniczne i instytuty naukowo-badawcze w kraju. Prace tego typu realizowane są przez wyspecjalizowane zespoły badawcze w kraju, między innymi w Instytucie Łączności – Państwowym Instytucie Badawczym. Zagrożenia informacji i systemów teleinformatycznych w cyberprzestrzeni oraz metody im przeciwdziałania są obiektami zainteresowania i badania autorów publikacji.

## Bibliografia

- [1] Denning D. E.: *Wojna informacyjna i bezpieczeństwo informacji*, PWN, Warszawa, 2002
- [2] Denning D. E.: *Cyberterrorism*, www.cs.georgetown.edu, 2004
- [3] Garison L., Grand M.: *Cyberterrorism, an evolving concept*, NIPC highlights, 2004
- [4] Rządowy Program Ochrony Cyberprzestrzeni RP na lata 2011-2016, RCB, Warszawa, czerwiec 2010



- [5] Sienkiewicz P.: *Terroryzm w cybernetycznej przestrzeni*, w: *Cyberterroryzm nowe wyzwanie XXI wieku*, red. Jemioła T., Kisielnicki J., Rajchel K., WSIZiA, Warszawa, 2009
- [6] Strużak R.: *Problemy ochrony sieci teleinformatycznych przed narażeniami i terroryzmem elektromagnetycznym*, TiTI 3-4/2010, Warszawa, 2010
- [7] Convention on Cybercrime, Budapest, 23.09.2001
- [8] Czepielewski M.: *Cyberterroryzm jako element społeczeństwa informacyjnego, na przykładzie Estonii*, w: *Cyberterroryzm nowe wyzwanie XXI wieku*, red. Jemioła T., Kisielnicki J., Rajchel K., WSIZiA, Warszawa, 2009
- [9] ABW, [www.cert.gov.pl](http://www.cert.gov.pl)
- [10] Dela P.: *Cyberterroryzm jako zagrożenie dla infrastruktury krytycznej państwa*, Wykład habilitacyjny, AON, Warszawa, 2012
- [11] Europejski Program Ochrony Infrastruktury krytycznej (EPOIK) – KOM(2006) 786 wersja ostateczna – komunikat Komisji Wspólnot Europejskich z dnia 12.12.2006 r.
- [12] Szubrycht T.: *Cyberterroryzm jako nowa forma zagrożenia terrorystycznego*, ZN AMW, rok XLVI nr 1 (160), 2005
- [13] Polityka Ochrony Cyberprzestrzeni Rzeczypospolitej Polskiej, MAiC, ABW, Warszawa, 25 czerwca 2013
- [14] Consensus Audit Guideline, [www.sans.org/cag](http://www.sans.org/cag)
- [15] Biała Księga Bezpieczeństwa Narodowego RP, BBN, Warszawa, 2013
- [16] Bógdał-Brzezińska A., Gawrycki M.: *Cyberterroryzm i problemy bezpieczeństwa informacyjnego we współczesnym świecie*, ASPRA-JR, Warszawa, 2003
- [17] Czyżak M.: *Wybrane aspekty zjawiska cyberterroryzmu*, TiTI, 1-2/2010, Warszawa, 2010
- [18] Duda D.: *Terroryzm islamski*, UJ, Kraków, 2002
- [19] Hołys B.: *Cyberterroryzm jako zagrożenie XXI wieku*, WSM, Warszawa, 2010
- [20] Kisielnicki J.: *Cyberterroryzm jako element zagrożenia współczesnej cywilizacji*, UW, Warszawa, 2009
- [21] Lewis J. A.: *Assessing the risk of cyber terrorism, cyber war and other cyber threats*, Center for Strategic and International Studies, 2004
- [22] Liderman K.: *Normy i standardy w zakresie bezpieczeństwa informacyjnego i teleinformatycznego*, BIAiR, nr 26/2006, Warszawa, 2006
- [23] Sienkiewicz P.: *Analiza systemowa zagrożeń dla bezpieczeństwa cyberprzestrzeni*, Automatyka, tom 13, zeszyt 2, 2009
- [24] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. z 2007 r., nr 89 poz. 590 z późniejszymi zmianami)

### **Jakub Kowalewski**



Mgr inż. Jakub Kowalewski – absolwent Wyższej Szkoły Informatyki Stosowanej i Zarządzania, specjalista konstruktor elektronik w zespole łączności satelitarnej WZŁ Nr 1 S.A., a także uczestnik nadzoru i monitorowania systemów łączności satelitarnej dla WP i organizacji komercyjnych. Jego zainteresowania naukowe to: projektowanie i eksploatacja systemów satelitarnych, bezpieczeństwo informacji i systemów teleinformatycznych.

e-mail: J.Kowalewski@wz1.com.pl

### **Marian Kowalewski**



Prof. nzw. dr hab. inż. Marian Kowalewski – absolwent Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Łączności, nauczyciel akademicki i pracownik naukowy Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego (od 1997) i Politechniki Warszawskiej (od 2011). Prof. Kowalewski jest autorem wielu podręczników, skryptów akademickich i artykułów. Jego zainteresowania naukowe: planowanie, projektowanie, efektywność oraz bezpieczeństwo systemów telekomunikacyjnych.

e-mail: M.Kowalewski@itl.waw.pl

# *Wirtualna zajętość widma w sieciach radia kognitywnego - algorytmy oceny*

*Ryszard Strużak*

*Janusz Sobolewski*

*Artykuł zawiera ogólny przegląd problemów związanych z inżynierią widma w aspekcie radia kognitywnego, bez wiązania go z jakąkolwiek specyficzną technologią, zakresem częstotliwości lub zastosowaniem. Zajętość taka jest powodowana nieliniowościami w elementach toru transmisyjnego i w otoczeniu. Omawia się w nim podstawowe mechanizmy oraz dyskutuje problemy praktycznego wykorzystania tej nowej technologii. Przedstawia się dwa algorytmy, z których jeden pozwala odpowiedzieć na pytanie, czy dany kanał częstotliwości może być wykorzystany przez radio kognitywne w konkretnej sytuacji. Przytacza się wyniki badań symulacyjnych pokazujące, że wirtualna zajętość może znacznie ograniczać pulę dostępnych kanałów. Drugi algorytm pozwala oszacować prawdopodobieństwo tego rodzaju efektów nieliniowych przy koegzystencji systemów radiowych na danym obszarze geograficznym. Chociaż został on opracowany dla innego zastosowania radia (tzw. CB - citizen band) autorzy proponują, aby zaadaptować go dla potrzeb radia kognitywnego. Dotychczas, przy wyznaczaniu obszarów potencjalnego zastosowania radia kognitywnego nie brano pod uwagę wirtualnej zajętości ani nie zwracano uwagi na konieczność oddzielnego planowania częstotliwości dla kanałów nadawania i dla kanałów odbioru w radiu kognitywnym. Wspomina się związane z tematem wcześniejsze badania Instytutu Łączności i proponuje się dalsze prace.*

*Radio kognitywne, intermodulacja, zarządzanie widmem, inżynieria widma, wzbogacanie widma, kompatybilność elektromagnetyczna, wirtualna zajętość, kanał radiowy, prawdopodobieństwo zakłóceń, regulacje radiowe*

## **Wprowadzenie**

Radio kognitywne zostało zdefiniowane przez ekspertów Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego (ITU) w 2009 r. [1], dziewięć lat po opublikowaniu na ten temat pracy doktorskiej jego twórcy [2]. Jego definicja jest ogólna, niepowiązana z żadnym specyficznym zakresem częstotliwości, zastosowaniem, czy technologią. W takiej samej konwencji utrzymany jest także niniejszy tekst. Radio kognitywne można określić, jako samoorganizujący się system radiowy, który zbiera informację o otoczeniu, „uczy się” i wykorzystuje zebraną informację do zmiany swego działania w celu osiągnięcia zdefiniowanych wcześniej celów. Pozwala to wykorzystywać widmo radiowe w sposób dynamiczny, w odróżnieniu od tradycyjnego, statycznego jego wykorzystywania. Szersze jego zastosowanie może zmienić zasadniczo dotychczasowy sposób inżynierii widma radiowego, jego regulacji i zarządzania jego zasobami. W najbliższej przyszłości oczekuje się zastosowanie radia kognitywnego głównie w zakresach częstotliwości zajmowanych wcześniej przez telewizję analogową i zwolnionych po wprowadzeniu telewizji cyfrowej.

Technika komputerowa, telekomunikacja i inżynieria widma rozwijały się oddzielnie, posługując się różnymi pojęciami, metodami i narzędziami. Na przykład w klasycznym, ponad 1000-stronicowym, opracowaniu „Digital Communications” na omówienie zakłóceń nieliniowych, znanych w inżynierii widma, autor B. Sklar poświęca mniej niż pół strony. Podobnie A. S. Tanenbaum, w swym obszernym dziele „Computer Networks” w ogóle nie wspomina takich zakłóceń. W czasie przygotowywania tego artykułu autorzy spotkali się również z fałszywym poglądem, że zakłócenia nieliniowe nie mogą wy-

stępować w cyfrowych systemach radiowych. Niniejszy artykuł pokazuje, na przykładzie radia kognitywnego, jak te dyscypliny łączą i przenikają się wzajemnie.

Radio kognitywne może pracować na dowolnej częstotliwości, pod warunkiem przestrzegania wymagań Regulaminu Radiokomunikacyjnego. Potwierdziła to Światowa Konferencja Radiowa ITU z 2012 r. (WRC 2012). Oczekiwane korzyści, jakie ono oferuje są szeroko nagłaśniane (np. [3], [4], [5], [6], [7], [8]) i nie będą tu powtarzane. Znacznie mniej mówi się o potencjalnych problemach - nie są one jeszcze dostatecznie rozpoznane. Niektóre z tych problemów przedstawiono poniżej, ale Rekomendacja nr 76 wspomnianej Konferencji WRC 2012 zaleca dalsze badania.

Wspomniany Regulamin Radiokomunikacyjny wymaga, aby radio kognitywne pracowało zadowolająco w danym otoczeniu radiowym, bez powodowania w nim niedopuszczalnych zaburzeń. To wymaganie w istocie zawiera dwa warunki. Pierwszy z nich wynikający z warunku „zadowolająco” oznacza, że w kanale wybranym do odbioru poziom szumów i niepożądanych sygnałów z otoczenia jest odpowiedni niski w stosunku do sygnału użytecznego. Drugi warunek, dotyczący „niedopuszczalnych zaburzeń” otoczenia oznacza, że sygnał nadawany nie może powodować nadmiernych zakłóceń w działaniu innych systemów w otoczeniu.

Najczęściej bierze się pod uwagę potencjalne zakłócenia spowodowane przenikaniem pojedynczych sygnałów, co prowadzi do zajętości kanału z powodu zakłóceń wspólnie- lub sąsiednio-kanałowych. Zakłócenia tego rodzaju, znane jako zakłócenia liniowe, nie są tutaj bliżej omawiane. Autorzy skupiają się natomiast na zakłóceniach nieliniowych, które prowadzą do „wirtualnej zajętości kanału”. Określenie „wirtualnej” zostało tu przyjęte za Burke [9] dla podkreślenia szczególnej specyfiki tego rodzaju zakłóceń, która może występować w braku zakłóceń wspólnie- i sąsiednio-kanałowych. Zakłócenia wynikają tu z nieliniowego oddziaływania kilku sygnałów, o częstotliwościach nawet znacznie oddalonych od rozpatrywanego kanału-kandydata do wykorzystania. Zjawisko generowania takich szkodliwych produktów jest znane od dawna jako intermodulacja lub jej szczególny przypadek - modulacja skrośna. Charakteryzuje się ono pojawianiem się na wyjściu toru transmisyjnego nowych składowych (częstotliwości) będących kombinacją składowych zawartych w sygnale wejściowym oraz ich harmonicznych. Burke nazywa to „wirtualną zajętością” (virtual occupancy), Drozd natomiast – „wzbogacaniem widma” (spectrum enrichment) [10]. Proces wzbogacania widma jest przyczyną, a wirtualna zajętość skutkiem. Nie przenosząc żadnej użytecznej informacji, produkty nieliniowe mogą powodować niedopuszczalny wzrost poziomu zakłóceń (szumów) w określonych kanałach radiowych, co generalnie powinno być uwzględniane w procesie wyboru roboczych częstotliwości radia kognitywnego. Ma to istotne znaczenie zwłaszcza, gdy liczba dostępnych kanałów jest ograniczona, a moc sygnałów znaczna.

W wielu systemach radiowych moc promieniowanego sygnału użytecznego jest regulowana dynamicznie. Jeżeli moc sygnału zakłócającego z jakiegoś powodu wzrasta, to moc sygnału użytecznego jest automatycznie zwiększana tak, aby utrzymać jakość połączenia na wymaganym poziomie. Tak jest np. w popularnym standardzie telefonii komórkowej GSM. Jeżeli jednak moc sygnału użytecznego jest maksymalna i nie może być dalej zwiększana np. z uwagi na przepisy regulacyjne, ochronę zdrowia lub z uwagi na ograniczenia konstrukcyjne urządzenia, to jakość, zasięg użytkowy i inne wskaźniki transmisji ulegają pogorszeniu wraz ze wzrostem mocy zakłóceń (sygnałów niepożądanych) przenikających do odbiornika.

Holes w [11] twierdzi np., że taka właśnie sytuacja zaistniała w Europie po wprowadzaniu systemów telefonii komórkowej 3G w paśmie 900 MHz. W systemach 2G operatorzy mieli większą swobodę w wyborze częstotliwości roboczych i dobierali je biorąc pod uwagę eliminację zakłóceń nieliniowych na etapie planowania wykorzystania częstotliwości w sieci. W paśmie 900 MHz ta swoboda doboru częstotliwości była ograniczona z uwagi na stosunkowo małą liczbę dostępnych kanałów, co zmuszało

do kompromisów i używania także niektórych częstotliwości zagrożonych zakłóceniami nieliniowymi. W rezultacie użytkownicy mogą być w zasięgu stacji bazowej i odbierać silny sygnał użyteczny, a mimo to jakość transmisji głosowej może być niska, a transmisja danych znacznie spowolniona.

Jeżeli bilans przewidywanych szkód i korzyści z tytułu dopuszczenia w ograniczonym zakresie wirtualnej zajętości kanału jest pozytywny, np. prawdopodobieństwo zakłóceń nieliniowych jest bardzo małe, to szkodliwe produkty intermodulacji są tolerowane na etapie projektu. W krytycznych sytuacjach mogą być one eliminowane indywidualnie *ex post*, po uruchomieniu sieci. W tym celu stosuje się w krytycznych miejscach na stacjach nadawczych i/lub odbiorczych dodatkowo filtry, cyrkulatory, sprzęgacze kierunkowe itp., lub zmienia się lokalizację stacji [12], [13]. Który z możliwych wariantów wybrać, zależy od szczegółowej analizy kosztów i nakładów. Konieczna jest przy tym indywidualna ekspertyza, zwykle czasochłonna i kosztowna, bowiem spory, kto ma ponieść koszty eliminacji tego typu zakłóceń i ich skutków często kończą się dopiero po długotrwałym procesie sądowym.

W zastosowaniach krytycznych, np. transmisji radiowej w obliczu zagrożenia życia lub mienia, kiedy liczy się każda minuta, takie rozwiązanie *ex post* jest często niedopuszczalne. W takich przypadkach wirtualną zajętość pasma należy ocenić przed uruchomieniem sieci i zapobiec jej na etapie planowania. Chociaż takie podejście jest znane z radia klasycznego, większość publikacji na temat radia kognitywnego przez długi czas nie podnosiło sprawy zakłóceń intermodulacyjnych i prace poruszające ten problem są stosunkowo nieliczne (por. [9], [14]-[17]).

## Plan artykułu

Artykuł podzielony jest na osiem sekcji. W następnej sekcji przedstawia się istotę wirtualnej zajętości widma i mechanizmy wzbogacania widma sygnałów. W kolejnych częściach omawiany jest proces intermodulacji w elementach urządzeń i w ich otoczeniu oraz dyskutowane są problemy kompatybilności elektromagnetycznej związane z praktycznym wykorzystaniem radia kognitywnego. Następnie przedstawione są dwa algorytmy używane w Australii i w USA. Pierwszy z nich pozwala odpowiedzieć (teoretycznie) na pytanie, czy dany kanał częstotliwości może być wykorzystany przez radio kognitywne w konkretnej sytuacji. Jego zastosowanie w badaniach symulacyjnych pokazało, że wirtualna zajętość może znacznie ograniczać pulę kanałów dostępnych dla radia kognitywnego. Drugi algorytm pozwala teoretycznie oszacować prawdopodobieństwo tego rodzaju efektów przy koegzystencji systemów radiowych na danym obszarze geograficznym. Chociaż został on opracowany dla całkiem innego zastosowania (CB radio) autorzy proponują, aby zaadaptować go dla potrzeb radia kognitywnego. Dotychczas, przy wyznaczaniu obszarów potencjalnego zastosowania radia kognitywnego (*white space spectrum*) nie brano pod uwagę wirtualnej zajętości ani nie zwracano uwagi na konieczność oddzielnego planowania częstotliwości dla kanałów nadawania i dla kanałów odbioru w radiu kognitywnym. Dalej wspomina się związane z tematem wcześniejsze badania Instytutu Łączności. W zakończeniu, proponuje się kontynuację problematyki podjętej wcześniej w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności we Wrocławiu.

## Uproszczona teoria

Przy rozpatrywaniu efektu wzbogacania sygnałów przedstawia się zwykle tor transmisyjny jako prawie-liniowy czwórnik bez inercji, histerezy i pamięci. Jest to upraszczające problem przybliżenie rzeczywistych urządzeń, jednak wystarczająco dokładne dla celów inżynierskich. Transmitancję takiego czwórnika można w opisać szeregiem potęgowym w dziedzinie czasu  $t$ :

$$y = \sum_{i=0}^n a_i x^i \quad (1)$$

gdzie  $y = y(t)$  jest mocą sygnału na wyjściu czwórnika w chwili  $t$ ,  $x = x(t)$  mocą sygnału na jego wejściu,  $a_i$  są współczynnikami liczbowymi, zaś indeks  $i = 0, 1, \dots, n$ .

Dla idealnego systemu liniowego  $a_i$  przyjmują wartości zerowe dla wszystkich indeksów  $i > 1$ . Dla systemów prawie-liniowych  $|a_i| \ll |a_1|$ , dla wszystkich  $i > 1$ . Okresowy sygnał wejściowy można przedstawić w postaci szeregu Fouriera, jako sumę  $m$  składowych (tonów prostych) o amplitudach  $A_j$ , częstotliwościach  $\omega_j = 2\pi f_j$  i fazach  $\varphi_j$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ :

$$x = \sum_{j=1}^m A_j \cos(\omega_j t + \varphi_j) \quad (2)$$

Rzeczywiste sygnały mają bardziej złożoną strukturę, ale założenie okresowości sygnału znakomicie ułatwia analizę nie fałszując zbytnio zasadniczego obrazu procesu. Podstawiając równanie (2) do (1) oraz podnosząc indywidualne składniki do potęgi, a następnie stosując elementarne rozwinięcia funkcji trygonometrycznych uzyskuje się sygnał wyjściowy w postaci szeregu Fouriera:

$$y = \sum_{i=0}^n a_i \left[ \sum_{j=1}^m A_j \cos(\omega_j t + \varphi_j) \right]^i = \sum_{i=0}^{n^*} A_i^* \cos(\omega_i^* t + \varphi_i^*) \quad (3)$$

W idealnym systemie liniowym ( $y = a_1 x$ ), obowiązuje zasada superpozycji i widma sygnałów na wejściu i na wyjściu zawierają tę samą liczbę składowych ( $n^* = m$ ) o tych samych częstotliwościach ( $\omega_i^* = \omega_i$ ) i o proporcjonalnych amplitudach ( $A_i^* = a_1 A_i$ ). W przypadku systemu prawie-liniowego (1) amplitudy składowych na wejściu i na wyjściu są proporcjonalne tylko w przybliżeniu ( $A_i^* \approx A_i$ ), wskutek czego widma sygnałów wejściowego (2) i wyjściowego (3) różnią się. W wyrażeniu (3) pojawiają się dodatkowo harmoniczne składowych sygnału wejściowego i inne składowe, niewystępujące w sygnale wejściowym ( $n^* > m$ ), co tłumaczy termin „wzbogacanie widma”. Nowe składowe na wyjściu (tzw. produkty nieliniowe) mają częstotliwości równe kombinacjom częstotliwości wejściowych składowych widma ze współczynnikami całkowitymi (typu  $\sum_i k_i f_i$ , gdzie  $k_i$  jest liczbą całkowitą). Produkty nieparzystego rzędu (trzeciego, piątego, siódmego, dziewiątego itd.) występują na częstotliwościach bliskich częstotliwości roboczej, z których najsilniejsze są zwykle produkty 3. rzędu, chociaż Chase [18] opisuje znaczące zakłócenia powodowane przez produkty nawet 25. rzędu.

## Inżynieria widma

Inżynieria widma obejmuje dobór charakterystyk nadajników i odbiorników i ich lokalizacji w warunkach ograniczeń. Dla przykładu założmy, że dany jest skończony zbiór częstotliwości (kanałów), z których należy wybrać częstotliwość roboczą  $F$  (sygnału użytecznego) w sytuacji odbiornika, w otoczeniu którego istnieją dwa niepożądane sygnały o częstotliwościach odpowiednio  $F_1$  i  $F_2$ .

Pierwsze przybliżenie polega na pominięciu niedoskonałości i nieliniowości w systemach i w otoczeniu, które nie odgrywają zasadniczej roli w ich działaniu. W takim idealnym świecie wszystkie sygnały są doskonale filtrowane a wszystkie urządzenia i zjawiska są liniowe. Przy takich założeniach występować mogą jedynie zakłócenia wspólnokanałowe, kiedy  $F=F_1$  lub  $F=F_2$ . Tego rodzaju zakłócenia są zwykle najgroźniejsze także w systemach rzeczywistych. Można ich uniknąć, stawiając oczywisty warunek ograniczający, aby  $F \neq F_1$  i  $F \neq F_2$ . W przypadku większej liczby sygnałów niepożądanych każdy z nich definiuje takie ograniczenie. Założenie idealnej filtracji sygnałów często odbiega zbytnio od rzeczywistości i realne systemy zaplanowane w sposób wykluczający zakłócenia wspólnokanałowe mogą ulegać innym zakłóceniom omówionym w dalszej części.

W drugim przybliżeniu uwzględnia się zakłócenia sąsiedniokanałowe, które powstają na skutek przenikania energii sygnałów niepożądanych z kanałów sąsiednich w wyniku niedoskonałej filtracji sygnałów. Aby je wyeliminować, nie wystarcza, że częstotliwość robocza  $F$  jest różna od częstotliwości niepożądanych sygnałów otoczenia. Musi być ona ponadto odpowiednio oddalona od tych sygnałów. Różnice  $|F-F_1|$  i  $|F-F_2|$  muszą być dostatecznie duże: jak duże, zależy od konkretnej sytuacji. W przypadku większej liczby niepożądanych sygnałów w środowisku, każda taka różnica generuje nowe ograniczenie.

Założenie idealnej liniowości okazuje się często zbyt dalekie od rzeczywistości i systemy zaplanowane w sposób wykluczający zakłócenia wspólnokanałowe i sąsiedniokanałowe mogą w praktyce ulegać zakłóceniom na skutek nieliniowych procesów, jak to już wspomniano wyżej. Aby ich uniknąć, w trzecim przybliżeniu, przy wyborze częstotliwości roboczej  $F$  należy unikać produktów nieliniowych wynikających z zależności (1)-(3).

Na przykład, aby wyeliminować zakłócenia intermodulacyjne trzeciego rzędu, częstotliwość sygnału użytecznego powinna spełniać dwie nierówności:  $F \neq (2F_1 - F_2)$  oraz  $F \neq (2F_2 - F_1)$ . Przy większej liczbie sygnałów w otoczeniu, według raportu ECC [14], liczba produktów trzeciego rzędu wynosi  $(k^2 - k)$ , gdzie  $k$  oznacza liczbę składowych na wejściu. Dla  $k = 30$  daje to 870 składowych. Do tego dochodzą jeszcze liczne składowe produktów wyższego rzędu.

Zdarza się często, że mając do dyspozycji ograniczony zbiór dostępnych częstotliwości nie można dobrać takiej częstotliwości roboczej, która spełniałaby wszystkie wymienione wyżej ograniczenia. W takich przypadkach wymagany jest kompromis albo zmiana parametrów urządzeń, które w tej analizie powyżej zostały przyjęte za stałe. Są to np. koordynacja mocy sygnału użytecznego i sygnałów niepożądanych, koordynacja charakterystyk kierunkowości i polaryzacji stacji, koordynacja cykli pracy urządzeń, czy koordynacja lokalizacji stacji. Jest to przedsięwzięcie czasochłonne i trudne, zwłaszcza przy wielkiej liczbie zmieniających się dynamicznie sygnałów otoczenia.

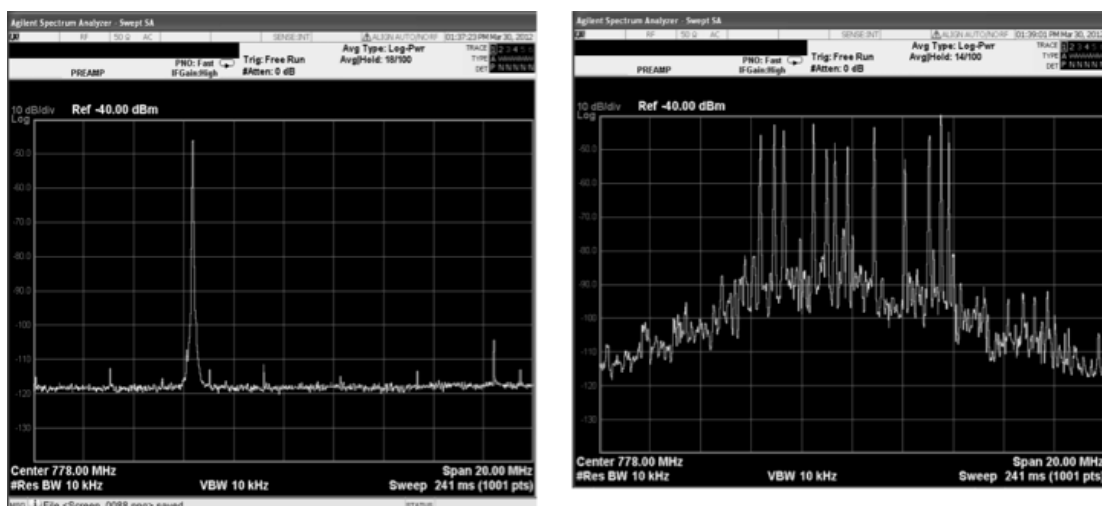
## Powstawanie wirtualnej zajętości

Badania zakłóceń intermodulacyjnych rozpoczęto na długo przed powstaniem koncepcji radia kognitywnego, także w Zakładzie Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności we Wrocławiu [10], [12], [13], [19]-[21]. Podstawowe procesy fizyczne powstawania zakłóceń w radiu kognitywnym są takie same jak w radiu tradycyjnym. Wchodzi tu w rachubę interakcja sygnałów pożądanых i sygnałów niepożądanych oraz nieliniowości urządzeń i środowiska. Ta interakcja może zachodzić w wielu miejscach: w elementach nadajników, w elementach odbiorników a także w elementach otoczenia. Ich moc zależy od stopnia nieliniowości, mocy promieniowanej/odbieranej oraz od sprzężenia urządzeń.

Urządzenia radiowe są projektowane tak, aby w przewidywanych (normalnych) warunkach pracy powodowały jak najmniej zakłóceń. Zakłócenia nie mogą być jednak wyeliminowane całkowicie ze względu na praktyczne ograniczenia technologiczne i ekonomiczne. Nieliniowe procesy w urządzeniach radiowych mogą być czynnikiem decydującym o sukcesie technologii radia kognitywnego [24]-[26]. W ogólnych normach dotyczących nadajników i odbiorników radiowych istnieją stosowne wymagania [22], [23]. Mogą one wymagać modyfikacji w miarę rozwoju technologii radia kognitywnego.

## Intermodulacja w elementach nadajnika

Największy wpływ na powstawanie efektów intermodulacji w nadajniku mają nieliniowości stopni końcowych i sprzężenie między antenami różnych nadajników, ponieważ sygnały mają tam największe amplitudy. Ten drugi mechanizm jest groźny w przypadku anten umieszczonych w niewielkiej odległości od siebie, np. na wspólnym maszcie. Sprzężenie anten polem elektromagnetycznym powoduje przepływ energii sygnałów do elementów nieliniowych sąsiadującego nadajnika, gdzie powstają niepożądane produkty. W literaturze amerykańskiej tego typu zakłócenia są znane jako *Transmitter Intermodulation* (TIM), natomiast w Raporcie ECC [14] nazywane są one *Reverse Intermodulation*. Do ich eliminacji wymagany jest odpowiedni dobór częstotliwości roboczych i/lub zastosowanie specjalnych urządzeń (filtrów, cyrkulatorów itd.), albo też odpowiednie oddalenie anten od siebie.



**Rys. 1.** Przykłady widma mikrofonów bezprzewodowych. Lewa strona: widmo odosobnionego mikrofonu. Prawa strona: widmo dwunastu mikrofonów pracujących jednocześnie obok siebie: poziom tła szumów jest większy o ok. 30 dB. (źródło: ECC Report 185 [14])

Na rysunku 1 pokazano dla przykładu zmierzone widmo częstotliwości nadajników małej mocy - bezprzewodowych mikrofonów używanych na scenie w czasie imprez kulturalnych [14]. Po lewej stronie przedstawiono widmo odosobnionego mikrofonu w formie „szpilki”, a po prawej stronie - widmo grupy dwunastu takich nadajników pracujących jednocześnie w bliskiej odległości obok siebie. Gdyby tory radiowe mikrofonów były idealnie liniowe, po prawej stronie rys. 1 byłoby widać 12 „szpilek”, a poziom tła szumów byłby taki sam jak w przypadku pojedynczego nadajnika. Nadajniki te są jednak tylko w przybliżeniu liniowe. Kiedy pracują blisko siebie, powstają produkty intermodulacji, widoczne w postaci dodatkowych mniejszych „szpilek”. Dwanaście mikrofonów bezprzewodowych pracujących jednocześnie na scenie daje 132 produkty intermodulacyjne trzeciego rzędu oraz liczne produkty wyż-



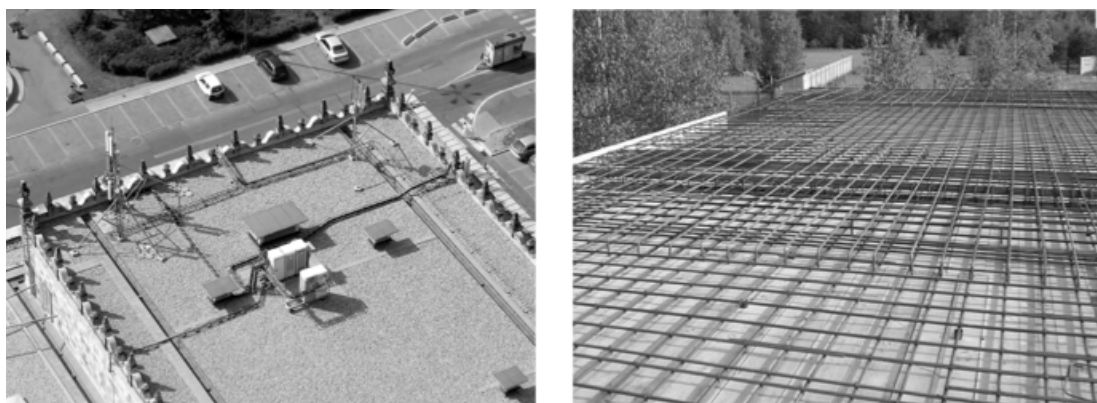
szych rzędów. Na rys. 1 żaden z nich nie jest wystarczająco silny, aby blokować sygnały pożądane (duże szpilki), ale powiększają one „szumy tła”, w pokazanym przypadku aż o około 30 dB. Taki wzrost może być niedopuszczalny i w skrajnym przypadku może uniemożliwić transmisję o wymaganej jakości.

## Intermodulacja w elementach odbiornika

Na wejściu odbiornika zazwyczaj znajduje się niskoszumny wzmacniacz, a wprowadzane tam produkty intermodulacji w zasadzie nie mogą być wyeliminowane w dalszych stopniach. Usunięcie ich wymagałoby np. zastosowania specjalnych filtrów, co jest zwykle niepraktyczne. Tego typu zakłócenia są znane w literaturze jako *Receiver Intermodulation* (RIM). Problem nieliniowości jest szczególnie istotny w przypadku układów szerokopasmowych. Razavi [28] opisuje np. szerokopasmowy wzmacniacz wejściowy odbiornika na zakres od 50 MHz do 10 GHz. Przy tak szerokim paśmie nieliniowe produkty intermodulacji wyższych rzędów (aż do rzędu 200) mieszczą się w paśmie przenoszenia wzmacniacza.

## Intermodulacja w elementach otoczenia

Otoczenie nadajnika, odbiornika i przestrzeń między nimi mają bezpośredni wpływ na moc sygnału użytecznego i sygnałów niepożądanych. Cytowany wcześniej Zienkiewicz w [12] przytacza przykład dwóch stykających się ze sobą prętów metalowych, które zachowują się jak anteny. W polu elektromagnetycznym indukują się w nich prądy elektryczne, a styk między nimi (zwłaszcza skorodowany) może mieć nieliniową charakterystykę oporności i generować produkty intermodulacji. Tego rodzaju zakłócenia nazywane są w literaturze amerykańskiej *Passive Intermodulation* (PIM) albo „efektem zardzewiałej śruby” (*rusty bolt*). Podobne efekty mogą występować w materiałach o nieliniowych właściwościach elektromagnetycznych. Na przykład Baran badał niedopuszczalne zakłócenia sygnału lokalnej stacji radiofonicznej w takt 100 Hz (tj. w takt drugiej harmonicznej sieci zasilania 50 Hz) [19]. Były one wywołane zmianami indukcyjności ferromagnetycznych drutów grzejnych w żelazkach do prasowania i innych urządzeniach domowego użytku. Zakłócenia te zanikają powyżej temperatury Curie.



**Rys. 2.** Przykład anten stacji bazowych na dachu budynku (lewa strona) oraz przykład typowego stropu zbrojonego w trakcie budowy (prawa strona). Metalowe pręty zbrojenia mogą działać jak przypadkowe anteny bierne, w których mogą się indukować prądy wielkiej częstotliwości z anten nadawczych umieszczonych bezpośrednio nad nimi. Pod wpływem korozji, ich styki mogą działać jak nieliniowe rezystancje i generować produkty intermodulacji. Takie zjawiska występować mogą na także połączeniach blach dachowych, siatek ogrodzeniowych itp. (źródło: Internet)

Ze względów praktycznych, takie nieliniowości w otoczeniu są zwykle niekontrolowane. Środowisko propagacji fal radiowych uważa się zazwyczaj za idealnie liniowe, chociaż nie zawsze i nie wszędzie jest to uzasadnione. Jeszcze w latach trzydziestych ubiegłego stulecia okryto i opisano tzw. Efekt luksemburski, występujący, kiedy w procesie propagacji bierze udział jonosfera. W innych przypadkach odgrywają rolę nieliniowości urządzeń i konstrukcji na trasie propagacji i w jej otoczeniu, jak na przykład w cytowanych wyżej żelazkach. Z uwagi na trudności modelowania, zwykle traktuje się te nieliniowości jako oddzielne anomalie, a problemy jakie stwarzają rozwiązuje się ad hoc, indywidualnie od przypadku do przypadku.

Na rys. 2 pokazano stacje bazowe umieszczone stosunkowo blisko siebie na dachu budynku, który może mieć zbrojenie w formie prętów stalowych, jak opisywał Zienkiewicz.

Holes w [29] podaje np., że skorodowane ramy okienne w pomieszczeniach stacji bazowych oraz metalowe elementy pobliskich budynków są najczęstszymi źródłami zakłóceń intermodulacyjnych. Wspomniany wcześniej Chase i in. podają przykłady zaburzeń powstających w elementach znajdujących się w otoczeniu anten na okrętach [18]. Najpoważniejsze z nich to metalowe liny, miejsca umocowania łańcuchów kotwicznych, drabiny, zawieszenia łodzi ratunkowych, zamocowania anten, wysięgniki i dźwigi. Na lądzie, podobne efekty powodować mogą częściowo skorodowane płyty z siatki metalowej, zbrojenia ścian i stropów, dachy pokryte blachą itp.

## Izolacja

Produkty nieliniowe nie występują w przypadku trwałych dobrych połączeń elektrycznych wszystkich elementów metalowych w sąsiedztwie (wówczas wszystkie styki mają charakterystykę liniową). Alternatywę stanowi kompletne wyeliminowanie połączeń elementów przewodzących w otoczeniu (wówczas brak styków i prądu elektrycznego). W celu wyeliminowania możliwości indukowania prądów elektrycznych i generowania produktów intermodulacji w antenowych konstrukcjach wsporczych, w Oddziale Instytutu Łączności we Wrocławiu opracowano nieprzewodzące antenowe konstrukcje wsporcze [27].

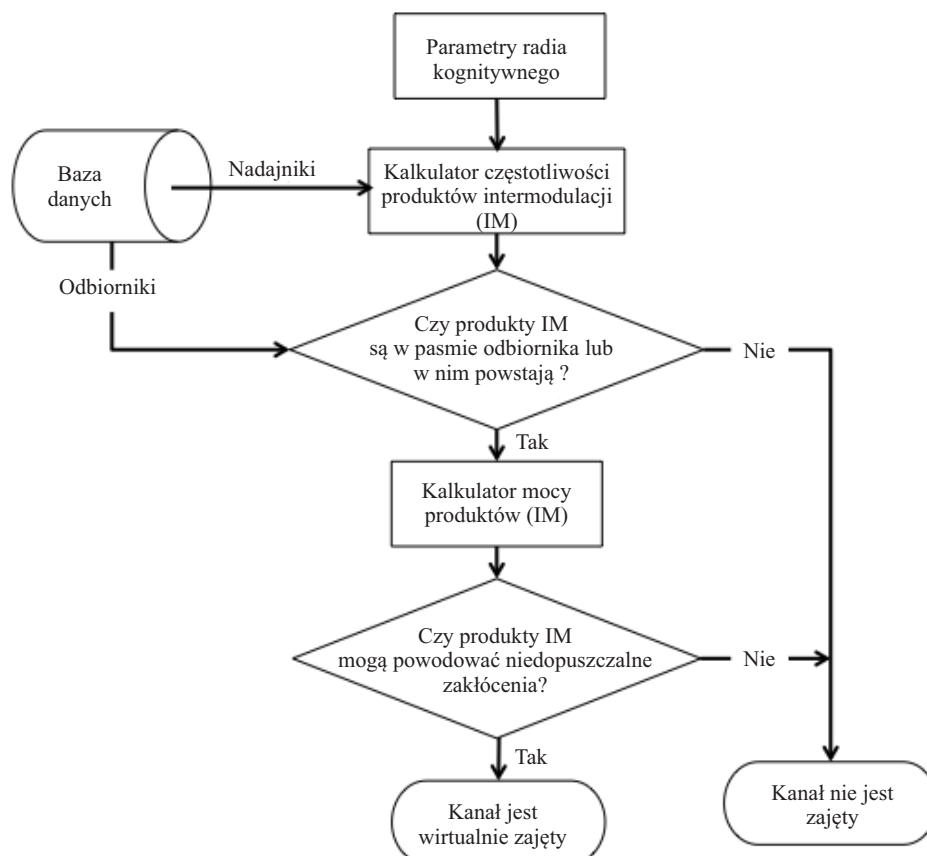
## Sprzężenie

Jak wspomniano wcześniej, zakłócenia intermodulacyjne rosną w sposób złożony wraz z mocą sygnałów w elementach nieliniowych. Moce te zależą z kolei od odległości od źródeł sygnałów. Przy większych odległościach, w tzw. polu promieniowania, moc sygnału maleje z kwadratem odległości. Zasadniczy wpływ na tłumienie sygnałów mają też przeszkody na trasie propagacyjnej, odbicia i tłumienie spowodowane stanem ośrodka propagacyjnego jak stan atmosfery i jonosfery, pogoda, opady, pora roku, zależnie od częstotliwości (por. [31]). Shepard opisuje w [30] przypadek generacji produktów intermodulacji w karoserii starego samochodu, stojącego w odległości ok. 30 metrów od anten stacji bazowej wyposażonej w kilka nadajników. Zakłócenia te zanikły po oddaleniu samochodu od anten na odległość ponad 60 metrów.

## Identyfikacja kanałów zajętych wirtualnie

Empiryczna identyfikacja kanałów zajętych wirtualnie przez bezpośredni pomiar produktów intermodulacji np. przy wykorzystaniu analizatora widma jest kosztowna i czasochłonna. Zależności (1)-(3) pozwalają analizować teoretycznie wirtualną zajętość kanałów szybciej i taniej. Wspomniany wyżej Burke analizował ten problem w służbie radiokomunikacji ruchomej lądowej w trzech regionach Australii [9]. Badania miały na celu określenie, jaki procent zasobów widma radiowego w zakresie czę-

stotliwości od 450-470 MHz nie może być wykorzystany z powodu produktów intermodulacji. Analiza ta była wykonana w związku z planowanym wprowadzeniem radia kognitywnego w Australii i była ograniczona do produktów trzeciego rzędu. W celu identyfikacji kanałów zajętych wirtualnie stosował on symulację komputerową i algorytm pokazany na rys. 3.



Rys. 3. Algorytm identyfikacji kanałów zajętych wirtualnie (źródło: [9])

W tym celu obliczał produkty intermodulacji dla każdego kanału wolnego od zakłóceń liniowych, przyjmując uproszczony model propagacyjny. Jeżeli działanie radia kognitywnego w tym kanale może potencjalnie generować produkt o mocy wystarczającej do zakłócenia odbioru sygnałów radia mobilnego, kanał ten był uznawany za wirtualnie zajęty. Tabela 1 przedstawia przykład wyników.

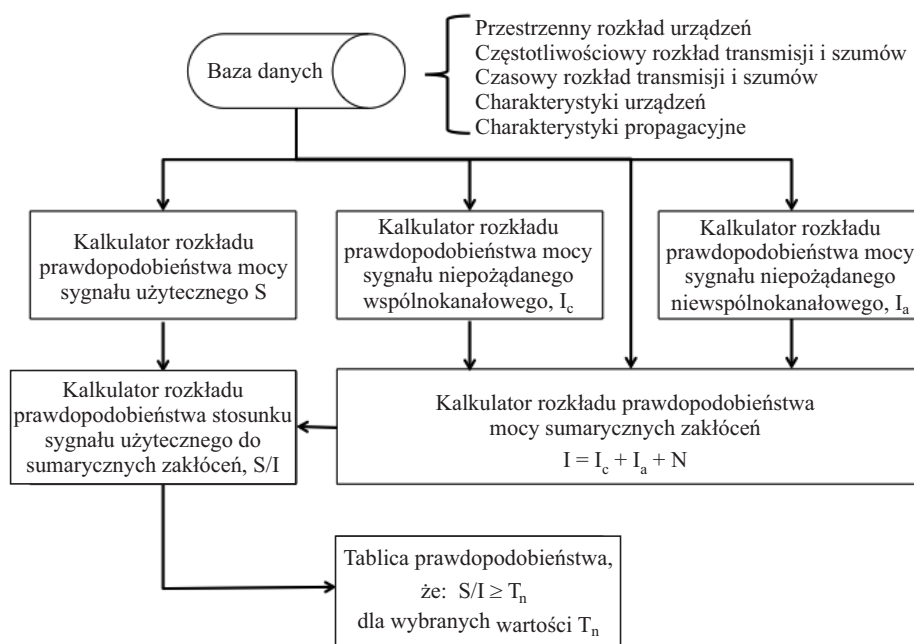
Tabela 1. Przykładowe wyniki symulacji wirtualnej zajętości kanałów [3]

Region	Liczba kanałów wolnych od zakłóceń współkanałowych	Procent kanałów wirtualnie zajętych
Canberra	1385	~13%
Sydney	914	~43%
Melbourne	1004	~85%

W efekcie stwierdzono, że w przypadku Melbourne, około 85% kanałów nie może być wykorzystane przez radio kognitywne bez zastosowania specjalnych środków eliminujących wirtualną zajętość kanałów. Zastosowanie specjalnych filtrów i izolatorów pozwala oczywiście zmniejszyć ten procent, lecz pociąga za sobą dodatkowe koszty.

## Prawdopodobieństwo wirtualnej zajętości

Nie należy oczekiwać, że wszystkie systemy i urządzenia są tak projektowane, produkowane i eksploatowane, że możliwość zakłóceń intermodulacyjnych (sygnałów wirtualnych) jest całkowicie wykluczona. Można jednak wymagać, aby prawdopodobieństwo ich występowania w określonym miejscu i w określonym czasie oraz w określonym paśmie częstotliwości nie przekraczało wartości dopuszczalnej. Istotna jest więc potrzeba określenia prawdopodobieństwa wirtualnej zajętości kanałów przed zainwestowaniem w nową sieć. To prawdopodobieństwo może decydować o sukcesie lub porażce działalności biznesowej związanej z radiem kognitywnym.



Rys. 4. Algorytm obliczania prawdopodobieństwa zakłóceń intermodulacyjnych (źródło: [32])

Na rys. 4 pokazano sposób analizy przyjęty wiele lat temu w USA w ramach przygotowań do nowelizacji regulacji prawnych. Chociaż nowelizacja dotyczyła radia CB, sposób postępowania - jak się wydaje - mógłby być zaadaptowany dla potrzeb radia kognitywnego. Berry wychodził tu z danych dotyczących geograficznego rozmieszczenia urządzeń radiowych oraz rozkładu ich aktywności w dziedzinie czasu i w dziedzinie częstotliwości, wykorzystując uproszczone modele propagacyjne do obliczeń tłumienia sygnałów radiowych na każdej trasie od nadajnika do odbiornika [32]. Dalej, obliczał rozkłady prawdopodobieństwa mocy sygnału użytecznego oraz sygnałów zakłócających wspólnokanałowych i innych, w losowo wybranym radiu. Na podstawie analizy dużej liczby wyników, obliczał zależne od

czasu, częstotliwości i położenia prawdopodobieństwo jakości usług, zależne od rozkładu stosunku mocy sygnału użytecznego do łącznej mocy szumów i zakłóceń na wejściu losowo wybranego radia.

## Dyskusja

Przedstawione wyżej podejście do oszacowania wirtualnej zajętości kanałów i ich prawdopodobieństwa wykorzystuje bazy danych. Opiera się ono na założeniu, że dane zawarte w bazie są wystarczająco rzetelne i aktualne, tj. reprezentują wiernie rzeczywiste otoczenie radiowe i lokalne regulacje radiowe. Jedną z technik radia kognitywnego teoretycznie eliminuje potrzebę korzystania z bazy danych. Polega ona bowiem na bezpośrednim pomiarze na bieżąco rzeczywistej zajętości widma (*spectrum sensing*). Jednak nie zawsze radio kognitywne wykorzystujące pomiar widma może obyć się bez dostępu do bazy danych. Sensory radia kognitywnego na ogół znajdują się w innym miejscu niż urządzenia radiowe otoczenia, które wymagają ochrony i sygnały w obu tych miejscach mogą się istotnie różnić. W efekcie, radio kognitywne opierające się wyłącznie na sensorach może błędnie kwalifikować kanały radiowe, jako dostępne do nadawania, podczas gdy w rzeczywistości nie mogą być one wykorzystane z powodu niedopuszczalnych zakłóceń w środowisku.

Dostęp do odpowiedniej bazy danych jest potrzebny do przechowywania danych, których pomiar jest utrudniony lub niemożliwy takich jak np. lokalne przepisy i regulacje, modele propagacyjne, wymagane współczynniki ochronne, czy dane o odbiornikach radiowych wymagających ochrony i o ich lokalizacji. Odbiorniki radiowe nie emitują sygnałów i wobec tego nie mogą być namierzone i zidentyfikowane w otoczeniu radia kognitywnego. Tymczasem proces wyboru odpowiedniego roboczego kanału radiowego z wymaga analizy potencjalnych konfliktów i holistycznej analizy kompatybilności elektromagnetycznej (koordynacji w dziedzinie częstotliwości, czasu, miejsca itd.).

Znane algorytmy i metody koordynacji częstotliwości zostały opracowane dla statycznych systemów radiowych. W samoorganizujących się systemach, do których zalicza się radio kognitywne, wymagane jest planowanie dynamiczne. Proces planowania częstotliwości roboczej musi być na bieżąco koordynowany z innymi użytkownikami w sąsiedztwie i aktualizowany za każdym razem, kiedy wystąpią zmiany w jego otoczeniu. Kiedy otoczenie elektromagnetyczne lub warunki propagacji fal radiowych zmieniają się, czynnik czasu może okazać się krytyczny.

Znane metody, np. [33], mogą okazać się zbyt wymagające pod względem czasu i zasobów obliczeniowych (pamięć, procesor) i radio kognitywne może nie zdążyć z adaptacją swych parametrów do zmieniających się warunków. Przydatne mogą okazać się tu przyspieszone metody obliczeń propagacyjnych (np. [34]) i planowania sieci radiowych (np. [35]). Proces wyboru optymalnych parametrów roboczych może być trudny nie tylko z uwagi na jego złożoność, ale także ze względu na rodzaj, liczbę i zmienność danych, które trzeba przy tym uwzględnić. Wcześniej przygotowana baza danych może ułatwić zadanie tylko wówczas, kiedy lokalne dane dotyczące urządzeń, zajętości widma i propagacji są wystarczająco kompletne, dokładne i aktualne.

Przy wyborze częstotliwości roboczej radia kognitywnego istotne są tzw. współczynniki ochronne (*protection ratio*, *interference margin*), które określają stopień ochrony sygnałów radiowych przed zakłóceniami. Stosowane powszechnie współczynniki ochronne wyznaczano dla określonych sygnałów zmodulowanych. Tymczasem produkty intermodulacji mają inną, bardziej złożoną strukturę, dla której mogą być potrzebne inne współczynniki ochronne. Podobnie, potrzebne mogą okazać się nowe kryteria zajętości kanałów (np. [36]). Dotychczas ustalano je w założeniu pojedynczych urządzeń. W przypadku wielkiej liczby urządzeń skupionych na ograniczonym obszarze wchodzi w rachubę sumaryczne zakłócenia. Zdaniem niektórych autorów (np. [37]) te właśnie zakłócenia są czyn-

nikiem krytycznym, chociaż trudnym do oceny, kiedy prosty model sumowania zakłóceń, np. zaproponowany w [38], nie znajduje zastosowania.

W wielu krajach dostęp do widma radiowego opiera się na zasadzie przetargu (kryterium bogactwa) - prawo dostępu dostaje ten, kto płaci najwięcej. A wchodzi tu w rachubę znaczne sumy. Na przykład Wikipedia podaje, że aukcja dwunastu pasm częstotliwości dla telefonii UMTS w Niemczech w roku 2000 przyniosła ponad 50 miliardów euro. W Indiach natomiast, koszt dostępu w przeliczeniu na jednego mieszkańca i na 1 MHz widma przekroczył 3,2 euro/MHz [39]. Efekt wirtualnej zajętości kanałów można by oszacować wiedząc, jaki procent wszystkich dostępnych kanałów podlega temu ograniczeniu. Według Tabeli 1, dla Australii procent ten wynosi 13-85%, w innych krajach może być podobnie.

Chociaż wspomniana wcześniej Konferencja WRC 2012 uznała, że wprowadzenie radia kognitywnego nie wymaga obecnie zmian w światowym Regulaminie Radiowym, wielu uważa, że radio kognitywne może istotnie naruszać interesy dotychczasowych użytkowników widma. Jeśli ta opinia sprawdzi się, zmiany w Regulaminie Radiowym wydają się nieuniknione. Z tego powodu potrzebne jest wcześniejsza analiza wszystkich jego skutków: technicznych (kompatybilność elektromagnetyczna), regulacji prawnych i opłacalności ekonomicznej. Wydaje się naturalne pozostawić analizę ekonomiczną indywidualnym przedsiębiorstwom zainteresowanym wykorzystaniem radia kognitywnego oraz zyskiem i ryzykiem z tym związanym. Regulacje prawne natomiast powinny zapewnić jednakowe traktowanie wszystkich użytkowników widma radiowego i bazować na obiektywnych przesłankach bez ulegania lobbingsowi. Takich obiektywnych przesłanek dostarczają rzetelne badania kompatybilności elektromagnetycznej. Takie analizy są jednak zbyt skomplikowane i zbyt kosztowne dla indywidualnych przedsiębiorstw, zwłaszcza małych i średniej wielkości, a takie właśnie są najbardziej zainteresowane innowacjami. Być może z tego właśnie powodu, w krajach najbardziej rozwiniętego kapitalizmu, jakimi są USA i Australia, opisane wyżej badania zostały wykonane przez jednostki administracji państwowej.

## Perspektywy

Jak wspomniano, dla ochrony interesów wszystkich użytkowników widma, szersze wykorzystanie technologii radia kognitywnego powinno być poprzedzone rzetelną analizą skutków jej stosowania. Potrzebę takich badań formułuje szereg autorów z Unii Europejskiej, co podkreśla m.in. Zander [37]. Problematyka radia kognitywnego znalazła się w programie Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej Instytutu Łączności we Wrocławiu. Badania są w toku. Ich wstępne wyniki były prezentowane na forum krajowym [41], [42] i międzynarodowym [43], a także zostały włączone do Raportu Europejskiej Komisji Łączności ECC [14] oraz do programu Międzynarodowego Centrum Fizyki Teoretycznej ICTP [40]. Zdaniem autorów problematyka bezkonfliktowego współistnienia nowych urządzeń przewidywanych do wprowadzenia na rynek z istniejącymi systemami radiowych powinna być dalej rozwijana w Zakładzie, przy udziale zainteresowanych podmiotów gospodarczych i organów administracji państwowej oraz przy współpracy międzynarodowej.

## Podziękowania

Koledzy M. Grzybkowski, A. Hildebrandt, M. Kałuski, M. Michalak, M. Pietranik, D. Więcek, J. Wroński i R. Żarko zgłosili cenne uwagi do wcześniejszej wersji tego tekstu. Autorzy serdecznie im za to dziękują.

## Bibliografia

- [1] *Definitions of Software Defined Radio (SDR) and Cognitive Radio System (CRS)*, Report ITU-R SM.2152, ITU, 2009.

- [2] Mitola J.: *Cognitive Radio - an Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio*, Royal Institute of Technology (KTH), 2000, [http://web.ict.kth.se/~jmitola/Mitola\\_Dissertation8\\_Integrated.pdf](http://web.ict.kth.se/~jmitola/Mitola_Dissertation8_Integrated.pdf) (14.11. 2013).
- [3] Akyildiz I.F., Lee W. - Y., Vuran M. C., Mohanty S.: *A survey on Spectrum Management in Cognitive Radio Networks*, IEEE Communications Magazine, April 2008, s. 40-48.
- [4] Comaniciu C., Agrawal P.: *A Game-Theoretic Approach to Interference Management in Cognitive Radio*, *Wireless Communications - The IMA Volumes in Mathematics and its Applications*, vol. 143, Springer 2007, s. 199-219.
- [5] Moe W. Z., Pinto P. C., Sheep L. A.: *Mathematical Theory of Network interference and Its Applications*, <http://dx.doi.org/10.1109/JPROC.2008.2008764>.
- [6] Lopez-Benitez M., Casadevall F.: *Methodologic Aspects of Spectrum Occupancy Evaluation in the Context of Cognitive Radio*, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ett.1453/full>.
- [7] Kang K-M., Park J. C., Cho S-I., Jeong B. J., Jin Y., Lim H-J., Im G-H.: *Deployment and Coverage of Cognitive Radio Networks in TV White Space*, IEEE Communications Magazine, vol. 12, 2012, s. 88-94.
- [8] ECC Report 159: *Technical and Operational Requirements for the Possible Operation of Cognitive Radio Systems in the "White Spaces" of the Frequency Band 470-790 MHz*, January 2011.
- [9] M. Burke M., Lally B. T., Kerans A. J.: *Virtual Occupancy in Cognitive Radio*, IEEE International Symposium on Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN), 2011, s. 328-336.
- [10] Drozd A. J.: *Evaluation of Discrete Spectrum Enrichment in Nonlinear Four-poles*, Proc. 2nd Int. Symposium on EMC, Montreux, Switzerland, 1977, s. 171-176;
- [11] Holes P.: *Locating Passive Intermodulation - PIM Faults*, <http://www.radio-electronics.com/articles/rf-topics/locating-passive-intermodulation-pim-faults-48>, 7/11/2012.
- [12] Zienkiewicz R.: *Zakłócenia intermodulacyjne w sieciach radiokomunikacji ruchomej*, Prace Instytutu Łączności, 1971, nr 1 (61), s. 3-57 oraz nr 2 (62), s. 3-44.
- [13] Pietranik M., Sęga W., Żarko R.: *Compatibility Between Mobile Services and TV Broadcasting in VHF Band. Practical experiences*, Proc. of the 15th Intern. Symp. on EMC, Wrocław, 2000, s. 695-698.
- [14] ECC Report 185: *Further Definition of Technical and Operational Requirements for the Operation of White Space Devices in The Band 470-790 MHz*, Complementary Report to ECC Report 159, January 2013.
- [15] ECC Report 186: *Technical and Operational Requirements for the Operation of White Space Devices Under Geo-Location Approach*, January 2013.
- [16] Stuber G. L., Almafouh S. M., Sale D.: *Interference Analysis of TV-Band Whitespace*, Proceeding of the IEEE, vol. 97, nr 4, April 2009, s. 741-754.
- [17] Newman T. R., DePardo D., Wyglinski A.M., Evans J. B., Rajbanshi R., Petty V.R., Datta D., Weidling F., Kolodzy P. J., Marcus M. J., Minden G. J., Roberts: *Measurements and Analysis of Secondary User Device Effects on Digital Television Receivers*, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2009, article ID 510867, DOI:10.1155/2009/510867.
- [18] Chase W. M., Rockway J. W., Salisbury G. C.: *A Method of Detecting Significant Sources of Intermodulation Interference*, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. EMC-17, nr 2, May 1975, s. 47-50.

- [19] Baran J.: *Badania impedancji drutów i elementów grzejnych w zakresie w.cz.* - praca dyplomowa magisterska, Instytut Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej, 1970.
- [20] Pietranik M., Żarko R.: *Ograniczenia w planowaniu sieci stacji UKF FM wynikające z intermodulacji w odbiornikach radiofonicznych*, Prace Instytutu Łączności, nr 105, Warszawa, 1995.
- [21] Hetel M., Pietranik M., Żarko R., Sęga W.: *Ocena kompatybilności systemów HD Radio i UKF FM*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej. Radiokomunikacja, Radiofonia, Telewizja, Politechnika Gdańska, Gdańsk, 2007, nr 1, s. 325-328.
- [22] *Unwanted Emissions in the Spurious Domain*, SM Series Spectrum management Recommendation ITU-R SM.329-12, Sept. 2012,
- [23] Rupp M.: *Radio Frequency (RF) Linearisation*, in T. A. Sturman (ed.): *An Evaluation of Software Defined Radio*, QuinetiQ/D&TS/COM/PUB0603670/ver.1.0, 2006.
- [24] Mahrof D. H., Klumperink E. A. M., Haartsen J. C., Nauta B.: *On the Effect of Spectral Location of Interferers on Linearity Requirements for Wideband Cognitive Radio Receivers*, IEEE, 2010, 978-1-4244-5188-3/10.
- [25] Marshall P. F.: *Cognitive Radio as a Mechanism to Manage Front-End Linearity and Dynamic Range*, IEEE Communications Magazine, March 2009, s. 81-87.
- [26] Reed J.: *Software Radio*, Prentice Hall PTR, 2002, ISBN 0-13-081158-0.
- [27] Dąbrowski H., Kania A., Klimkiewicz R.: *Antenowe konstrukcje wsporcze z tworzywa kompozytowego dla stacji bazowych w radiokomunikacji*, Raport Instytutu Łączności nr Z21/21-3-02-8/246/98.
- [28] Razavi B.: *Cognitive Radio Design Challenges and Techniques*, IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 45, nr 8, August 2010, s. 1542-1553.
- [29] Holes P.: *Locating Passive Intermodulation*, PIM Faults, Radio-Electronics.com, 24 April 2012, <http://www.radio-electronics.com/articles/rf-topics/locating-passive-intermodulation-pim-faults-48>, (7/11/2012).
- [30] Shepard N. H.: *A Report on Interference Caused by Intermodulation Products Generated in or Near Land Mobile Transmitters*, IRE Transactions on Vehicular Technology, 1967, vol. VT-16, nr 1, s. 16-19 (cytowane za [11]).
- [31] Staniec K., Grzybowski M., Erlebach K.: *Propagation Modelling* (Nawrocki M. J., Dohler M., Aghvami A. H.: *Understanding UMTS Radio Network Modelling, Planning and Automated Optimisation. Theory and Practice*) John Wiley&Sons, 2006, ch. 5, s. 67-113.
- [32] Berry L. A.: *Probability of Intermodulation Interference in an Expanded CB Service*, NTIA-TM-79-15, US Department of Commerce, 1979.
- [33] Leese R., Hurley S.: *Methods and Algorithms for Radio Channel Assignment*, Oxford University Press, 2002, ISBN 0-19-850314-8.
- [34] Wroński J.: *Zastosowanie obliczeń równoległych w planowaniu naziemnych sieci radiowych* (rozprawa doktorska) Politechnika Wroclawska, Wrocław, 2013, I28/P-004/2013.
- [35] Strużak R.: *Microcomputer modeling, analysis and planning in terrestrial television broadcasting*, Telecommunication Journal, vol. 59-X/1992, s. 459-492.
- [36] Strużak R.: *On Spectrum Congestion and Capacity of Radio Links*, *Annals of Operations Research*, vol. 107, 2001, s. 339-347, ISSN 0254-5330.



- [37] Zander J., Sung K. W.: *Opportunistic Secondary Spectrum Access: Opportunities and Limitations*, The Radio Science Bulletin, URSI, nr 400, March 2012, s. 28-33.
- [38] Strużak R.: *Terrestrial Electromagnetic Environment*; w: Rotkiewicz W. (ed.): *Electromagnetic Compatibility in Radio Engineering*, Elsevier – WKL, 1982, ISBN 0-444-99722-9.
- [39] Tjelta T., Strużak R.: *Spectrum Management Overview*, The Radio Science Bulletin, URSI, nr 400, March 2012, s. 25-28.
- [40] Strużak R., Więcek D.: *Regulatory Issues for TV White Spaces*, w: M. Zennaro (ed): *TV White Spaces, a Pragmatic Approach*, ICTP, ISBN: 978-9295003-50-7.
- [41] Gołębiowski B., Niewiadomski D., Sobolewski J., Więcek D.: *Możliwości wykorzystania widma radiowego w systemach radia kognitywnego*, KKRRiT 2012, Gdańsk, maj 2012.
- [42] Grzybkowski M. J.: *Perspektywy zagospodarowania widma radiowego w Polsce pod kątem implementacji radia kognitywnego*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, vol. 1-2, 2012, s. 18-39.
- [43] D. Więcek D.: *Methodology of White Space estimation in TV bands based on the ITU GE06 technical conditions*, Cost IC0905 Terra 3rd Workshop, Brussels, 21.06.2011.

## Ryszard Strużak



Profesor zw. dr hab. inż. Ryszard Strużak - ukończył Politechnikę Wrocławską, doktorat i habilitację uzyskał na Politechnice Warszawskiej. Inicjator, organizator i długoletni kierownik pierwszego w Polsce Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej w IŁ PIB oraz kierownik oddziału tego instytutu we Wrocławiu. Były wice przewodniczący ITU Radio Regulations Board i były Acting Assistant ITU-CCIR Director w ITU w Genewie. Były profesor Politechniki Wrocławskiej i Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie. Autor/ współautor licznych publikacji i patentów. Dwukrotny laureat nagród międzynarodowych, trzykrotny laureat nagród ministerialnych, sześciokrotny laureat nagród PTETiS O/Wrocław. Przewodniczył Podkomitetowi EMC KEiT PAN. Kierował pracami międzynarodowych grup studiów w ITU i URSI. Zapraszany do komitetów programowych licznych konferencji naukowych i do wykładów w różnych krajach. Współinicjator i były przewodniczący Międzynarodowego Wrocławskiego Sympozjum Kompatybilności Elektromagnetycznej. Uhonorowany Srebrnym Medalem ITU za szczególne zasługi dla rozwoju telekomunikacji na świecie. Wyróżniony międzynarodową nagrodą honorową IEEE EMCS oraz tytułami IEEE Life Fellow, Member of New York Academy of Sciences oraz Academician of International Telecommunication Academy.

e-mail: r.struzak@ieee.org

## Janusz Sobolewski



Dr inż. Janusz Sobolewski - absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej (1974), studia doktoranckie w Instytucie Telekomunikacji i Akustyki Politechniki Wrocławskiej, doktor nauk technicznych (1980); pracownik naukowy Instytutu Łączności Oddziału we Wrocławiu (od 1980), kierownik Zakładu Kompatybilności Elektromagnetycznej (od 2005). Dr Sobolewski jest autorem licznych publikacji, jednego patentu, ponadto kieruje Projektem PIAST realizowanym w ramach POIG Działanie 2.3. Jego zainteresowania naukowe: planowanie sieci naziemnej telewizji cyfrowej DVB-T, radia cyfrowego DAB+ czy radiofonii UKF FM oraz kompatybilność systemów radiowych.

e-mail: [j.sobolewski@il.wroc.pl](mailto:j.sobolewski@il.wroc.pl)

# ***Obrazowanie stanu akumulatorów w smartfonie na podstawie SMS-ów z urządzeń TBA-IŁ***

***Paweł Godlewski, Bolesław Kowalczyk,  
Piotr Kobus, Katarzyna Wojciechowska***

*W artykule scharakteryzowano zasady eksploatacji baterii akumulatorów w obiektach telekomunikacyjnych, podano ogólne informacje o rodzinie urządzeń TBA-IŁ, przeznaczonych do pomiaru dysponowanej pojemności takich baterii w obiektach oraz opisano wprowadzoną w ostatnim okresie ich nową funkcjonalność – graficzną prezentację wyników badań w smartfonie na podstawie odebranych z tych urządzeń wiadomości SMS.*

***Badanie stanu baterii akumulatorów, zasilanie urządzeń łączności, zdalna kontrola***

## **Wprowadzenie**

Systemy telekomunikacyjne w Polsce to w sumie ponad 20 tysięcy obiektów. Ich urządzenia techniczne muszą być zasilane także przy zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej. Wobec tego zasilanie urządzeń w obiekcie może odbywać się zarówno z pierwotnego źródła energii, tzn. sieci elektroenergetycznej o napięciu 230/400 V, jak i ze źródła rezerwowego, którym najczęściej są dwie, pracujące równolegle, baterie akumulatorów kwasowo-ołowiowych VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*), z elektrolitem w postaci żelu lub uwięzionym w macie szklanej, tzw. AGM (*Absorbed Glass Material*).

Akumulatory typu VRLA podczas eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych wymagają okresowej wymiany. Biorąc pod uwagę ich wysokie ceny - jedna bateria akumulatorów 48 V o pojemności 500 Ah kosztuje powyżej 20 tys. zł plus koszty samej wymiany około 3 tys. zł oraz fakt, że obiekty telekomunikacyjne są głównie bezobsługowe, nawet niewielkie usprawnienia w tym zakresie mogą przynieść operatorowi wymierne korzyści.

Sytuacja taka skłoniła Instytut Łączności do podjęcia badań w tym obszarze, co w efekcie zaowocowało m.in. opracowaniem i wdrożeniem do eksploatacji rodziny automatycznych przenośnych urządzeń do kontroli dysponowanej pojemności baterii VRLA telekomunikacyjnych systemów zasilających – o wspólnym symbolu TBA-IŁ.

Pierwsze urządzenia (TBA2-IŁ) sprzedano w 2001 roku i są one nadal wykorzystywane przez operatorów telekomunikacyjnych. Okresem przełomowym stały się lata 2009-2011, gdy Instytut zrealizował w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka projekt pt. „Nowa generacja urządzenia do kontroli baterii VRLA telekomunikacyjnych systemów zasilających”. Jego efektem były urządzenia TBA160-IŁ o dużej wydajności prądowej, umożliwiającej badanie baterii akumulatorów o pojemności do 3200 Ah, bardzo zaawansowane technologicznie i o szerokiej funkcjonalności. Na podstawie zdobytych doświadczeń w 2012 roku opracowano ekonomiczne przenośne urządzenia TBA30-IŁ i TBA50-IŁ oraz koncepcję urządzeń stacjonarnych TBA-ST.

Urządzenia TBA-IŁ zyskały uznanie użytkowników, gdyż za pomocą jednego przenośnego urządzenia można w ciągu roku ocenić stan baterii aż w 50 obiektach i zdobywały odznaczenia na licznych wystawach i targach. Urządzenie TBA2-IŁ uzyskało w 2002 roku tytuł „Polski Produkt Przyszłości”. Na wystawach innowacyjnych rozwiązań urządzenia TBA150-IŁ były wyróżniane w 2010 roku w Warszawie i Genewie (Szwajcaria), a urządzenia TBA160-IŁ: w 2010 roku w Seulu (Korea Płd.), w 2011 roku na Intertelekom w Warszawie oraz w Genewie i w Kuala Lumpur (Malezja), natomiast w 2013 roku w Moskwie (Rosja).

Aktualnie dostępne są przenośne urządzenia: TBA160-IŁ przeznaczone do kontroli baterii 24-50 V o pojemności do 3200 Ah, TBA150-IŁ do kontroli baterii 46/48 V o pojemności do 3000 Ah, TBA50-IŁ do kontroli baterii 48 V o pojemności do 1000 Ah oraz najtańsze i najprostsze TBA30-IŁ do kontroli baterii 48 V o pojemności do 600 Ah.

## Charakterystyka akumulatorów wykorzystywanych w telekomunikacji

Baterie akumulatorów charakteryzują takie parametry jak:

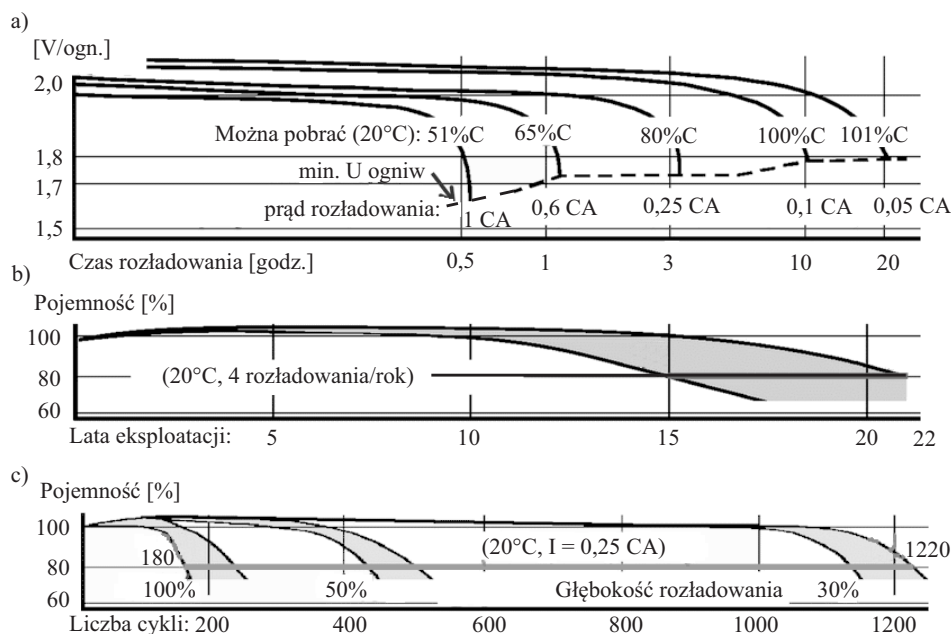
- rodzaj, typ oraz technologia wykonania,
- napięcie znamionowe, pojemność znamionowa (podawana przez producenta) i dysponowana bieżąca zdolność gromadzenia energii,
- napięcie buforowania oraz dopuszczalne napięcia rozładowania i ładowania,
- współczynnik kompensacji temperaturowej,
- żywotność w latach i cyklach pracy oraz rok produkcji.

Wymagane zwykle w telekomunikacji napięcie znamionowe baterii 48 V uzyskuje się poprzez szeregowe łączenie, już w obiekcie, ogniw o napięciu nominalnym 2 V lub monobloków o napięciu 4 V, 6 V, 8 V lub 12 V.

Głównym parametrem każdego akumulatora jest pojemność, mierzona w amperogodzinach (Ah). Stanowi ona miarę energii, jaką można pobrać z akumulatora. Pojemność znamionową (oznaczaną jako C) producenci podają najczęściej dla tzw. prądu 10-godzinnego (oznaczanego jako 0,1 CA), umożliwiającego w ciągu 10 godzin pobranie 100% pojemności akumulatora bez przekraczania dolnego napięcia granicznego, wynoszącego dla tego prądu 1,80 V/ogniwo. Minimalnie większa pojemność jest dla prądu 20-godzinnego, tzn. 0,05 CA.

W telekomunikacji wykorzystuje się akumulatory o pojemności znamionowej od 50 do 3500 Ah. Pojemność (tzw. dysponowana) takiego akumulatora maleje chwilowo przy pracy w niskiej temperaturze oraz ze wzrostem pobieranego prądu (rys. 1a), a nieodwracalnie z liczbą zrealizowanych cykli rozładowania-ładowania oraz z upływem czasu jego eksploatacji (rys. 1b-c).

Producenci akumulatorów oferują, zależnie od zastosowanej technologii, a więc i ceny, akumulatory VRLA o projektowanej żywotności od trzech do 20 lat pracy w układzie z ciągłym napięciem buforowania oraz o gwarantowanych 200-2000 (różnie definiowanych) cyklach rozładowania-ładowania. Podawane wartości odnoszą się do pracy w temperaturze +20°C oraz rozładowywania i ładowania baterii określonym stałym prądem, przy czym zawsze istnieje znaczny rozrzut tych parametrów, a podawane są z reguły wartości maksymalne.



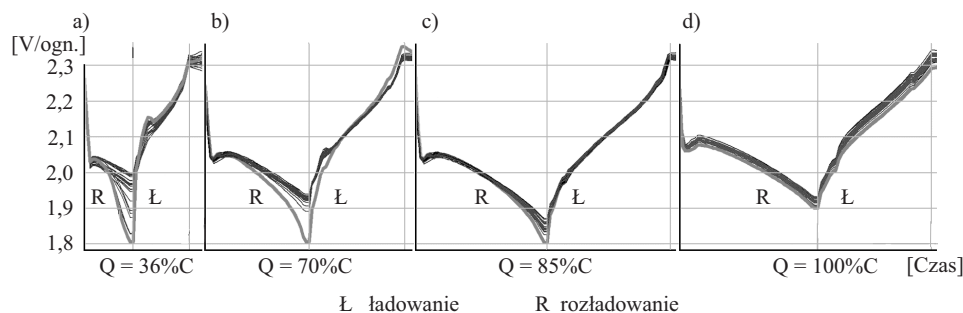
**Rys. 1.** Dysponowana pojemność wybranego akumulatora w funkcji: a) wartości pobieranego prądu, b) czasu eksploatacji i c) liczby cykli rozładowania (źródło: katalog firmy Panasonic)

Realną żywotność baterii podaną w latach lub cyklach, rozumianą jako przedział w którym akumulator ma zdolność udostępnienia co najmniej 80% pojemności znamionowej przy 10-godzinym prądzie rozładowania, obniżają niekorzystne czynniki jak:

- wysoka temperatura pracy - każde 10°C ponad +20°C skraca żywotność akumulatora o połowę,
- nieodpowiednie dla aktualnej temperatury napięcie buforowania,
- zbyt wysoki lub zbyt niski prąd rozładowania,
- brak okresowego rozładowania lub zbyt mała jego głębokość,
- długie pozostawanie w stanie ponad 50-procentowego rozładowania,
- odbiegający od zalecanego prąd ładowania i niewłaściwe napięcie końcowe ładowania.

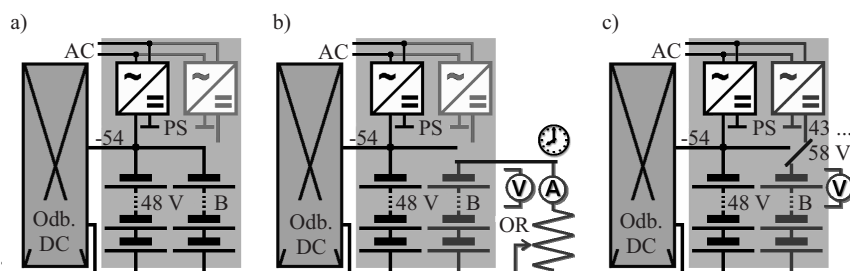
## Badanie stanu baterii akumulatorów

Wraz z upływem czasu eksploatacji, ze względu na różne od optymalnych warunki pracy, część baterii akumulatorów traci wymaganą pojemność (o pojemności baterii decyduje jej najgorsze ogniwo) już przed połową okresu zadeklarowanej żywotności, ale też ich część jest sprawna dłużej niż deklaruje producent i dystrybutor. Aby więc obiekty telekomunikacyjne dysponowały wymaganą gwarantowaną rezerwą energetyczną, baterie akumulatorów w ich siłowniach należy, albo odpowiednio często wymieniać, co jest kosztowne, albo okresowo kontrolować i wymieniać jedynie baterie niesprawne. Wyniki kontroli pojemności czterech baterii VRLA blisko końca czasu ich projektowanej żywotności pokazano na rys. 2.



**Rys. 2.** Wykresy napięć ogniw podczas kontrolnego rozładowania (R) i ładowania (Ł) różnych baterii akumulatorów blisko końca czasu ich projektowanej żywotności ( $Q$  to dysponowana pojemność, podana jako procent pojemności znamionowej  $C$ ). Źródło: badania Instytutu Łączności dla baterii 500-1600 Ah wybrane spośród kilkudziesięciu zebranych w 2010/2011 roku podczas badań eksploatacyjnych urządzeń TBA160-IL w obiektach telekomunikacyjnych

Jedyną wiarygodną metodą pomiaru dysponowanej pojemności akumulatorów VRLA jest kontrolne rozładowanie stałym ustalonym prądem. W obiektach telekomunikacyjnych dysponowaną pojemność baterii akumulatorów, odłączanych na czas badań od siłowni i odbiorów, można zmierzyć korzystając z przenośnych opornic rozładowczych lub z urządzeń automatycznych. Zasadę badania, realizowanego za pomocą opornicy OR i dodatkowego prostownika PS, ilustruje rys. 3.



**Rys. 3.** Pomiar dysponowanej pojemności baterii „B” metodą kontrolnego rozładowania: a) siłownia, b) rozładowanie za pomocą opornicy OR, c) ładowanie z prostownika PS

Baterię przeznaczoną do badania należy odłączyć od prostowników PS i odbiorów energii siłowni Odb. DC. Operacja rozładowania może trwać do 10 godzin, a ładowania ponad 13 godzin. Energię pobieraną z kontrolowanej baterii opornice rozładowcze zamieniają na ciepło. Opornice stosowane obecnie nie mają funkcji powiadamiania o stanie pracy, a cały proces musi przebiegać pod kontrolą i w obecności personelu.

W celu rozładowania – bateria „B” jest dołączana do opornicy rozładowczej „OR” (rys. 3b). Opornica, zmieniając rezystancję, utrzymuje stały zadany prąd, np. 10-godzinny. Jednocześnie okresowo mierzone są i rejestrowane (np. przez pracownika obsługującego) napięcia jej ogniw. Rozładowanie przerywa się po osiągnięciu przez najsłabsze ogniwo końcowego napięcia rozładowania (1,80 V dla prądu 10-godzinnego). Znając prąd (w amperach) oraz czas rozładowania (w godzinach), można obliczyć pojemność

$$Q \text{ [Ah]} = \text{prąd [A]} \times \text{czas [h]}, \quad (1)$$

a za pomocą równania:

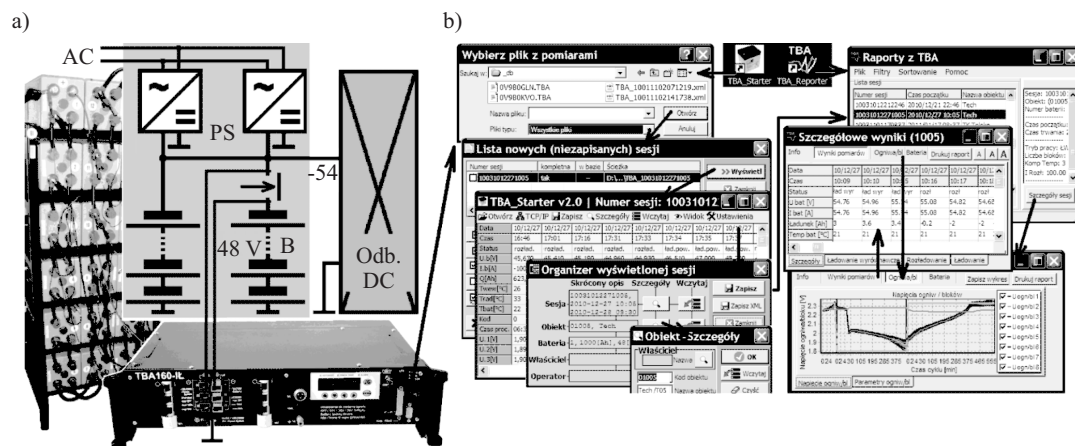
$$Q_{20^{\circ}\text{C}} = Q_t [(1-0,01) \cdot (t-20^{\circ}\text{C})] \quad (2)$$

także pojemność dysponowaną w temperaturze odniesienia (20°C). Wynik podzielenia pojemności dysponowanej  $Q$  przez znamionową  $C$  określa, czy bateria wymaga wymiany (tak, jeśli wynik poniżej 80%). Rozpatrując napięcia końcowe poszczególnych ogniw można ponadto stwierdzić, czy niska pojemność baterii to skutek niesprawności jednego czy też wielu ogniw, gdy jednego lub dwu, to można je zastąpić sprawnymi, ale tego samego typu i wieku.

Bezpośrednio po rozładowaniu, przed ponownym dołączeniem do siłowni, należy przeprowadzić ładowanie baterii co najmniej do napięcia buforowania (ok. 54 V) – za pomocą prostownika z układu z rys. 3c.

## Przenośne urządzenia TBA-IL

Przenośne urządzenia TBA-IL automatyzują proces badania pojemności baterii akumulatorów (rys. 4a), umożliwiając autonomiczną, bez udziału personelu technicznego, realizację cyklu badaniowego trwającego nawet 48 godzin. Cykl badania może obejmować ładowanie wyrównawcze, rozładowanie oraz ładowanie powrotne. Urządzenia TBA-IL (TBA160-IL, TBA150-IL, TBA50-IL i TBA30-IL) energię z kontrolowanej baterii, poprzez szynę systemową (-54), przekazują do odbiorów energii Odb. DC, a do ładowania pobierają energię z prostowników PS. Należy podkreślić aspekt ekologiczny – energia z rozładowywanej baterii jest tu oddawana do lokalnych odbiorników, podczas gdy w rozwiązaniach opartych o opornicę (rys. 3) jest bezpowrotnie tracona. Zadaniem personelu jest dołączenie kontrolowanej baterii (odłączonej od siłowni i odbiorów) do urządzenia, zaprogramowanie i zainicjowanie badań, a po ich zakończeniu przywrócenie uprzedniego układu pracy siłowni oraz przekazanie, np. poprzez kartę pamięciową SD, wyników do komputera PC, gdzie zostaną zarejestrowane i mogą być w przejrzystej formie zobrazowane. Sposób zobrazowania pokazano na rys. 4b.



Rys. 4. Badanie baterii akumulatorów urządzeniem TBA160-IL (a) i pełne wyniki badań (b)

Przy opracowywaniu w 2000 roku w Instytucie Łączności urządzeń TBA2-IL zakładano, że dane o przebiegu ich pracy i wyniki badań będą przesyłane, poprzez 2-przewodowy kabel do portu RS-232

w komputerze personelu technicznego obiektu. Po likwidacji dyżurów w obiektach dodano w tych urządzeniach funkcję przekazywania informacji o stanie pracy do odległych Centrów Nadzoru za pośrednictwem systemu KSN. KSN, obecnie SCS Win – to rozwijane przez firmę EP&M rozwiązanie do nadzoru stanu i zarządzania urządzeniami systemów zasilania, powstałe na bazie opracowania IL. Jednak w miarę jak centra obejmowały swym zasięgiem coraz rozleglejsze obszary, ostatecznie zabrakło w nich funkcji obsługi komunikatów z przenośnych urządzeń badaniowych. Od 2003 roku urządzenia TBA-IL były wyposażane w interfejs Ethernet, lecz wykorzystywano go jedynie do transmisji wyników badań do lokalnego PC, gdyż operatorzy nie udostępnili tym urządzeniom Intranetu. Dopiero opracowane w latach 2009-2011 w Instytucie Łączności urządzenia TBA160-IL uzyskały autonomię w zakresie zdalnego powiadamiania o stanie pracy, wykorzystując sieć GSM i komunikaty SMS.

## SMS nośnikiem informacji o wynikach badań i stanie urządzenia badaniowego

Zaimplementowana w urządzeniach TBA160-IL i w nowych TBA30-IL oraz TBA50-IL usługa powiadamiania za pomocą SMS-ów funkcjonuje następująco. Po dołączeniu urządzenia pomiarowego do badanej baterii w siłowni (rys. 4a), aktywacji funkcji GSM i zaprogramowaniu badań, operator wysyła do urządzenia SMS o treści TBA-sms, oczekując powiadomienia o alarmach i zakończeniu pracy albo o treści TBA-tba, gdy chce być powiadamiany także o zakończeniu każdego z etapów pracy. Urządzenie potwierdza przyjęcie polecenia i będzie kierować kolejne SMS-y do jego nadawcy. Ponadto urządzenie natychmiast odpowie dowolnemu nadawcy na przesłane SMS-em zapytanie o bieżący stan pracy TBA-status – stąd np. dyspozytor może upewnić się, czy i jak urządzenie pracuje, nawet jeśli nie on zainicjował badanie. Odpowiedź można odczytać na ekranie każdego telefonu komórkowego, przy czym na starszych telefonach tekst wymaga niewygodnego przewijania.

W pierwotnej wersji urządzenia TBA160-IL tekst SMS-a mógł zawierać do ośmiu grup znaków, a przykłady wysyłanych komunikatów i ich znaczenie pokazano na rys. 5.

Potwierdza „TBA-sms”	<b>TBA 1017; STOP; 51V; 0A; 0Ah; 0g00m</b>						
	Numer fabr.	Stan urządzenia	Nap. baterii	Prąd baterii	Ładunek	Czas operacji	
Gdy ALARM	<b>TBA 1017; ALARM; 02; przeciążenie; 48V; 50A.; 0Ah; 1g02m</b>						
	Numer fabr.	Stan urządzenia	Kod	Treść alarmu	Nap. baterii	Prąd baterii	Ładunek
Odpowiedź na „TBA-sms”	<b>TBA 1017; PRACA; 46V; 50A; 120Ah; 1g24m</b>						
	Numer fabr.	Stan urządzenia	Nap. baterii	Prąd baterii	Ładunek	Czas operacji	
Gdy „koniec pracy”	<b>TBA 1017; 53; LAD.ZAKONCZONE-CZAS; 55V; 50A.; 480Ah; 15g42m</b>						
	Numer fabr.	Kod	Treść komunikatu		Nap. baterii	Prąd baterii	Ładunek

Rys. 5. Treść (szare tło) komunikatów SMS w wersji TBA160-IL z próbnej eksploatacji

Rozwiązanie z SMS-ami znalazło uznanie u użytkowników próbnie eksploatujących urządzenia TBA160-IL pomimo takich niedogodności jak brak dostępu do sieci GSM z niektórych pomieszczeń technicznych w obiektach (zaradzić temu może antena zewnętrzna) i ich skromna zawartość informacyjna.



Podczas próbnej eksploatacji urządzeń TBA-IŁ niektórzy ich użytkownicy nie mogli zainstalować w korporacyjnych notebookach (blokada programów spoza oficjalnej listy) dostarczanego z urządzeniem programu do graficznej prezentacji wyników badań baterii, i wówczas pojawił się pomysł wyświetlania takich danych na ekranach ich telefonów komórkowych.

Bezpłatną transmisję nawet obszernych zbiorów danych mógłby zapewnić np. system Wi-Fi, jednak ze względu na ograniczony zasięg oraz podatność na zakłócenia zrezygnowano z takiego rozwiązania. Nie zyskał też akceptacji pomysł wykorzystania MMS-ów, gdyż w przeciwieństwie do nich SMS-y są tanie, łatwo jest je przetwarzać, a przed wyświetleniem można łatwo ukryć lub rozszerzyć wybrane, zawarte w nich informacje.

Ostatecznie jako medium transmisji danych z urządzeń TBA-IŁ do telefonów komórkowych, wyposażonych w system operacyjny, pozostawiono SMS-y. Przeważały takie argumenty jak:

- SMS można nadać i odebrać praktycznie w każdym miejscu, ew. korzystając z anteny zewnętrznej,
- wysłany SMS można odebrać w dogodnym momencie, gdyż sieć go zapamiętuje,
- wysłany SMS można odczytać na dowolnym telefonie komórkowym, chociaż na telefonie ze specjalizowaną aplikacją będzie łatwiejszy do interpretacji,
- SMS-y pierwotnie odczytywane tekstowo mogą być w okresie późniejszym przesyłane do urządzeń mających funkcję ich graficznego obrazowania.

Ponieważ za pomocą pojedynczego SMS-a można przesłać do 160 znaków alfabetu łacińskiego, więc długość komunikatów wysyłanych z urządzeń TBA-IŁ ograniczono do 160 znaków. Strukturę takiej wiadomości, przeznaczoną dla nowej wersji programowej urządzeń TBA160-IŁ (oraz TBA30-IŁ i TBA50-IŁ), pokazano na rys. 6.

a)

<b>TBA= 00102_01*LRP/./:STOP(51)LAD.ZAKONCZONE-ZADANY-PRAD;51/54V;0A;7h19m'541/1000Ah</b>								
Nazwa obiektu i nr baterii	Etap pracy	Stan	Kod	Treść komunikatu	napięcie bat./sił.	Prąd bat.	Czas oper.	Pojemność disp./znam.

b)

<b>(0V8D9LPV-3bG100+spxwwsvvuvuttuvrvuutfns&lt;dhhiikkjjiighifihghf)</b>			
Numer sesji	Kody baterii	Końcowe napięcia – rozładowania	Końcowe napięcia – ładowania

„nazwa obiektu” może zawierać do 16 cyfr i/lub liter

**Rys. 6.** Przykład zmodyfikowanego komunikatu SMS o większej pojemności informacyjnej

W zmodyfikowanym komunikacie SMS są dwa człony. Pierwszy (a) łatwy do odczytania, niesie informacje podobne jak na rys. 5, oraz drugi (b) wymagający zdekodowania przez dedykowany program. Unikalny, 8-znakowy numer sesji, wykorzystywany jako nazwa pliku danych w pamięci SD urządzenia pomiarowego, jest rozkodowywany przez program do obrazowania graficznego. Podany w przykładzie numer 0V8D9LPV zawiera następujące dane: urządzenie pomiarowe o numerze fabrycznym „1000”, początek badania 28 czerwca 2013 roku o godzinie 7:27. Z kolei grupa kody baterii zawiera kod napięcia baterii (3= 48 V), kod wieku baterii (b= 11 lat), kod czasu ładowania wyrównawczego (G= 16 godzin) i zaprogramowany prąd rozładowania (100= 100 A). Dwie ostatnie grupy (po znaku plus) to zakodowane końcowe napięcia ogniów lub monobloków (w voltach/ogniwo, z rozdzielczością 10 mV), odpowiednio, dla operacji rozładowania oraz ostatniego ładowania baterii. Znaczenie kodów napięć dla rozładowania pokazuje wiersz (a) z rys. 7, a kodów napięć dla ładowania wyrównawczego lub powrotnego wiersz (b) z rys. 7. Wiersz (c) na rys. 7 przedstawia wartości dla rozkodowanego symbolu „wiek baterii” (podawanego w latach).

kod	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	g	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z
a)	1,65	1,66	1,67	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80	1,81	1,91	1,92	1,93	1,94	1,95	1,96	1,97	1,98	1,99	2,00
b)	2,10	2,11	2,12	2,13	2,14	2,15	2,16	2,17	2,18	2,19	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,36	2,37	2,38	2,39	2,40	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45
c)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

wielkości spoza ww. zakresów są kodowane jako „0” lub „z”, a brak wartości jako „!”

Rys. 7. Sposób dekodowania wartości liczbowych przesyłanych w postaci cyfr i liter

## Wizualizacja stanu akumulatorów na ekranie smartfonu

Do połowy 2013 roku sprzedano na świecie miliard smartfonów, z tego blisko połowę z systemem Android, głównie produkcji Samsunga. Z tego względu do pierwszej realizacji graficznej prezentacji SMS-ów wysyłanych przez urządzenia TBA-IŁ wybrano telefon – smartfon Samsung Galaxy Xcover GT-S5690 z systemem Android 2.3.6 Gingerbread, natomiast drugiej instalacji programu dokonano na najtańszym z dostępnych – Samsung Galaxy Pocket GT-S5300 z tym samym systemem operacyjnym (rys. 10). Parametry wyświetlaczy tych telefonów były odpowiednio: 320 x 480 pikseli / 3,7” oraz 240 x 320 pikseli / 2,8”.

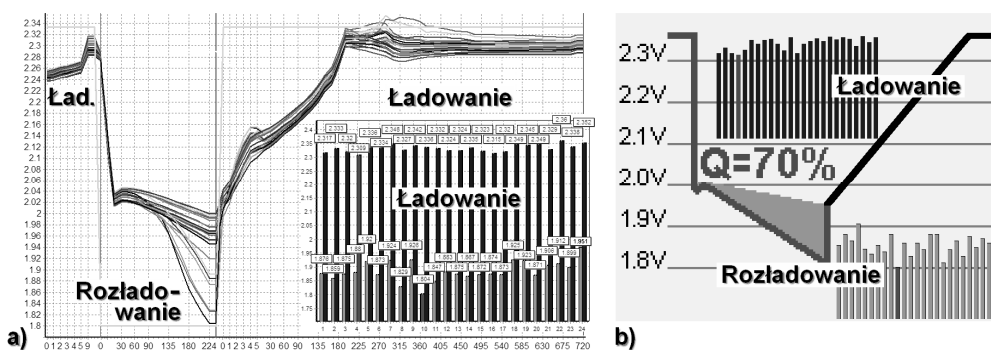
Program do graficznej prezentacji SMS-ów, o nazwie TBA z sms, napisano w języku Java w zintegrowanym środowisku Eclipse, udostępnionym w 2004 roku. Platforma jest rozwijana przez Fundację Eclipse i rozpowszechniona wśród programistów Java, PHP oraz C++. Wsparcie wielu różnych języków i frameworków możliwe jest dzięki mechanizmowi elastycznej rozbudowy środowiska poprzez tzw. wtyczki. Niektóre z nich są rozpowszechniane, wraz z podstawową platformą, na licencjach komercyjnych. Standardowa instancja pakietu zawiera m.in. menadżer projektu, edytor tekstu i debugger do identyfikowania błędów. Dostarcza szablony, które formatują i generują dokumentację oraz ułatwiają pracę z wieloma projektami jednocześnie.

Przed utworzeniem aplikacji przygotowano system operacyjny oraz środowisko Eclipse do obsługi platformy Android. Najpierw zainstalowano Android Software Development Kit. Jest to zbiór narzędzi dostarczający bibliotek koniecznych do tworzenia aplikacji androidowych oraz wirtualnych urządzeń służących do emulacji rzeczywistych urządzeń mobilnych na komputerze PC. Ma on budowę modułową, każdy moduł zawiera zbiór bibliotek oraz wirtualnych urządzeń dla konkretnej wersji systemu Android – aplikacja do obrazowania przesłanych SMS-em z urządzeń TBA-IŁ wyników badań powstawała dla Androida 2.3.6, dlatego zainstalowano moduł odpowiadający tej wersji.

Następnie zainstalowano wtyczkę Android Development Tools dla środowiska Eclipse. Pakiet ADT zawiera m. in. szablony generowania kodu aplikacji na system Android, nowe elementy do utworzenia w menu kontekstowym „New”, integrację konsoli komunikatów diagnostycznych ADB oraz interfejs do zarządzania zainstalowanymi modułami Android SDK.

W celu przetestowania programu na ekranie telefonu komórkowego, a nie poprzez emulację na wirtualnym urządzeniu pod kontrolą Eclipse, odpowiednio skonfigurowano telefon i komputer. Na komputerze zainstalowano sterowniki do wybranego modelu telefonu bezpośrednio z pamięci telefonu (po dołączeniu go kablem USB do komputera). W smartfonie odblokowano opcje instalacji oprogramowania z nieznanym źródłem i przesyłania komunikatów diagnostycznych przez USB. Uruchomienia na urządzeniu fizycznym dokonuje się tak samo, jak na urządzeniu wirtualnym (pojawia się ono na liście obok zdefiniowanych urządzeń wirtualnych). Telefon automatycznie uaktualnia wersję programu (jeżeli starsza wersja była zainstalowana wcześniej) i zmienia bieżącą aktywność na nowo uruchomioną domyślną aktywność testowanej aplikacji. W przypadku „TBA z sms” jest to widok listy wyboru SMS-a.

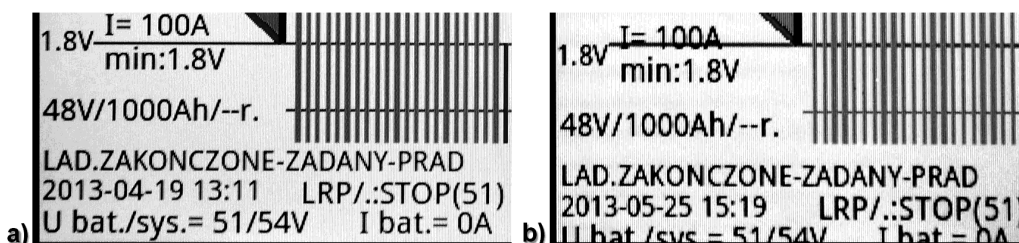
Instalacji TBA z sms na kolejnych telefonach komórkowych można dokonywać rozpakowując na nich program w formacie apk, służącym do dystrybucji oprogramowania na system Android. Kolejne telefony muszą mieć odblokowaną opcję instalacji z nieznanego źródła, gdyż program nie pochodzi z platformy dystrybucyjnej Google Play. Aby program wyświetlił ekran graficzny, w pamięci telefonu komórkowego musi znajdować się przynajmniej jeden SMS od urządzenia TBA-IL (SMS można przesłać także z dowolnego miejsca, jednak musi mieć taką samą formę i treść, jak ten z rzeczywistego urządzenia). Źródła programu można przenieść, jako zapisany obszar roboczy (*workspace*), również pomiędzy różnymi komputerami posiadającymi Eclipse, na jakimkolwiek masowym urządzeniu magazynującym.



Rys. 8. Wykresy napięć ogniów baterii: (a) dokładne w PC i (b) uproszczone z SMS-a

Przygotowując aplikację TBA z sms założono, że ze względu na ograniczoną rozdzielczość, grafika wyświetlana na ekranie telefonu (rys. 8b) zobrazuje przebieg oraz końcowy wynik badania baterii akumulatorów w sposób uproszczony. Na wspólnym ekranie zostaną zgrupowane wszystkie informacje potrzebne do oceny stanu takiej baterii. Informacje te w programie komputera PC dla dokładnego zaprezentowania ulokowano w kilku zakładkach (rys. 4b). Proces rozładowania-ładowania jest pokazany jako przebieg napięcia w funkcji czasu. Napięcia monobloków (maksymalnie 24) baterii są zobrazowane w postaci słupkowej, zarejestrowane na koniec operacji wyładowywania i na koniec operacji ładowania, co dobrze charakteryzuje stan baterii (rys. 8a – z programu dla PC). W postaci tekstowej (rys. 9 i rys. 10e) jest opisana lokalizacja baterii, data badania, data otrzymania SMS-a, stan pracy urządzenia, wiek baterii, pojemność baterii znamionowa (fabryczna) i procent pojemności znamionowej, jaki udało się pobrać (wymaga się od sprawnej baterii pojemności powyżej 80%) oraz napięcia końcowe najgorszych bloków odniesione do średniego napięcia ogniwa, np. jeżeli zmierzono napięcie 3,6 V bloku złożonego z dwu ogniw, to napięcie wyniesie 1,80 V/ogniwo.

Implementacja aplikacji „TBA z sms” była realizowana w prostym cyklu iteracyjnym. Wyświetlanie napisów zrealizowano przy pomocy natywnych widoków tekstowych systemu Android, natomiast pozostałe elementy obrazu generowane są z wykorzystaniem wysokowydajnej biblioteki graficznej na urządzeniach mobilnych OpenGL ES.

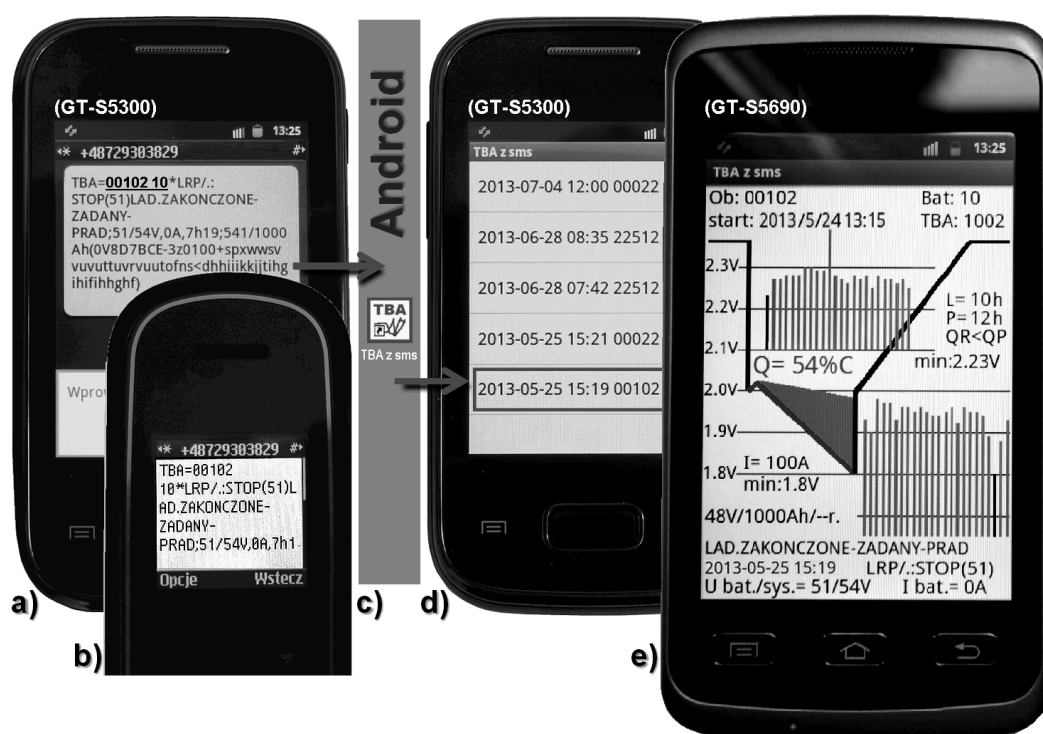


Rys. 9. Obraz z tego samego projektu: (a) na ekranie 320 x 480 oraz (b) na ekranie 240 x 320 pikseli

Jako logo programu zaprojektowano ikonę podobną do ikony programu na PC. Podczas testowania aplikacji stwierdzono nierównomierną (rys. 9), ale akceptowalną szerokość słupków wykresu (tym większą, im mniejsza rozdzielczość ekranu), wynikającą ze sposobu wyświetlania grafiki przez bibliotekę OpenGL ES. Zaobserwowano różne rozmieszczenie opisów tekstowych na ekranach różnej rozdzielczości (rys. 9) pomimo tej samej wersji systemu Android, tak więc program TBA z sms będzie wymagał korekty dla poprawnego wyświetlania danych na ekranach innych modeli telefonów (lub tabletów) albo usprawnienia kodu odpowiedzialnego za wyświetlanie napisów. Podczas testowania aplikacji zauważono też kilka błędów w wysyłanych SMS-ach, które poprawiono w programie działania urządzeń TBA160-IL.

## Działanie programu „TBA z sms” obrazującego stan akumulatorów

Odbierane przez smartfon SMS-y trafiają do skrzynki odbiorczej umieszczonej w jego pamięci i mogą być odczytane w sposób tradycyjny (rys. 10a), podobnie jak na zwykłym telefonie, bez systemu Android (rys. 10b). Wszystkie SMS-y odebrane od urządzeń TBA-IL rozpoczynają się od słowa kluczowego TBA= i jest bardzo mało prawdopodobne, żeby od innego nadawcy rozpoczynały się takim wyrażeniem oraz miały wymaganą strukturę danych. Wobec tego program TBA z sms, po uruchomieniu poprzez wskazanie na ekranie z aplikacjami ikony TBA (rys. 10c), wyszukuje w systemowej bazie SMS-ów wszystkie SMS-y zgodne z wzorcem (TBA=\*) oraz wyświetla je w kolejności otrzymania, najnowsze na górze listy (rys. 10d). Nagłówki zawierają datę i godzinę otrzymania SMS-a oraz identyfikator (nazwę lub numer) badanego obiektu.



Rys. 10. SMS odebrany od urządzenia TBA160-IL: (a) w smartfonie, (b) w telefonie komórkowym, (d) wybór SMS-a do prezentacji, (e) postać graficzna na ekranie 3,6" / 320 x 480 pikseli

Po wskazaniu interesującego SMS-a (rys. 10d) program TBA z sms pobiera jego treść, przetwarza ją i obrazuje stan badanej baterii (rys. 10e). Prezentowany rysunek powstał na podstawie rzeczywistych danych otrzymanych z urządzenia TBA160-IŁ<sup>①</sup> pracującego w obiekcie telekomunikacyjnym. Gdy wyświetlany jest diagram z rys. 10e, to wywołanie menu kontekstowego spowoduje wyświetlenie przycisku, po naciśnięciu którego program przeniesie nas ponownie do listy dostępnych SMS-ów. Tu można wybrać kolejne interesujące badanie lub zakończyć program.

## Uzyskany rezultat i perspektywy stosowania

Pomysł graficznego wyświetlania rezultatów badań na podstawie SMS-ów wysyłanych przez urządzenia TBA160-IŁ powstał pierwotnie jako temat pracy inżynierskiej. W celu jej realizacji konieczne stało się uściślenie wymagań i przygotowanie danych do projektu, z których mógłby powstać sensowny obraz stanu baterii. Zaprojektowano więc format zwężonej tekstowej wiadomości, wystarczający do syntetycznego opisu baterii w obiekcie telekomunikacyjnym, przebiegu jej badania i zaprezentowania jej stanu technicznego. Format (być może nieznacznie zmodyfikowany) będzie stosowany w kolejnych urządzeniach do kontroli baterii, zarówno przenośnych (TBA30-IŁ, TBA50-IŁ) jak i stacjonarnych TBA-ST. W tych ostatnich ułatwi w Centrum Nadzoru, wspólnym dla tysięcy siłowni obiektów telekomunikacyjnych, gromadzenie i szybkie udostępnianie danych, także w postaci graficznej, z okresowych badań dysponowanej pojemności baterii akumulatorów. Sam sposób obrazowania będzie podlegał ocenie i zapewne modyfikacjom wraz z próbną eksploatacją urządzeń TBA160-IŁ oraz nowych (2013 rok) urządzeń TBA30-IŁ i TBA50-IŁ. Wykonano też testy programu TBA z sms na tabletach z systemem Android i modemem 3G, gdzie była wymagana korekta wyświetlania tekstu, zaplanowano też konwersję projektu na inne platformy, w tym Windows.

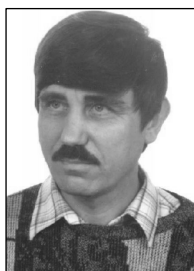
### Bibliografia

- [1] Godlewski P., Kowalczyk B., Parapura H.: *Zasilanie urządzeń łączności*, Przegląd Pożarniczy, Warszawa, 2013, nr 4, s. 32-34.
- [2] Godlewski P., Regulska B.: *Automatyzacja oraz zdalne badania baterii akumulatorów w obiekcie telekomunikacyjnym*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, Sigma NOT, 2012, nr 8-9, s. 1260-1269 (na CD).
- [3] Godlewski P., Parol B., Masternak M.: *Wizualizacja danych z urządzeń TBA160-IŁ*, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, nr 3-4, s. 52, 2011.
- [4] Chojnacki B., Go dlewski P., Kobus R.: *Ocena sprawności baterii akumulatorów*, Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne, Sigma NOT, Warszawa, 2010, nr 8-9, s. 1098-1107.
- [5] Friesen J.: *Java. Przygotowanie do programowania na platformę Android*, Helion, 2012.
- [6] Haskimi S., Komatineni S., MacLean D.: *Android 2. Tworzenie aplikacji*, Helion, 2010.
- [7] Panasonic, Katalog danych technicznych: katalog akumulatorów kwasowo-ołowiowych serii LC-R i LC-X, tłumaczenie i dystrybucja Wamtechnik, 2004.
- [8] Wojciechowska K.: *System zdalnego odczytu wyników badania baterii akumulatorów za pomocą stacji ruchomej GSM*, Praca dyplomowa inżynierska, opiekun dr inż. B. Kowalczyk, WST-E, Warszawa 2013.

<sup>①</sup> W trakcie opracowywania programu trwały badania baterii akumulatorów w obiektach telekomunikacyjnych za pomocą urządzenia TBA160-IŁ i na wysyłane zapytania urządzenie wysyłało odpowiedzi z rzeczywistymi danymi.

- [9] *Android – wprowadzenie i instalacja*, <http://www.javastart.pl/programowanie-android/android-wprowadzenie/>.
- [10] *Eclipse IDE – wstęp i instalacja*, <http://www.javastart.pl/wprowadzenie/eclipse-ide-wstep-i-instalacja/>.
- [11] *Pełna informacja (DTR, opisy, konfiguracje, ceny) o urządzeniach TBA-IŁ*, <http://www.itl.waw.pl/tba>

### **Paweł Godlewski**



Inż. Paweł Godlewski – absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Warszawskiej (1973) i długoletni pracownik Instytutu Łączności w Warszawie (od 1973). Jest autorem wielu prac konstrukcyjnych, współautorem systemu oceny sieci telekomunikacyjnych AWP-IŁ i urządzeń serii TBA-IŁ, autorem licznych publikacji naukowych a także współautorem wielu patentów. Jego zainteresowania naukowe to m.in.: systemy wizualizacji danych dla systemów telekomunikacyjnych, urządzenia kontrolno-pomiarowe sterowane programowo (procesorami) w telekomunikacji.

e-mail: P.Godlewski@itl.waw.pl

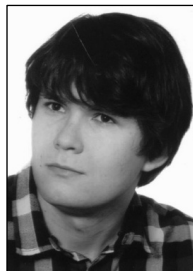
### **Bolesław Kowalczyk**



Dr inż. Bolesław Kowalczyk – absolwent Wojskowej Akademii Technicznej; pracownik Instytutu Łączności (od 1998), obecnie na stanowisku adiunkta; zainteresowania naukowe: sieci i usługi telekomunikacyjne dla służb publicznego bezpieczeństwa, ratownictwa i zarządzania kryzysowego, badanie jakości usług świadczonych przez publiczne sieci łączności elektronicznej.

e-mail: B.Kowalczyk@itl.waw.pl

### **Piotr Kobus**



Inż. Piotr Kobus – absolwent informatyki w Wojskowej Akademii Technicznej, ze specjalizacją Systemy Informatyczne. Od 3 lat pracownik Instytutu Łączności (Z-10). Zainteresowania zawodowe – programowanie m.in. w Java i Ruby, projektowanie i administrowanie relacyjnymi bazami danych. Członek zespołu Mobilnego Laboratorium Badawczego.

e-mail: P.Kobus@itl.waw.pl

**Katarzyna Wojciechowska**



Inż. Katarzyna Wojciechowska absolwentka wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej i kierunku Informatyka na Wyższej Szkole Techniczno–Ekonomicznej w Warszawie, były pracownik Instytutu Łączności (Z-10).

e-mail: [kasiagod@wp.pl](mailto:kasiagod@wp.pl)

## ***Projekty badawcze realizowane w Instytucie Łączności w I półroczu 2014 roku***

### **I. Projekty europejskie**

1.



<i>Tytuł</i>	<b>Industry-Driven Elastic and Adaptive Lambda Infrastructure for Service and Transport Networks - IDEALIST</b>
<i>Kierownik</i>	dr inż. Mirosław Klinkowski (w IŁ)
<i>Wykonawcy</i>	Konsorcjum 23 instytucji z Europy, w tym IŁ (Z14) i Telefonica Investigación y Desarrollo S.A. (lider)
<i>Okres realizacji</i>	2012-2015, 36 mies.
<i>Środki finansowe (tys. €)</i>	12 476, w tym IŁ 166

*Cel:* Głównym celem projektu IDEALIST jest opracowanie i skoordynowany rozwój innowacyjnych rozwiązań dla telekomunikacyjnych sieci transportowych zgodnych z nowymi, wymagającymi pasma aplikacjami (m.in. wideo 3D, chmury, etc.) w oparciu o elastyczne sieci optyczne (Elastic Optical Networks, EON) wyposażone w wielodomenową i wielotechnologiczną płaszczyznę sterowania umożliwiającą adaptację sieci i współpracę usług. Wiodącą intencją projektu IDEALIST jest standaryzacja i uprzemysłowienie rozwiązań proponowanych dla sieci EON. Jakkolwiek, niektóre z kluczowych elementów wymaganych do realizacji EON, takich jak elementy przełączające działające w zakresie elastycznej siatki częstotliwości są już dostępne, w dalszym ciągu istnieje wiele otwartych zagadnień i wyzwań stojących na drodze przemysłowego wykorzystania EON. Rozwiązania IDEALIST proponowane dla architektury EON będą zaimplementowane, eksperymentalnie sprawdzone i zademonstrowane w postaci prototypów narzędzi i urządzeń.

*Strona internetowa* <http://www.ict-idealist.eu/>

2.



<i>Tytuł</i>	<b>Network-Aware Delivery Clouds for User Centric Media Events (Opracowanie innowacyjnego systemu dostarczania użytkownikom wysokiej jakości usług medialnych) - DELTA</b>
<i>Kierownik</i>	dr inż. Jordi Mongay Batalla (w IŁ)



*Wykonawcy*                      Konsorcjum Viotech Communications - koordynator (Francja), BSoft (Włochy), University of Nicosia (Cypr), CableNet (Cypr), Instytut Łączności (Z3) - koordynator techniczny oraz Mint Media (Polska)

*Okres realizacji*                2014-2015, 24 mies.

*Cel:* W ramach projektu DELTA zostanie opracowany nowy System Dystrybucji Mediów, którego głównymi składnikami będą: Warstwa Pośrednia Dystrybucji Mediów (MDM), Zaawansowane Źródło Strumieniowania Mediów (MAS), Miernik Jakości Mediów (MQM) oraz Zarządca Usług Medialnych (MSM). MDM będzie koordynował, dynamicznie i w sposób ciągły, z uwzględnieniem procesu predykcji zdarzeń, optymalne wykorzystanie zasobów do realizacji usług medialnych dostępnych u dostawców. Na podstawie wyników uzyskanych z MQM oraz informacji o dostępności zasobów u dostawców usług, MDM będzie przekazywał na bieżąco do MSM informacje dotyczące wymagań na strumieniowanie i pożądaną funkcjonalność. MDM będzie częścią systemu dystrybucji mediów zlokalizowaną u operatora. Beneficjentami projektu będą operatorzy oferujący usługi medialne, otrzymując oni korzystne rozwiązanie z punktu widzenia biznesowego (optymalizacja inwestycji) oraz łatwości instalacji.

*Strona internetowa*            <http://delta-project.net/>

## II. Udział w programach COST

### 3.



*Tytuł*                                **COST Action IC0905 - Techno-Economic Regulatory Framework for Radio Spectrum Access for Cognitive Radio/Software Defined Radio – TERRA**

*Kierownik*                        dr inż. Dariusz Więcek (IŁ), jest członkiem Komitetu Zarządzającego

*Wykonawcy*                        20 krajów uczestniczących

*Okres realizacji*                2010-2014

*Cel:* Ideą działania COST-TERRA jest ustanowienie wielodyscyplinarnego forum europejskiego, skoncentrowanego na koordynowaniu techniczno-ekonomicznych badań dla rozwoju zharmonizowanych norm prawnych ułatwiających postęp i szerokie komercyjne wdrażanie systemów Radia Kognitywnego/Programowo Definiowalnego (CR/SDR)

*Strona internetowa*            <http://www.cost-terra.org/>

4.

*Tytuł* **COST Action TD 1001 – Novel and Reliable Optical Fibre Sensor Systems for Future Security and Safety Application – OFSeSa**

*Kierownik* dr inż. Krzysztof Borzycki (IŁ), jest zastępcą członka Komitetu Zarządzającego

*Wykonawcy* 25 krajów uczestniczących

*Okres realizacji* 2010-2014

*Cel:* Sensory światłowodowe mogą niewątpliwie być stosowane w monitoringu granicznych parametrów związanych z bezpieczeństwem aplikacji. Zalety tych sensorów są powszechnie znane, istnieje jednak wiele problemów technicznych wciąż oczekujących na rozwiązanie. Przez wspieranie współpracy specjalistów na obszarach multidyscyplinarnych, w celu lepszej koncentracji ich wiedzy dotyczącej rozwoju sensorów i projektowania systemów, problemy te mogą zostać zdefiniowane, umożliwiając stworzenie nowej generacji systemów wyposażonych w sensory światłowodowe charakteryzujące się doskonałą stabilnością i niezawodnością, co w efekcie przyniesie wzrost bezpieczeństwa publicznego i bezpieczeństwa systemów.

*Strona internetowa* <http://www.ul.ie/td1001/>

### III. Krajowe projekty i programy badawcze

#### III. 1. Projekty finansowane z funduszy strukturalnych

5.



*Tytuł* **System Informacyjny o infrastrukturze szerokopasmowej i portal Polska Szerokopasmowa - SIPS**

*Kierownik* mgr inż. Dariusz Gacoń

*Wykonawcy* IŁ (Z2) - lider, Urząd Komunikacji Elektronicznej, Ministerstwo Administracji i Cyfryzacji

*Okres realizacji* 2009-2013

*Środki finansowe (tys. zł)* 33 560, w tym IŁ 22 479

*Cel:* Celem projektu jest utworzenie infrastruktury teleinformatycznej o zasięgu ogólnokrajowym, zapewniającej wsparcie administracji rządowej i samorządowej w zarządzaniu oraz koordynacji projektów, dotyczących budowy regionalnych szerokopasmowych sieci szkieletowych i dostępowych na obszarach wymagających interwencji. Infrastruktura ta będzie wspomagać działania zarówno administracji rządowej, jak i samorządowej, tworząc zaplecze dla elektronicznych usług publicznych świadczonych dla obywateli i przedsiębiorców. Zasoby informacyjne zgromadzone w ramach pro-

jektu pomogą przedsiębiorcom, szczególnie z sektora MŚP, w projektowaniu i budowie optymalnych rozwiązań sieci dostępowych oraz systemów węzłowych i transmisyjnych, a także tworzenia właściwych e-usług. Dodatkowym celem projektu jest promocja usług społeczeństwa informacyjnego wśród obywateli na obszarach zagrożonych wykluczeniem cyfrowym.

Strona internetowa <http://www.sips.itl.waw.pl/>

## 6.



**Tytuł** Platforma informatyczna do celów analiz propagacyjnych, kompatybilności elektromagnetycznej i optymalizacji sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych - PIAST

**Kierownik** dr inż. Janusz Sobolewski

**Wykonawcy** IŁ (Z21)

**Okres realizacji** 2010-2014 (projekt zakończony 30.06.2014)

**Środki finansowe (tys. zł)** koszt 4 067

**Cel:** Rozwój platformy informatycznej i wdrożenie nowych usług projektowania, optymalizacji i analiz kompatybilności sieci bezprzewodowych systemów telekomunikacyjnych i teleinformatycznych. W ramach projektu PIAST utworzone zostały usługi, aplikacje i narzędzia, realizujące m.in. takie zadania jak:

- obliczanie rozkładów natężenia pola elektromagnetycznego - wykorzystując zbiór wielu różnych modeli propagacyjnych, numeryczne modele terenu typu DEM/DTM, cyfrowe mapy parametrów elektrycznych, klimatycznych i atmosferycznych Ziemi i powietrza, sparametryzowane dane systemów i urządzeń radiowych,
- wyznaczanie zasięgów sieci – w tym wykonywanie obliczeń sieci jednoczesnościowych (SFN), analizy zasięgów z uwzględnieniem zakłóceń interferencyjnych od innych stacji i systemów przy użyciu aktualnych danych o stacjach i ich parametrach emisji,
- wyznaczanie pokrycia ludnościowego i powierzchniowego – stosując aktualne dane statystyczne i administracyjne,
- analizy kompatybilności elektromagnetycznej i prawdopodobieństwa zakłóceń systemów radiowych istniejących oraz planowanych,
- analizy kognitywnych systemów radiowych (Cognitive Radio) – w tym wyszukiwanie białych przestrzeni widma radiowego (White Space Spectrum) z wykorzystaniem różnych metod w różnych zakresach częstotliwości,
- analizy zajętości widma i doboru parametrów nowo planowanych stacji.

Strona internetowa <http://www.piast.edu.pl/>

### III.2. Projekty finansowane przez Narodowe Centrum Nauki

7.

Tytuł	<b>Modelowanie różnicowe dla potrzeb badań marketingowych i biomedycznych</b>
Kierownik	dr hab. inż. Szymon Jaroszewicz
Wykonawcy	Instytut Łączności (Z6), Centrum Onkologii
Okres realizacji	2014-2014, 36 mies.
Środki finansowe (tys. zł)	395

Cel: Opracowanie metod modelowania różnicowego, to znaczy modelowania różnic między obiektami w dwóch grupach: doświadczalnej, na której dokonano pewnego działania i kontrolnej, na której działanie to nie miało miejsca.

Strona internetowa <http://www.itl.waw.pl/projekt431>

8.

Tytuł	<b>Modelowanie i optymalizacja elastycznych sieci optycznych 100+ Gbit/s - ESO</b>
Kierownik	dr inż. Mirosław Klinkowski
Wykonawcy	IŁ
Okres realizacji	2011-2014, 36 mies.
Środki finansowe (tys. zł)	457

Cel: Modelowanie, projektowanie i optymalizacja optycznych telekomunikacyjnych sieci elastycznych (Elastic Optical Networks, EON), będących następcą obecnych sieci opartych na systemach DWDM i umożliwiających w sposób wydajny ustanawianie połączeń o bardzo dużej (100+ Gbit/s) i zmiennej przepływności na potrzeby obecnych i przyszłych sieci internetowych.

Strona internetowa <http://www.itl.waw.pl/projekt602/>

### III.3. Projekty finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

9.



Lokalni Dostawcy Usług w Interaktywnej TV

Tytuł	<b>Opracowanie metody automatycznego pozyskiwania i prezentacji w czasie rzeczywistym treści lokalnych dostawców usług w sieciach operatorów interaktywnej telewizji cyfrowej - LDUiT</b>
-------	---

Kierownik mgr inż. Zbigniew Kądzielski

*Wykonawcy* IŁ (CLB, Z6), 4vod sp. z o.o. Kraków (partner przemysłowy)

*Okres realizacji* 2011-2014, 24 mies. (projekt zakończony 31.03.2014)

*Środki finansowe (tys. zł)* 4 042, w tym IŁ 2 597

*Cel:* Opracowanie nowych metod umożliwiających wprowadzenie usług interaktywnych na szeroki rynek, aby mogły z nich korzystać średnie, małe oraz mikroprzedsiębiorstwa, a tym samym szerokie grupy obywateli. W ramach projektu zostały opracowane i przebadane nowe metody pozyskiwania, prezentacji i integracji treści lokalnych dostawców usług publicznych i prywatnych oraz sposoby ich integracji z sieciami operatorów interaktywnej telewizji cyfrowej. Treści zbierane od usługodawców za pomocą specjalnego interfejsu mogą trafiać do struktur serwera danych, który umożliwia odpowiednie ich przeszukiwanie, edycję, sortowanie i pobieranie. Zgromadzone informacje trafiają do sieci operatora telewizji cyfrowej, który dzięki odpowiedniemu zarządzaniu czasem i ścieżką ich emisji będzie mógł rozsyłać je (nadawać) do odbiorców, którzy będą korzystać z zaoferowanych usług za pomocą interaktywnych urządzeń odbiorczych telewizji cyfrowej.

*Strona internetowa* <http://www.itl.waw.pl/projekt590/>

## 10.

*Tytuł* **System Monitorowania Infrastruktury Telekomunikacyjnej - SMIT**

*Kierownik* dr inż. Krzysztof Borzycki

*Wykonawcy* IŁ (Z2, Z14), Asseco Poland

*Okres realizacji* 2012-2014, 24 mies.

*Środki finansowe (tys. zł)* 1 879, w tym IŁ 1 188

*Cel:* Zaprojektowanie i wykonanie systemu monitorowania, który będzie stanowić innowacyjny zestaw narzędzi sprzętowych i programowych do kompleksowego monitorowania i ochrony technicznej infrastruktury telekomunikacyjnej, przede wszystkim sieci kablowych i obiektów bezobsługowych. Produktami będą prototyp systemu składający się z Centrum Nadzoru, wyposażonego w zestaw narzędzi programowych, głowic pomiarowych współpracujących z różnego rodzaju czujkami, wykrywającymi niekorzystne zdarzenia występujące w infrastrukturze sieci telekomunikacyjnej.

*Strona internetowa* <http://www.itl.waw.pl/projekt741/>

## 11.

*Tytuł* **Opracowanie funkcjonalnego systemu bezprzewodowej łączności ratowniczej z możliwością stosowania w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego - RESYS**

*Kierownik* mgr inż. Aleksander Orłowski (w IŁ)

*Wykonawcy* IŁ, Akademia Górniczo-Hutnicza (lider), 6 firm

*Okres realizacji* 2012-2014, 24 mies.

*Środki finansowe (tys. zł)* 3 156, w tym IŁ 160

*Cel:* Przeprowadzenie prac badawczych, zmierzających do opracowania funkcjonalnego systemu bezprzewodowej łączności ratowniczej z możliwością jego stosowania w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu i/lub pyłu węglowego, a następnie wdrożenie tego systemu do seryjnej produkcji. System ma rozwiązać dzisiejsze problemy, które towarzyszą akcjom ratowniczym, przez podwyższenie tempa i sprawności akcji oraz lepszą komunikację pomiędzy ratownikami w zastępie oraz pomiędzy zespołami ratowniczymi.

*Strona internetowa* <http://www.itl.waw.pl/wszystkie-projekty/32/661>

## 12.

*Tytuł* **Diagnostyka wczesnego rozpoznawania PCL w akumulatorach ołowowych w celu zwiększenia niezawodności systemu zasilania rezerwowego – AKUPL**

*Kierownik* dr inż. Robert Samborski

*Wykonawcy* Konsorcjum: IŁ, Instytut Metali Nieżelaznych (lider), Akademia Górniczo-Hutnicza, Telzas Sp. z o.o.

*Okres realizacji* 2012-2015, 30 mies.

*Środki finansowe (tys. zł)* 2 425, w tym IŁ 733

*Cel:* Tematyka projektu dotyczy wczesnych symptomów zjawiska zachodzącego w niektórych ogniwach akumulatorów ołowowych określanego jako efekt przedwczesnej utraty pojemności – PCL (Permanent Capacity Lost). Głównym celem badań jest opracowanie nowych, efektywnych metod diagnostyki efektu PCL, które umożliwiłyby zwiększenie niezawodności systemów zasilania rezerwowego opartych na akumulatorach ołowowych. Badania elektryczne, elektrochemiczne i fizykochemiczne obejmą najważniejsze obszary wymieniane w literaturze jako istotne dla analizy efektu PCL. Zostaną zbadane zestawy akumulatorów, pojedyncze akumulatory, pojedyncze ogniwa, elementy składowe ogniów oraz układy granicy faz kratka/masa aktywna. Pozwoli to w pełni poznać korelacje pomiędzy parametrami elektrycznymi i właściwościami elementów składowych ogniów. Określone zostaną optymalne metody diagnostyki parametrów elektrycznych akumulatora, co z kolei może być podstawą oceny możliwości ich zastosowania w rzeczywistych warunkach, w ramach nadzoru technicznego stacji zasilania rezerwowego.

*Strona internetowa* <http://www.itl.waw.pl/wszystkie-projekty/32/745>

## 13.

*Tytuł* **Informatyczny system zarządzania zasobami częstotliwości oraz planowania i ewidencji sieci radiowych dla potrzeb służb podległych Ministrowi Spraw Wewnętrznych - M-ISZCZ**

*Kierownik* dr inż. Dariusz Więcek

*Wykonawcy* Konsorcjum: Instytut Łączności - lider (Z21, Z8, Z10), JAS Technologie sp. z o.o. oraz Medcore sp. z o.o.

*Okres realizacji* 2013-2015, 24 mies.

*Środki finansowe (tys. zł)* 5 230, w tym IŁ 2 606

*Cel:* Opracowanie i wykonanie demonstratora nowego systemu informatycznego realizującego funkcje projektowania, koordynacji, analiz i obsługi sieci radiowych i baz danych systemów radiowych oraz zasobów częstotliwości radiowych w jednostkach podległych MSW. W projekcie będą rozpoznane potrzeby użytkowników, opracowane i oprogramowane algorytmy działania. Opracowane zostaną także bazy danych, sposoby wizualizacji wyników oraz obsługi danych, metody korzystania z dokładnych i aktualnych map cyfrowych, jak również zostanie opracowany nowy plan wykorzystania częstotliwości w jednostkach MSW z uwzględnieniem wyników pomiarów laboratoryjnych i pomiarów w warunkach rzeczywistych.

*Strona internetowa* <http://www.itl.waw.pl/wszystkie-projekty/32/798/>

#### 14.



*Tytuł* **System kontroli rezerwy energetycznej obiektów telekomunikacyjnych - SKOT**

*Kierownik* inż. Bogdan Chojnacki

*Wykonawcy* Konsorcjum: Instytut Łączności - lider (Z10, Z12) i Electronic Power and Market sp. z o.o.

*Okres realizacji* 2014-2015, 21 mies.

*Środki finansowe (tys. zł)* 1 115, w tym 1 540

*Cel:* Opracowanie oraz przeprowadzenie badań certyfikacyjnych i eksploatacyjnych, systemu zdalnej kontroli, z funkcją scentralizowanego zarządzania pomiarami, dysponowanej pojemności baterii akumulatorów 48 V /50–300 Ah, stanowiących podstawową rezerwę energetyczną w obiektach telekomunikacyjnych.

Elementami systemu będą:

- zmodyfikowane siłownie prądu stałego, z funkcją automatycznego odłączania kontrolowanej baterii od systemu zasilania, dostosowane do współpracy z urządzeniami kontrolno-pomiarowymi TBA-ST,
- zarządzane przez sterownik siłowni, nowatorskie, stacjonarne urządzenia TBA-ST, realizujące pomiar dysponowanej pojemności baterii akumulatorów metodą kontrolnego rozładowania,
- nowe moduły programowe do zarządzania badaniami i prezentacji wyników badań, zintegrowane ze stosowanym przez operatorów systemem nadzoru infrastruktury technicznej obiektów.

*Strona internetowa* <http://www.itl.waw.pl/wszystkie-projekty/32/799/>

#### 15.

*Tytuł* **ID-based SEcure COMmunications system for unified access in IoT - IDSECOM**

*Kierownik* dr inż. Jordi Mongay Batalla

*Wykonawcy* Uniwersytet Luksemburski – koordynator, Instytut Łączności (Z3), Politechnika Warszawska

*Okres realizacji*                    2014-2017, 36 mies.

*Środki finansowe (tys. zł)*    1 410, w tym IŁ 627

*Cel:*    Projekt IDSECOM ma na celu stworzenie bezpiecznej platformy umożliwiającej samzarządzenie obiektów i udostępnianych przez nie usług w środowisku Internetu Rzeczy. Cechą proponowanej platformy jest implementacja funkcjonalności tzw. warstwy identyfikatorów na poziomie warstwy sieciowej oraz integracja mechanizmów samzarządzania, mobilności, bezpieczeństwa i prywatności w jednej infrastrukturze sieciowej, oferującej dzięki temu łatwy (i intuicyjny) dostęp do usług IoT (Internetu Rzeczy).

*Strona internetowa*                <https://idsecom.itl.waw.pl/>



## ***Wykaz ważniejszych konferencji 1.07.2014 - 31.12.2014***

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
Network Management Show 2014	2014-07-01- 2014-07-02	London, United Kingdom	<a href="http://www.terrapinn.com/conference/total-telecom-network-management-show/index.stm">http://www.terrapinn.com/conference/total-telecom-network-management-show/index.stm</a>
IEEE HPSR 2014: IEEE International Conference on High Performance Switching and Routing 2014	2014-07-01 - 2014-07-04	Vancouver, Canada	<a href="http://www.ieee-hpsr.org/">http://www.ieee-hpsr.org/</a>
SPECTS 2014: 2014 International Symposium on Performance Evaluation of Computer and Telecommunication Systems	2014-07-06 - 2014-07-10	Monterey, USA	<a href="http://atc.udg.edu/SPECTS2014/">http://atc.udg.edu/SPECTS2014/</a>
CITS 2014: The 2014 International Conference on Computer, Information and Telecommunication Systems	2014-07-07 - 2014-07-09	Jeju Island, South Korea	<a href="http://atc.udg.edu/CITS2014/">http://atc.udg.edu/CITS2014/</a>
ICUFN 2014: The Sixth International Conference on Ubiquitous and Future Networks	2014-07-08 - 2014-07-11	Shanghai, China	<a href="http://www.icufn.org/main/">http://www.icufn.org/main/</a>
IEEE ICME 2014: 2014 IEEE International Conference on Multimedia and Expo	2014-07-14 - 2014-07-18	Chengdu, China	<a href="http://www.icme2014.org/">http://www.icme2014.org/</a>
Mobile Application — Mobile Apps 2014	2014-07-17	Bangalore, India	<a href="http://www.virtueinsight.com/telecom/3rd-Annual-Mobile-Apps-2014/">http://www.virtueinsight.com/telecom/3rd-Annual-Mobile-Apps-2014/</a>
AICT 2014 — The Tenth Advanced International Conference on Telecommunications	2014-07-20- 2014-07-24	Paris, France	<a href="http://www.iaria.org/conferences.html">http://www.iaria.org/conferences.html</a>
TEMU 2014: The International Conference on Telecommunications and Multimedia 2014	2014-07-28 - 2014-07-30	Heraklion, Greece	<a href="http://www.temu.gr/">http://www.temu.gr/</a>
ICCCN 2014: The 23rd International Conference on Computer Communications and Networks	2014-08-04 - 2014-08-07	Shanghai, China	<a href="http://www.icccn.org/icccn14/">http://www.icccn.org/icccn14/</a>
IWCMC — 2014 International Wireless Communications and Mobile Computing Conference	2014-08-04 - 2014-08-08	Nicosia, Cyprus	<a href="http://iwcmc.org/2014">http://iwcmc.org/2014</a>
SIGCOMM'14 — ACM SIGCOMM 2014 Conference	2014-08-11 - 2014-08-16	Chicago, USA	<a href="http://www.sigcomm.org/events/sigcomm-conference">http://www.sigcomm.org/events/sigcomm-conference</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
ITS 2014: 2014 International Telecommunications Symposium	2014-08-17 - 2014-08-20	Sao Paulo, Brazil	<a href="http://www.sbrt.org.br/its2014/">http://www.sbrt.org.br/its2014/</a>
MobiHoc'14 — The Fifteenth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing	2014-08-18 - 2014-08-21	Philadelphia, USA	<a href="http://www.cs.wcupa.edu/mobihoc14">http://www.cs.wcupa.edu/mobihoc14</a>
UBICOMM 2014 — The Eighth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies	2014-08-24 - 2014-08-30	Rome, Italy	<a href="http://www.iaria.org/conferences.html">http://www.iaria.org/conferences.html</a>
ISWCS 2014: The 11th International Symposium on Wireless Communication Systems	2014-08-26 - 2014-08-29	Barcelona, Spain	<a href="http://www.iswcs2014.org/">http://www.iswcs2014.org/</a>
WINSYS 2014 — 11th International Conference on Wireless Information Networks and Systems	2014-08-28 - 2014-08-30	Vienna, Austria	<a href="http://www.winsys.icete.org">http://www.winsys.icete.org</a>
ICETE 2014 — 11th International Joint Conference on E-Business and Telecommunications	2014-08-28 - 2014-08-30	Vienna, Austria	<a href="http://www.icete.org">http://www.icete.org</a>
APWiMob 2014 — Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile 2014	2014-08-28 - 2014-08-30	Bali, Indonesia	<a href="http://www.apwimob.org/">http://www.apwimob.org/</a>
IEEE EDOC 2014: The 18th IEEE Enterprise Computing Conference	2014-09-01 - 2014-09-05	Ulm, Germany	<a href="http://www.edoc2014.org/">http://www.edoc2014.org/</a>
IEEE PIMRC 2014: 25th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)	2014-09-02 - 2014-09-05	Washington DC, USA	<a href="http://www.ieee-pimrc.org/2014/">http://www.ieee-pimrc.org/2014/</a>
CCS 2014: The 1st IEEE International Workshop on Cognitive Cellular Systems	2014-09-02 - 2014-09-04	Rhine River, Germany	<a href="http://www.ccs2014.org/">http://www.ccs2014.org/</a>
WPMC 2014: The 17th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communication	2014-09-07 - 2014-09-10	Sydney, Australia	<a href="https://wpmc2014.org/">https://wpmc2014.org/</a>
IEEE P2P 2014: IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing	2014-09-08 - 2014-09-12	London, United Kingdom	<a href="http://www.p2p-conference.org/p2p14/">http://www.p2p-conference.org/p2p14/</a>
ASMS/SPSC 2014: The 7th Advanced Satellite Multimedia Systems Conference / 13th Signal Processing for Space Communications Workshop	2014-09-08 - 2014-09-10	Livorno, Italy	<a href="http://www.asms2014.org/">http://www.asms2014.org/</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
ITC 2014: 26th International Tele-traffic Conference	2014-09-09 - 2014-09-11	Karlskrone, Sweden	<a href="http://www.itc26.org/">http://www.itc26.org/</a>
GIIS 2014: The 2014 Global Information Infrastructure and Networking Symposium	2014-09-15 - 2014-09-19	Montreal, Canada	<a href="http://www.giis-conf.org/">http://www.giis-conf.org/</a>
SOFTCOM 2014: 22nd International Conference on Software, Communications and Computer Networks	2014-09-17 - 2014-09-19	Split, Croatia	<a href="http://marjan.fesb.hr/SoftCOM/2014/index.html">http://marjan.fesb.hr/SoftCOM/2014/index.html</a>
APNOMS 2014: The 16th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium	2014-09-17 - 2014-09-19	Hsinchu, Taiwan	<a href="http://people.cs.nctu.edu.tw/~apnoms2014/">http://people.cs.nctu.edu.tw/~apnoms2014/</a>
ECOC — 2014 European Conference on Optical Communication	2014-09-21 - 2014-09-25	Cannes, France	<a href="http://www.ecoc2014.org">http://www.ecoc2014.org</a>
ACM MobileHCI — The International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services	2014-09-23 - 2014-09-26	Toronto, Canada	<a href="http://mobilehci.acm.org/2014/">http://mobilehci.acm.org/2014/</a>
ICACCI 2014: The 3rd International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics	2014-09-24 - 2014-09-27	Delhi, India	<a href="http://icacci-conference.org/website/">http://icacci-conference.org/website/</a>
CMS 2014 — 15th Joint IFIP TC6 and TC11 Conf. on Communications and Multimedia Security	2014-09-25 - 2014-09-26	Aveiro, Portugal	<a href="http://cms2014.web.ua.pt">http://cms2014.web.ua.pt</a>
ICCCT 2014: International Conference on Computer and Communication Technology	2014-09-26 - 2014-09-28	Allahabad, India	<a href="http://mnit.ac.in/iccct2014/">http://mnit.ac.in/iccct2014/</a>
WiCOM — The 10th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing	2014-09-26 - 2014-09-28	Beijing, China	<a href="http://www.wicom-meeting.org/2014/Home.aspx">http://www.wicom-meeting.org/2014/Home.aspx</a>
MILCOM 2014: Military Communications Conference	2014-10-06 - 2014-10-08	Baltimore, USA	<a href="http://www.milcom.org/">http://www.milcom.org/</a>
IEEE CLOUDNET 2014: 2014 IEEE International Conference on Cloud Networking	2014-10-08 - 2014-10-10	Luxembourg	<a href="http://www.ieee-cloudnet.org/">http://www.ieee-cloudnet.org/</a>
WIMOB 2014 — 10th IEEE Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications	2014-10-08 - 2014-10-10	Larnaca, Cyprus	<a href="http://www.computer.org/portal/web/conferences/calendar">http://www.computer.org/portal/web/conferences/calendar</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
IEEE/CIC ICCS 2014: The 3rd International Conference on Communications in China 2014	2014-10-13 - 2014-10-15	Shanghai, China	<a href="http://www.ieee-iccc.org/">http://www.ieee-iccc.org/</a>
IEEE HEALTHCOM 2014: "16th International IEEE Conference on E-health Networking, Application & Services"	2014-10-15 - 2014-10-18	Natal, Brazil	<a href="http://www.ieee-healthcom.org/">http://www.ieee-healthcom.org/</a>
ATC 2014: International Conference on Advance Technologies for Communications	2014-10-15 - 2014-10-17	Hanoi, Vietnam	<a href="http://www.rev-conf.org/">http://www.rev-conf.org/</a>
IEEE CCEM 2014: 2014 IEEE International Conference on Cloud Computing in Emerging Markets	2014-10-15 - 2014-10-17	Bangalore, India	<a href="http://ewh.ieee.org/ieee/ccem/">http://ewh.ieee.org/ieee/ccem/</a>
MCCNT2014 — 2014 International Conference on Mobile Computing, Communications and Networking Technologies	2014-10-21 - 2014-10-23	Phuket, Thailand	<a href="http://www.chinacommunications.cn/mccnt2014">http://www.chinacommunications.cn/mccnt2014</a>
ICTC 2014: 2014 International Conference on Information and Communication Technology Convergence	2014-10-22 - 2014-10-24	Busan, South Korea	<a href="http://www.ictc2014.org/main/">http://www.ictc2014.org/main/</a>
WCSP 2014: 2014 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing	2014-10-23 - 2014-10-25	Hefei, China	<a href="http://www.ic-wcsp.org/">http://www.ic-wcsp.org/</a>
BIHTEL 2014 — X International Symposium on Telecommunications	2014-10-27 - 2014-10-29	Sarajevo, Bosnia and Herzegovina	<a href="http://bihtel.etf.unsa.ba/bihtel-2014/cms/">http://bihtel.etf.unsa.ba/bihtel-2014/cms/</a>
IEEE CNS 2014: 2014 IEEE Conference on Communications and Network Security	2014-10-29 - 2014-10-31	San Francisco, USA	<a href="http://cns2014.ieee-cns.org/">http://cns2014.ieee-cns.org/</a>
IEEE WISEE 2014: IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments	2014-10-30 - 2014-10-31	Noordwijk, Netherlands	<a href="http://sites.ieee.org/wisee/">http://sites.ieee.org/wisee/</a>
IEEE SMARTGRIDCOMM 2014: 5th IEEE International Conference on Smart Grid Communications	2014-11-03 - 2014-11-06	Venice, Italy	<a href="http://sgc2014.ieee-smartgridcomm.org/">http://sgc2014.ieee-smartgridcomm.org/</a>
IEEE LATINCOM 2014: IEEE Latin-American Conference on Communications	2014-11-05 - 2014-11-07	Catagena de Indias, Colombia	<a href="http://www.ieee-latincom.org/">http://www.ieee-latincom.org/</a>
MobiCASE — Sixth International Conference on Mobile Computing, Applications and Services	2014-11-06 - 2014-11-07	Austin, USA	<a href="http://mobicase.org/2014/show/home">http://mobicase.org/2014/show/home</a>
Mobilware — 7th International Conference on MOBILE Wireless MiddleWARE, Operating Systems, and Applications	2014-11-10 - 2014-11-12	Nanjing, China	<a href="http://mobilware.org/2014/show/home">http://mobilware.org/2014/show/home</a>

Tytuł konferencji	Data	Miejsce	Adres internetowy
IEEE OnlineGreenComm 2014: 2014 IEEE Online Conference on Green Communications	2014-11-12 - 2014-11-14	on-line	<a href="http://www.ieee-onlinegreencomm.org/2014/index.html">http://www.ieee-onlinegreencomm.org/2014/index.html</a>
WD 2014: IFIP Wireless Days 2014 Conference	2014-11-12 - 2014-11-14	Rio de Janeiro, Brazil	<a href="http://www.wireless-days.org/">http://www.wireless-days.org/</a>
CNSM 2014: The 10th International Conference on Network and Service Management	2014-11-17 - 2014-11-21	Rio de Janeiro, Brazil	<a href="http://www.cnsm-conf.org/2014/index.html">http://www.cnsm-conf.org/2014/index.html</a>
RNDM 2014: The 6th International Workshop on Reliable Networks Design and Modeling	2014-11-17 - 2014-11-19	Barcelona, Spain	<a href="http://www.rndm.pl/2014/">http://www.rndm.pl/2014/</a>
IEEE November Meeting Series: IEEE November Meeting Series	2014-11-19 - 2014-11-24	New Brunswick USA	
Smart Grid World Conference 2014	2014-11-24- 2014-11-25	London, United Kingdom	<a href="http://smartgridworldconference.com/">http://smartgridworldconference.com/</a>
ISTT2014 — IEEE International Symposium on Telecommunication Technologies	2014-11-24- 2014-11-26	Langkawi, Malaysia	<a href="http://istt2014.comvt.org">http://istt2014.comvt.org</a>
ATNAC 2014: 2014 Australasian Telecommunication Networks and Applications Conference	2014-11-26 - 2014-11-28	Melbourne, Australia	<a href="http://www.atnac.org/">http://www.atnac.org/</a>
IEEE CAMAD 2014: IEEE Interna- tional Workshop on Computer-Aided Modeling Analysis and Design of Communication Links and Networks	2014-12-01 - 2014-12-03	Athens, Greece	<a href="http://www.ieee-camad.org/">http://www.ieee-camad.org/</a>
IEEE VNC 2014: 2014 Vehicular Networking Conference	2014-12-03 - 2014-12-05	Paderborn, Germany	<a href="http://www.ieee-vnc.org/">http://www.ieee-vnc.org/</a>
NOF 2014: 2014 International Con- ference on the Network of the Future	2014-12-03 - 2014-12-05	Paris, France	<a href="http://www.network-of-the-future.org/">http://www.network-of-the-future.org/</a>
NETGAMES 2014: The 13th Annual Workshop on Network and Systems Support for Games	2014-12-04 - 2014-12-05	Nagoya, Japan	<a href="http://netgames2014.web.nitech.ac.jp/">http://netgames2014.web.nitech.ac.jp/</a>
IEEE GLOBECOM 2014: 2014 IEEE Global Communications Con- ference	2014-12-08 - 2014-12-12	Austin, USA	<a href="http://www.ieee-globecom.org/">http://www.ieee-globecom.org/</a>
ICSPCS 2014: The 8th International Conference on Signal Processing and Communication Systems	2014-12-15 - 2014-12-17	Gold Coast, Australia	<a href="http://www.dspscs-witsp.com/icspcs_2014/index.html">http://www.dspscs-witsp.com/icspcs_2014/index.html</a>

Opracowanie: mgr inż. Karol Józwik

## ***Possible scenarios of the Polish television market development***

***Andrzej Zieliński***

*The article discusses the important subject of the public electronic media development in Poland, especially in the context of the discussion on the so-called second digital dividend. The current state of the television market in the context of the changes caused by the digitization of terrestrial TV are shown and possible scenarios for the development of this part of the market in Poland are discussed.*

***Digital dividend, digital terrestrial television, cable, satellite, Internet TV***

3

## ***Incentive regulation in telecommunications sector***

***Renata Śliwa***

*The paper is an outline of the performance-based regulation, price-cap regulation, in the light of telecommunications sector transformation (from monopoly to competition). The content of the paper embraces the key characteristics of performance-based regulation, price-cap regulation, its mechanism, as well as the role of regulatory accountability in the process of building regulation schemes heavily based on high-powered incentives.*

***Performance-based regulation, price-cap regulation, incentive regulation, accountability in performance-based regulation***

14

## ***Cyberterrorism – specific threat to national security***

***Marian Kowalewski***

***Jakub Kowalewski***

*The article presents the terms related to cyberterrorism and its essence. Then it shows the categories of offenses committed in cyberspace, the types, the forms and scenario of attack in cyberspace. It pays attention to the methods and the ways of counteraction this special threat as well as legal considerations of cyberspace protection. .*

***Cyber attacks, cyberterrorism, cyberspace protection***

24

## ***Virtual Channel Occupancy in Cognitive Radio Networks: Evaluation Algorithms***

***Ryszard Strużak***

***Janusz Sobolewski***

*This article reviews problems of virtual occupancy of radio spectrum from the perspective of cognitive radio. It is quite general and does not imply any specific technology, application, or frequency. Such occupancy results from nonlinearities in radio transmitters and receivers and in their neighborhood. The process is known also as intermodulation or spectrum enrichment. The paper discusses its mechanisms and problems it creates for practical application of cognitive radio. Then it describes two general algorithms. One of them, answering the question whether or not a given frequency channel can be exploited by cognitive radio to assure its interference free operation, was used in Australia. Simulation results are quoted, which show that the pool of channels available for a cognitive radio can be substantially reduced due to virtual occupancy. The second algorithm calculates the probability of intermodulation interference over a geographical region shared by radio systems. It was originally used in the USA to determine that probability for the "citizen band radio." The authors propose it to be adapted to the case of cognitive radio systems. The article does mention also research undertaken earlier in the EMC Labs. of the National Institute of Telecommunications in Wroclaw in that area and propose their continuation.*

***Cognitive radio, interference, intermodulation, spectrum management, spectrum engineering, spectrum enrichment, electromagnetic compatibility, virtual channel occupancy, probability of interference, regulations***

33

## ***Displaying the state of a battery based on text messages (SMS) from TBA-IŁ devices***

***Paweł Godlewski, Bolesław Kowalczyk,  
Piotr Kobus, Katarzyna Wojciechowska***

*The article describes the principles for battery management on telecom sites, technical data on the TBA-IŁ device family, which is designed for measuring capacity of such batteries on sites, and a recently developed feature of these devices - graphical presentation of measurement results on a smartphone based on text messages (SMS) received from these devices.*

*telecommunication power plants, battery maintenance, discharge of batteries, control measuring instruments*



## Informacje dla Autorów

*Telekomunikacja i Techniki Informacyjne* (TITI) jest czasopismem Instytutu Łączności o zasięgu krajowym, prezentującym:

- informacje o bieżących problemach, tematach badawczych, osiągnięciach naukowych i kierunkach rozwojowych w zakresie techniki, ekonomiki oraz organizacji w telekomunikacji i technikach informacyjnych;
- interdyscyplinarne problemy naukowe i techniczne, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki społeczeństwa informacyjnego;
- zagadnienia związane z kształceniem i podwyższaniem kwalifikacji we wspomnianych dziedzinach.

Na łamach TITI są zamieszczane artykuły zarówno zamawiane przez Redakcję, jak i zgłaszane przez autorów, a także komunikaty i inne informacje. Wszystkie artykuły są recenzowane.

Oferowany artykuł nie powinien być opublikowany w innym czasopiśmie ani równocześnie złożony w innej redakcji. Po zaakceptowaniu artykułu do druku następuje przeniesienie praw autorskich na Wydawcę, który ma odtąd wyłączne prawo do korzystania z utworu i rozporządzania nim na takich polach eksploatacji, jak: utrwalenie, zwielokrotnienie dowolną techniką i rozpowszechnianie (reprodukcja trwała – wprowadzenie do obrotu).

Artykuł powinien być poprzedzony (również w języku angielskim) tytułem pracy, streszczeniem (ok. 150 słów) i słowami kluczowymi oraz uzupełniony fotografią i notką biograficzną autora. Notka powinna zawierać: tytuł i stopień naukowy oraz tytuł zawodowy autora, rok urodzenia, nazwę wydziału i uczelni oraz rok ukończenia studiów, poprzednie miejsca pracy wraz z datami, aktualne miejsce zatrudnienia, informacje o publikacjach, patentach, zainteresowaniach naukowych i zawodowych oraz adres kontaktowy (np. e-mail).

Bibliografia powinna być umieszczona na końcu artykułu. Pozycje powinny być uporządkowane w kolejności cytowania lub alfabetycznie. Bibliografia powinna zawierać następujące elementy opisu bibliograficznego: nazwisko i pierwszą literę imienia autora, tytuł pracy, a ponadto w pozycjach książkowych – miejsce wydania, wydawcę i rok wydania, natomiast w przypadku czasopism – tytuł czasopisma, rok wydania, tom, rocznik, zeszyt, numer, stronicę. Znaki interpunkcyjne należy stosować według niżej podanych przykładów:

- książka:  
Schneier B.: *Kryptografia dla praktyków*. Warszawa, WNT, 1995
- praca zbiorowa:  
Krajewski A.: *Obowiązki zakładu pracy i pracownika*. W: *Nowe prawo pracy*. Red. R. Korolec, J. Pachol. Warszawa, Książka i Wiedza, 1975, s. 218–254
- czasopismo:  
Kałkusińska L., Kobus R.: *Koncepcja utrzymania sieci abonenckich*. Przegląd Telekomunikacyjny + Wiadomości Telekomunikacyjne, 1994, nr 9, s. 510–515

Przypisy powinny być kolejno ponumerowane i umieszczone na stronie, gdzie znajduje się odniesienie. Zaleca się umiar w stosowaniu przypisów.

Tekst powinien być przygotowany za pomocą typowego edytora tekstu, jednak preferowany jest TeX i LaTeX.

Ilustracje powinny być zapisane w typowym formacie graficznym, np. JPG, PNG, GIF, EPS; w postaci oddzielnych plików graficznych.

Fotografie w formie map bitowych powinny mieć rozdzielczość 300–400 dpi.

Materiał tekstowy w postaci plików zapisanych w formacie źródłowym i pdf oraz pliki z poszczególnymi ilustracjami mogą być nadesłane na adres [redakcja@itl.waw.pl](mailto:redakcja@itl.waw.pl).

Redakcja udostępni autorowi recenzję, zajmując jednocześnie stanowisko dotyczące dalszego postępowania.

Po opracowaniu redakcyjnym artykuł jest przekazywany autorowi do korekty autorskiej i akceptacji składu.

Dokonywanie istotnych zmian oraz dopisywanie tekstu podczas korekty wymaga uzgodnienia z redakcją.

Autorzy otrzymują 2 egzemplarze czasopisma ze swoją publikacją.

Szczegółowe informacje dotyczące procesu recenzowania, jak również formularz recenzji i przeniesienia praw autorskich znajdują się na [www.itl.waw.pl/titi](http://www.itl.waw.pl/titi).



INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY  
ul. Szachowa 1  
04-894 Warszawa

Redakcja

tel. +48(22) 512 81 83  
tel./fax:+48(22) 512 84 00  
e-mail: [redakcja@itl.waw.pl](mailto:redakcja@itl.waw.pl)  
<http://www.itl.waw.pl/titi>