

Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej

Andrzej Pękalski

Mikołaj Waszkiewicz

Artykuł opisuje projekt w ramach którego zaprojektowano mobilne laboratorium badawcze, które zostało wykonane przez Instytut Łączności we współpracy z Wojskowymi Zakładami Łączności Nr 1 w Zegrzu. Opisano zakres zastosowań i przeznaczenie takiej jednostki, funkcjonalność metrologiczną, wyposażenie w aparaturę pomiarową i możliwości eksploatacyjne. W dalszej części publikacji opisano przebieg realizacji projektu oraz uzyskane wyniki.

Mobilne laboratorium, planowanie i ocena jakości sieci radiowych, pomiary sieci radiokomunikacyjnych

Wprowadzenie

Mobilne Laboratorium Badawcze (MLB), przeznaczone do badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej, powstało w latach 2010-2012 w wyniku realizacji projektu rozwojowego o symbolu O R00 0075 11 – pracy finansowanej ze środków na naukę [1]-[2]. Obiekt został zaprojektowany, zbudowany, uruchomiony oraz poddany badaniom przez Instytut Łączności we współpracy z Wojskowymi Zakładami Łączności Nr 1 w Zegrzu.



Rys. 1. Mobilne Laboratorium Badawcze

MLB może być zastosowane do badań i prac rozwojowych, oceny funkcjonalności i jakości profesjonalnych ruchomych usług radiokomunikacyjnych. W szczególności umożliwia badania w sieciach

TETRA, DMR, GSM, UMTS i LTE oraz wykonywanie pomiarów parametrów radiowych (np. poziomu natężenia pola elektrycznego, sygnału użytecznego emitowanego przez stacje bazowe oraz zakłóceń wspólnokanałowych i sąsiednikanałowych), a także kompatybilności elektromagnetycznej, w tym prawidłowego wykorzystania widma radiowego, niezbędnych do oceny usług profesjonalnej radiokomunikacji (PMR).

Mobilny charakter laboratorium umożliwia wykonywanie badań w czasie jazdy, w miejscu świadczenia tych usług (*in situ*) w terenie lub w lokalizacji usługobiorcy i w warunkach zbliżonych do tych, w jakich usługi są faktycznie wykorzystywane [3].

MLB może wspomagać działania na rzecz poprawy efektywności funkcjonowania sieci łączności, w tym radiowej. Zgodnie z założeniami projektu, w ramach którego laboratorium zostało zaprojektowane i wykonane, jego wyposażenie oraz procedury badawcze mają zastosowanie między innymi w bardzo ważnym dla państwa obszarze bezpieczeństwa publicznego, obronności i zarządzania kryzysowego, w tym w odniesieniu do systemów dla zespołów dowodzenia i łączności.

W szczególności MLB i wyniki badań prowadzonych z zastosowaniem MLB mogą być wykorzystywane do:

- wspomaganie procesu planowania częstotliwości poprzez analizę stanu widma radiowego, poprzez pomiary zajętości zakresów częstotliwości z uwzględnieniem identyfikacji rzeczywistych (legalnych i nielegalnych) oraz pozornych źródeł emisji radiowych,
- wsparcia planowania i projektowania sieci radiowych, poprzez realizację pomiarów testowych, w celu weryfikacji poprawności planowania lub projektowania parametrów sieci radiowych (pomiaru użytecznego i zakłóceniewego natężenia pola elektromagnetycznego projektowanych stacji radiowych w obszarach działania planowanych sieci radiowych, weryfikacja metod i procedur projektowania),
- realizacji zadań odbiorów technicznych budowanych sieci i systemów radiowych (pomiaru zasięgów łączności, dostępności i jakości usług, zgodności z obowiązującymi przepisami i planami lub projektami),
- oceny dostępności i jakości usług publicznych sieci radiokomunikacyjnych,
- weryfikacji zgodności wykorzystania częstotliwości z rezerwacjami, identyfikacji źródeł emisji rzeczywistych i pozornych, w tym nielegalnych, weryfikacji stanu uzgodnień międzynarodowych dotyczących wykorzystywania częstotliwości w rejonach przygranicznych,
- wykrywania, identyfikacji i lokalizacji niepożądanych źródeł emisji radiowych mających negatywny wpływ na funkcjonowanie systemów i usług telekomunikacyjnych.

Unikatowość MLB, w porównaniu z innymi, istniejącymi w kraju mobilnymi laboratoriami, polega między innymi na tym, że jest ono przygotowane do realizacji badań zarówno funkcjonujących urządzeń, systemów i sieci radiowych, jak i planowanych, przygotowywanych i wdrażanych nowych systemów i sieci, a także do badań na potrzeby kontroli stanu środowiska elektromagnetycznego. Takie kompleksowe, zintegrowane rozwiązania mobilnych laboratoriów pomiarowych, nie są w praktyce spotykane.

MLB wyróżnia się także pod względem jakości, nowoczesności i funkcjonalności wykorzystywanego w nim specjalistycznego wyposażenia i oprogramowania, szerokiego zakresu możliwości pomiarowych, badawczych i analitycznych oraz możliwości realizacji badań w skali krajowej i międzynarodowej. Wyposażenie pozwala na realizację kompletnych, spójnych cykli badań (przygotowanie, pomiary, analizy, dokumentowanie, raportowanie) obejmujących takie działania jak:

- tworzenie własnych procedur – w oparciu o opracowane biblioteki MLB,
- realizację pomiarów w terenie – zgodnie z opracowaną metodyką funkcjonowania MLB i przyjętymi procedurami, z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury pomiarowej i oprogramowania do jej obsługi i automatyzacji badań,
- sterowanie i zarządzanie pomiarami – z wykorzystaniem specjalizowanego komputera i specjalistycznego oprogramowania,
- prowadzenie analiz uzyskanych wyników – z wykorzystaniem oprogramowania analitycznego,
- dokumentowanie pomiarów oraz tworzenie raportów – z wykorzystaniem możliwości sprzętowo-programowych części stacjonarnej MLB oraz zgodnie z zawartymi w bibliotekach wzorami dokumentów.

Kompleksowy sposób działania MLB zapewnia między innymi jego architektura, przewidująca funkcjonowanie powiązanych ze sobą elementów, odpowiedzialnych za realizację poszczególnych, głównych funkcji laboratorium, istotnych dla zapewnienia pełnej, zakładanej funkcjonalności MLB. Tymi elementami są:

- część mobilna MLB – pomiarowo-badawcza,
- część stacjonarna MLB – analityczno-dokumentacyjna,
- zaplecze dokumentacyjne do badań – biblioteki procedur badawczych, wymagań, wzorów dokumentów, dokumentacji technicznej oraz systemu jakości,
- zaplecze dokumentacyjne do utrzymania infrastruktury MLB – dokumentacja techniczna infrastruktury oraz metodyki funkcjonowania laboratorium,
- baza stacjonarnej MLB – do prac przygotowawczych oraz prac konserwacyjnych pojazdu i wyposażenia MLB.

Koncepcja i wymagania techniczne i eksploatacyjne dla MLB

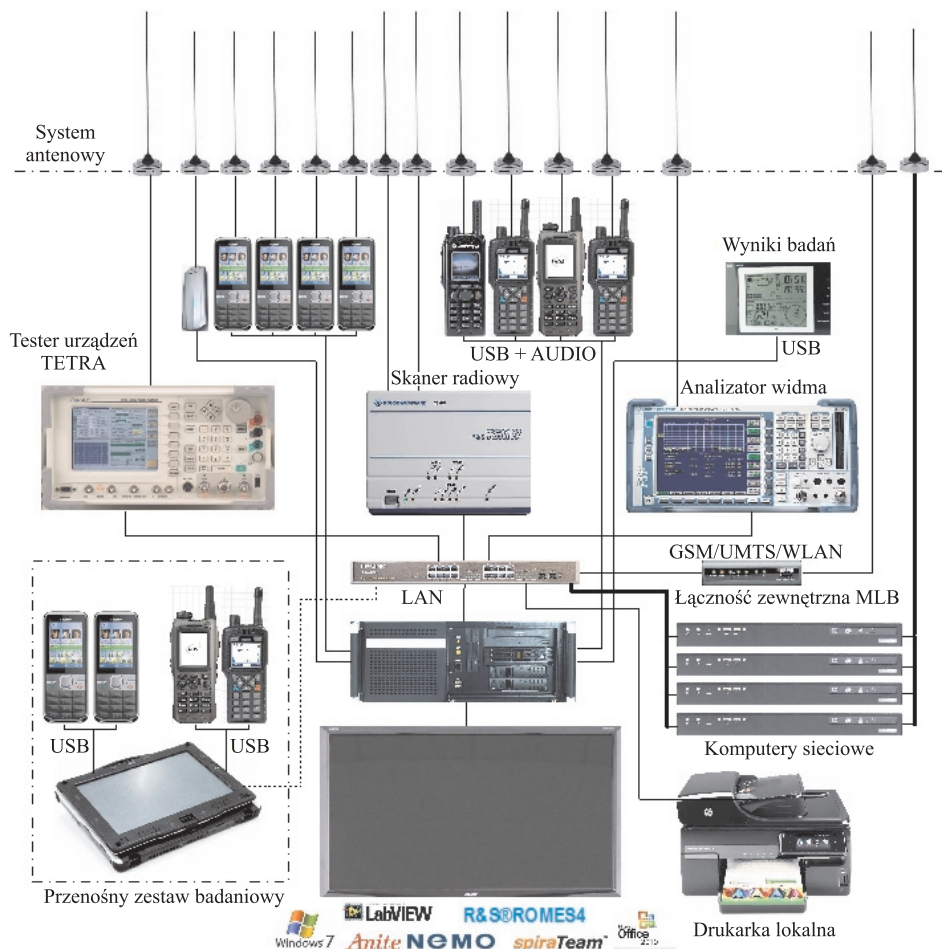
Projektowanie architektury MLB

Opis projektu zawarty we wniosku konkursowym [1] oraz w umowie o wykonanie [2] prezentuje MLB, jako ruchomy kompleks aparatury badawczej, umożliwiający prowadzenie badań usług radiokomunikacyjnych w terenie w miejscu faktycznego świadczenia tych usług. Zgodnie z założeniami MLB miało przede wszystkim służyć badaniom usług wykorzystywanych przez służby mundurowe i reagowania kryzysowego, zwłaszcza dysponujących cyfrowymi systemami trunkingowymi w terenie. Założono zaprojektowanie i wytworzenie, w warunkach przemysłowych, prototypu, którego funkcjonalności będą mogły być zademonstrowane i zastosowane w praktyce.

Koncepcja budowy i funkcjonowania MLB [3] stanowiła podstawę do opracowywania wszystkich pozostałych dokumentów technicznych i organizacyjnych MLB. Zdobywane w trakcie prac projektowych i konstruktorskich doświadczenia jednak spowodowały potrzebę weryfikacji pewnych ustaleń początkowych. Zmiany i nowości pokazano w dwóch suplementach [5]-[6] oraz w kolejnych w dokumentach, a zwłaszcza w wymaganiach technicznych i eksploatacyjnych [7] oraz w metodyce funkcjonowania MLB [12]-[13].

Tworząc koncepcję przeprowadzono rozpoznanie możliwości technicznych budowy mobilnego laboratorium i sformułowano wymagania na jego komponenty. Objęły one aparaturę badawczą i infrastrukturę, zapewniającą funkcjonowanie MLB w terenie, a także umożliwiającą prowadzenie badań i opracowywanie wyników.

Ze względu na Prawo Zamówień Publicznych wymagania na komponenty MLB zostały sformułowane bez wskazywania na konkretne produkty i dostawców. Wymagania techniczne, które faktycznie wykorzystano do realizacji przetargów zgromadzone w dokumencie „Wymagania techniczne i eksploatacyjne” [7], czyli zbiorze opisów przedmiotów zamówienia (OPZ) z tych postępowań przetargowych, które zakończyły się chociaż częściowym sukcesem, tzn. w wyniku tych postępowań dokonano wyboru oferenta, podpisania umowy i dostarczenia zamówionych produktów [8]. Oznacza to, że te wymagania odpowiadają rzeczywistym, dostępnym na rynku produktom.



Rys. 2. Schemat konfiguracji wyposażenia badawczego MLB

Istotę wyposażenia badawczego MLB (rys. 2) stanowią:

- skaner radiowy Rohde&Schwarz TSMW wraz z terminalami-radiotelefonami i modemami oraz oprogramowaniem sterującym i przetwarzającym wyniki badań funkcjonalnych i jakościowych,
- analizator widma elektromagnetycznego Rohde&Schwarz FSP do obserwowania warunków realizacji usług radiokomunikacyjnych,
- tester urządzeń sieci TETRA Aeroflex 3920 do badania poprawności działania stacji bazowych, przekaźników i terminali standardu TETRA,

- aplikacja bazodanowa spiraTeam do zarządzania projektami oraz badaniami. Przynrzędy pomiarowe zostały zilustrowane na rysunkach 3-6.



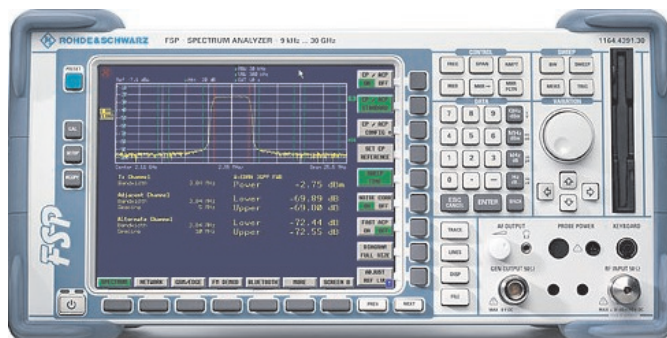
Rys. 3. Skaner radiowy R&S TSMW

Skanner wykonuje badania interfejsu radiowego oraz funkcji sieci TETRA, GSM/UMTS, LTE na interfejsie radiowym, w tym analizy sygnałów w sieci TETRA, pokrycia radiowego i identyfikacji zakłóceń. Użytkowanie skanera tego typu wiąże się nierozdzielnie z wykorzystaniem pakietu specjalistycznego oprogramowania ROMES4.



Rys. 4. Terminale wykorzystywane do badań funkcjonalnych i jakościowych usług radiokomunikacyjnych

Stacje ruchome (radiotelefony noszone) TETRA przeznaczone do zautomatyzowanych badań funkcjonalności i jakości usług sieci TETRA. Podobne zastosowanie mają telefony komórkowe GSM/UMTS oraz modemy GSM/UMTS/LTE. Zostały one przystosowane do współpracy z komputerem oraz oprogramowaniem ROMES4.



Rys. 5. Analizator widma elektromagnetycznego

Analizator widma pozwala na obserwowanie, analizowanie i dokumentowanie stanu widma elektromagnetycznego w zakresie częstotliwości znacznie szerszym od tego, które jest przedmiotem skanowania i w którym są wykonywane badania funkcjonalne systemów radiokomunikacyjnych. Ma to na celu identyfikowanie i śledzenie źródeł komponentów widma w dziedzinie częstotliwości, które mogą negatywnie wpływać na sygnały użytkowe.



Rys. 6. Tester urządzeń TETRA

Tester realizuje pomiary parametrów oraz badania funkcjonalne urządzeń systemów TETRA, a w szczególności stacji bazowych, stacji ruchomych działających w trybie trunkingowym oraz bezpośrednim. W szczególności takim testerem wykonywane są badania nadajników i odbiorników stacji TETRA pod względem zgodności ich parametrów ze stawianymi wymaganiami. Wykonywane są również badania sterowania (wymiany sygnałów i protokołów) oraz realizacji funkcji użytkowych (połączeń telefonicznych, transmisji SDS i danych).

Przedmiotem projektu było skompletowanie, zainstalowanie w mobilnym środowisku, uruchomienie i wdrożenie do użytkowania wymienionego wyposażenia badawczego umożliwiającego prowadzenie badań określonych usług radiokomunikacyjnych.

Infrastruktura MLB, zintegrowanie i uruchomienie prototypu

Zapewnienie mobilności i autonomii działania MLB

Opisane powyżej wyposażenie badawcze musi mieć zapewnione odpowiednie warunki do działania. Założenie, że badania usług będą wykonywane *in situ*, w terenie, a także w ruchu, prowadzi do wniosku, że jest potrzebna infrastruktura zapewniająca możliwość pracy aparatury w poruszającym się pojeździe i w warunkach tylko zdalnego kontaktu pomiędzy MLB, a infrastrukturą stacjonarną znajdującą się w miejscu stacjonowania. Aby spełnić te warunki w zakresie infrastruktury MLB:

- kupiono samochód spełniający wymagania odnośnie możliwości zainstalowania w nim specjalistycznego wyposażenia,
- zidentyfikowano i kupiono szereg elementów mających zapewnić zarówno odpowiednie warunki działania wyposażenia (zwłaszcza zasilanie) i warunki pracy załogi,
- zaprojektowano i wytworzono szereg elementów mechanicznych, które pozwalają na odpowiednie rozmieszczenie i umocowanie komponentów MLB i zapewniają możliwość ich pracy w pojeździe [10],
- zaprojektowano i wytworzono okablowanie łączące komponenty MLB [10],
- zidentyfikowano i kupiono infrastrukturę teleinformatyczną (sprzęt i oprogramowanie), tworzącą warunki do sterowania aparaturą badawczą, gromadzenia i przetwarzania wyników badań oraz do komunikacji z infrastrukturą stacjonarną.

W procesach projektowania i integrowania elementów MLB wykorzystano zaawansowane oprogramowanie do tworzenia dokumentacji oraz modelowania wyników. Przykładowy wynik wizualizacji konstruowania i integracji elementów MLB przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Studium rozmieszczenia wyposażenia i obsługi MLB w pojeździe

Elementy infrastruktury zintegrowano ze sobą oraz z wyposażeniem badawczym, tworząc mobilne laboratorium. Wygląd stanowiska operatora części mobilnej MLB pokazano na rys. 8, przy czym ważnym przedmiotem tej części prac było opracowanie dwóch stojaków o specjalnej konstrukcji uwzględ-

niającej warunki panujące w poruszającym się samochodzie, w których zainstalowano aparaturę badawczą oraz elementy infrastruktury teleinformatycznej.



Rys. 8. Stanowisko pracy operatora części mobilnej

Stacjonarne zaplecze MLB

Mimo, że główną cechą MLB jest wykonywanie badań w terenie i w ruchu, ze względów praktycznych i ekonomicznych większa część prac przygotowawczych do badań, a także opracowanie wyników badań powinno być wykonywane w stacjonarnym zapleczu. Zaplecze takie zostało zorganizowane i wyposażone w zasoby informatyczne (rys. 9) oraz modelowe fragmenty infrastruktury MLB.



Rys. 9. Stacje robocze części stacjonarnej MLB

Wyposażenie informatyczne umożliwia, przy wykorzystaniu zasobów sieci lokalnej w Instytucie Łączności oraz dostępu do Internetu, przygotowywanie badań, tj. ustalanie wymagań i celów badań, opracowywanie zestawów procedur badawczych, uzgadnianie szczegółów organizacyjnych i logistycznych.

W zapleczu stacjonarnym przewidziano fragmenty infrastruktury do prowadzenia obsługi aparatury pomiarowej w przypadku, gdy warunki w pojeździe na to nie pozwolą. Zapewniono też możliwości pracy stacjonarnej MLB (bez potrzeby uruchamiania silnika samochodu w celu podtrzymania zasilania), zarówno w zamkniętym pomieszczeniu, niezależnie się od warunków atmosferycznych i na otwartym terenie w typowych warunkach pracy urządzeń radiowych.

Wykonana w ramach projektu dokumentacja konstrukcyjna oraz przewodnik po elementach infrastruktury MLB zostały zawarte w [11].

Metodyka i rezultaty działania MLB

Metodyka funkcjonowania MLB opisuje zasady działania MLB prowadzące do zaspokojenia potrzeb klientów laboratorium [12], [13]. Obejmuje ona obszar i przedmiot działalności MLB, profile spodziewanych klientów i ich przewidywane oczekiwania, rodzaje badań (badania funkcjonalności, badania jakości, badania pokrycia radiowego), a także metody badań oraz zasady ich walidacji. Opisuje ponadto właściwości metod badawczych (pewność, dokładność, powtarzalność), potrzebne wyposażenie, uzyskiwane wyniki i produkty przekazywane klientom oraz metody walidacji wyników.

Po stronie obróbki danych pomiarowych metodyka precyzuje zasady tworzenia i dokumentowania procesów, procedur i instrukcji, organizacji bibliotek procesów i procedur oraz ich wykorzystania do przygotowania i wykonania programu badań, metody przetwarzania wyników badań i ich prezentacji, a także metody analizy, oceny i formułowania wniosków.

Przyjęta w koncepcji MLB metodyka jego działania może być zrealizowana w praktyce tylko przy wykorzystaniu zaawansowanych narzędzi informatycznych. Dzięki temu możliwe jest zautomatyzowanie szeregu procesów, zwielokrotnienie możliwości pozyskiwania i przetwarzania informacji o przedmiocie badań.

Biblioteki wymagań i procedur badawczych

W początkowych fazach realizacji projektu opracowano własną metodę opisu wymagań i procedur z wykorzystaniem narzędzi biurowych (MS Office). Po zakupieniu specjalistycznej aplikacji do zarządzania projektami i badaniami (Inflectra spiraTeam) prace nad bibliotekami procedur przeniesiono na tę platformę.

Na rysunkach 10-13 zilustrowano zasadnicze formularze stanowiące elementy opisu procesu badań, które są wykorzystywane do planowania i rejestracji wyników.

Requirement: NEW [RQ:000053]

Name: NEW

Description:

Importance: -- None --

Status: Requested

Creation Date: 2011-12-19 12:22:36

Last Updated: 2011-12-19 12:22:50

Author: System Administrator

Release: -- None --

Owner: -- None --

Plan Effort: hours

Test Coverage * Tasks Comments Custom Props Attachments History * Associations

Available Test Cases:

✓	Name
<input type="checkbox"/>	NEW

► Add >

► Remove <

► Remove All

Test Coverage:

✓	ID	Name	Status
<input type="checkbox"/>	TC000147	NEW	Not Run

> [Create Test Case From This Requirement](#)

The test coverage box indicates the test cases that are currently mapped against the requirement. To add test cases to this requirement, choose from the list above and click [Add]. You can use the [Remove] and [Remove All] buttons to remove tests that no longer cover the requirement.

Rys. 10. Formularz ekranowy wymagania

Wymagania (rys. 10) określają co ma być zbadane i jakie są oczekiwane właściwości przedmiotu badania. Jest to określenie celu badań.

Save Copy Refresh Delete Execute Print Email Subscribe

Test Case: New Test Case [TC:000428]

Name: New Test Case

Description:

Author: Andrzej Pękalski

Owner: -- None --

Priority: -- None --

Active*: Yes

Est. Dur.: hours

Creation Date: 2012-05-28 10:05:44

Execution Status: Not Run

Last Executed: 2012-06-05 12:15:46

Test Steps * Req. Coverage * Automation Comments Custom Props Test Runs * Releases Attachments

Available Requirements:

✓	Name
<input type="checkbox"/>	New Requirement (New Test Case...)

► Add >

► Remove <

► Remove All

Requirements Coverage:

✓	ID	Name	Status
<input type="checkbox"/>	RQ000426	New Requirement (New Test Case...)	Requeste

> [Create Requirement From This Test Case](#)

The requirements coverage box indicates the requirements that are currently mapped against the test case. To add requirements to this test case, choose from the list above and click [Add].

Rys. 11. Formularz ekranowy procedury badań z zakładką wymagań

Tak jak każdemu wymaganiu powinna odpowiadać co najmniej jedna procedura badań, tak w opisie procedury (rys. 11) jest pokazane z jakiego wymagania ona wynika.

Step #	Test Step Description	Expected Result	Sample Data	Execution Status	ID
1	Step 1			Passed	TS000249
2	Step 2			Not Run	TS000250

Rys. 12. Formularz ekranowy procedury badań z zakładką kroków

Szczegółowy opis procedury stanowią jej kroki (test steps). Każdy krok jest jednostką, której jest przypisany oczekiwany rezultat oraz werdykt, stanowiący wynik procesu badawczego (rys. 12). W przypadku określonych niepozytywnych werdyktów automatycznie jest ustalany werdykt dla całej procedury i jest otwierany incydent, czyli proces analizy i doprowadzania badanego obiektu do stanu, w którym będzie możliwe uzyskanie pozytywnego werdyktu.

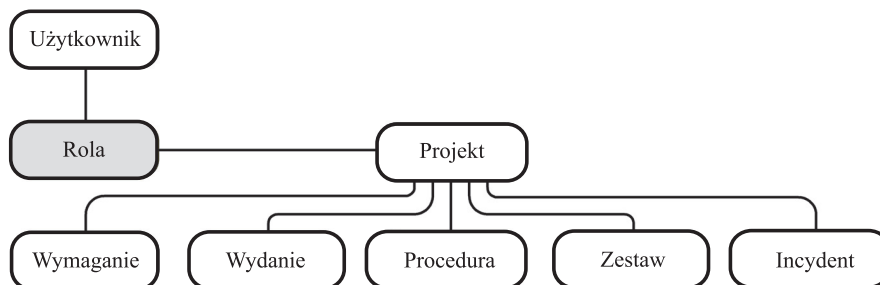
Test Run Name	End Date	Test Set	Type	Tester	Release	Execution Status	Est. Dur.	Act. Dur.	Test
New Test Case	5-cze-2012		Manual	Andrzej Pękalski		Passed		0.0h	TR0
New Test Case	5-cze-2012		Manual	Andrzej Pękalski		Failed		0.0h	TR0

Rys. 13. Formularz ekranowy procedury badań z zakładką wykonania

Narzędzie spiraTeam obejmuje również generator raportów, umożliwiający prezentowanie zawartości poszczególnych fragmentów bazy danych w różny sposób.

Zarządzanie procesem badań z zastosowaniem aplikacji bazodanowej spiraTeam

Oprócz formy zapisu wymagań, procedur i wyników, aplikacja spiraTeam wspomaga również realizację całego projektu badawczego, co zapewnia odpowiednią jakość badań oraz daje możliwość ich automatyzacji.

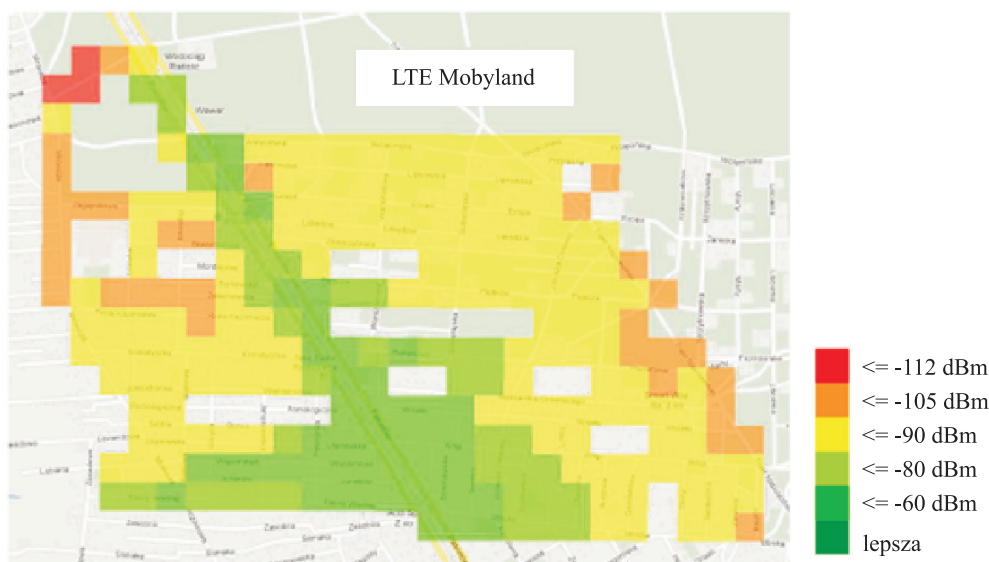


Rys. 14. Podstawowe elementy projektu badawczego zarządzanego za pomocą spiraTeam

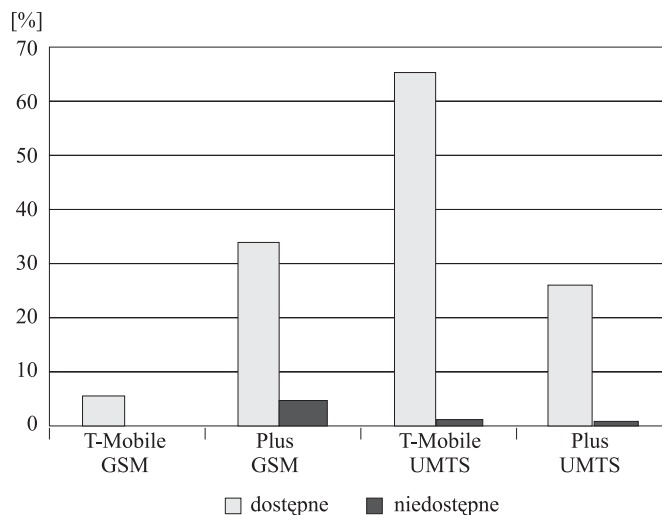
Przetwarzanie wyników pomiarów

Pakiet oprogramowania R&S ROMES4 (obejmujący moduł analizatora problemów sieciowych NPA) jest wykorzystywany w MLB do przetwarzania danych pozyskanych w trakcie badań prowadzonych w terenie. Umożliwia to szybkie i atrakcyjne przedstawianie zgromadzonych danych tak, aby ich odbiorca w łatwy sposób mógł wyciągać wnioski. Jest to jedna z dróg do zmniejszenia nakładu pracy i przyspieszenia prac przy opracowywaniu wyników badań, a tym samym raportów z badań.

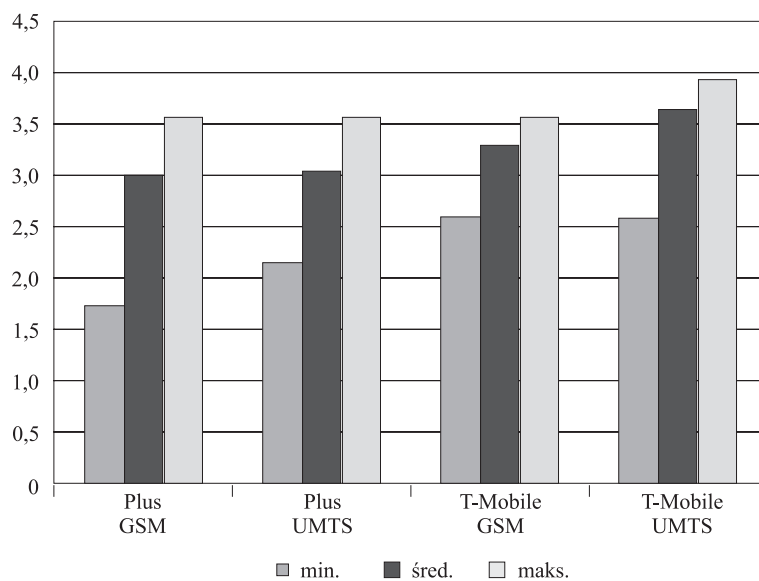
Na rysunkach 15-17 przedstawiono przykłady analiz uzyskanych za pomocą narzędzi ROMES NPA. Rysunek 15 jest przykładem analizy wyników pomiarów naniesionych na mapę. Rysunki 16 i 17 pokazują wyniki badań przetworzone do postaci diagramów słupkowych.



Rys. 15. Moc odbieranego sygnału referencyjnego (RSRP) najsilniejszego nadajnika LTE (TopN, N=1)



Rys. 16. Dostępność usługi telefonicznej (Telephone Service Accessibility)



Rys. 17. Jakość głosu w próbkach (Speech Quality on Sample Basis) według skali MOS

Podsumowanie realizacji projektu

Podstawowy wynik projektu - prototyp ruchomego laboratorium o założonej funkcjonalności - został zweryfikowany poprzez serię przeprowadzonych badań dostępnych sieci radiokomunikacyjnych, przeprowadzonych zgodnie z metodyką MLB [14].

Przeprowadzone badania prototypu wykazały, że cel projektu - opracowanie i wytworzenie prototypu MLB spełniającego odpowiednie wymagania - został osiągnięty.

W wyniku realizacji projektu Instytut Łączności zdobył doświadczenie w zakresie opracowywania i wykorzystywania mobilnych laboratoriów badawczych. Otwiera to placówce drogę do prowadzenia podobnych prac konstrukcyjnych i usługowych w przyszłości, także na warunkach komercyjnych.

Bibliografia

- [1] Wniosek o finansowanie projektu rozwojowego własnego, część B; Numer rejestracyjny wniosku: Nr O R00 0075 11, Tytuł projektu: Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności
- [2] Umowa Nr 0075/R/T00/2010/11 o wykonanie projektu rozwojowego Nr O R00 0075 11
- [3] Chojnacki B., Pękalski A.: *Badania usług komunikacji elektronicznej w terenie – wyzwania i rozwiązania*, XXVII Krajowe Sympozjum Telekomunikacji i Teleinformatyki, Łódź 2011
- [4] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Koncepcja budowy i funkcjonowania, wersja 2.2, Warszawa, grudzień 2010
- [5] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Koncepcja budowy i funkcjonowania, Suplement 2011, wersja 1.2, Warszawa, grudzień 2011
- [6] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Koncepcja budowy i funkcjonowania, Suplement 2012, wersja 1.3, Warszawa, sierpień 2012
- [7] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Wymagania techniczne i eksploatacyjne, wersja 3.2, Warszawa, czerwiec 2012
- [8] Dokumentacja przetargów (*zbiory w postaci elektronicznej w zasobach MLB oraz w BIP IŁ PIB*)
- [9] Dokumentacja fabryczna zakupionych komponentów MLB (*zbiory w postaci elektronicznej w zasobach MLB*)
- [10] Mobilne Laboratorium Badawcze (MLB) Dokumentacja konstrukcyjna DK-192.00.00.00; Wojskowe Zakłady Łączności nr 1, Zegrze
- [11] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Infrastruktura mobilnego laboratorium, wersja 1.17, Warszawa, wrzesień 2012
- [12] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Metodyka funkcjonowania MLB, część 1, wersja 2.6, Warszawa, sierpień 2012
- [13] Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności, Metodyka funkcjonowania MLB, część 2, wersja 2.6, Warszawa, wrzesień 2012

[14] Mobilne Laboratorium Badawcze, Zespół Badań Prototypu MLB, Sprawozdanie nr 1 z badań prototypu MLB, Warszawa 2012.

Uwaga: Poniższe dokumenty lub zbiory dokumentów są dokumentacją projektu rozwojowego Nr O R00 0075 11 pt. Mobilne laboratorium badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności.

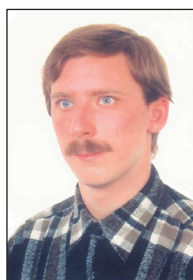
Andrzej Pękalski



Mgr inż. Andrzej Pękalski – Absolwent Politechniki Warszawskiej o ponad trzydziestoletnim stażu w różnych ośrodkach badawczo-rozwojowych firm branży telekomunikacyjnej: Polska Poczta, Telegraf i Telefon, Instytut Łączności, Alcatel, Telekomunikacja Polska. Uczestniczył w pracach Sektora Normalizacji Telekomunikacji Międzynarodowego Związku Telekomunikacyjnego (ITU-T) oraz TeleManagement Forum. W Instytucie Łączności obecnie pracuje w Zakładzie Zastosowań i Zasilania Łączności Elektronicznej. Jest przewodniczącym Komitetu Technicznego Telekomunikacji w Polskim Komitecie Normalizacji. W latach 2010 - 2012 kierował projektem „Mobilne badania funkcjonalności i jakości usług komunikacji elektronicznej dla zespołów dowodzenia i łączności” finansowanym ze środków na naukę.

e-mail: A.Pekalski@itl.waw.pl

Mikołaj Waszkiewicz



Mikołaj Waszkiewicz – absolwent Politechniki Warszawskiej, wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych na kierunku telekomunikacja (1998). Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Łączności w Warszawie. Tu zajmuje się pisaniem oprogramowania i analizą danych związanych z badaniami jakości sieci telekomunikacyjnych. Uczestniczy też w pracach projektowych systemów badania jakości sieci telekomunikacyjnych takich jak AWP-IL oraz MLB.

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