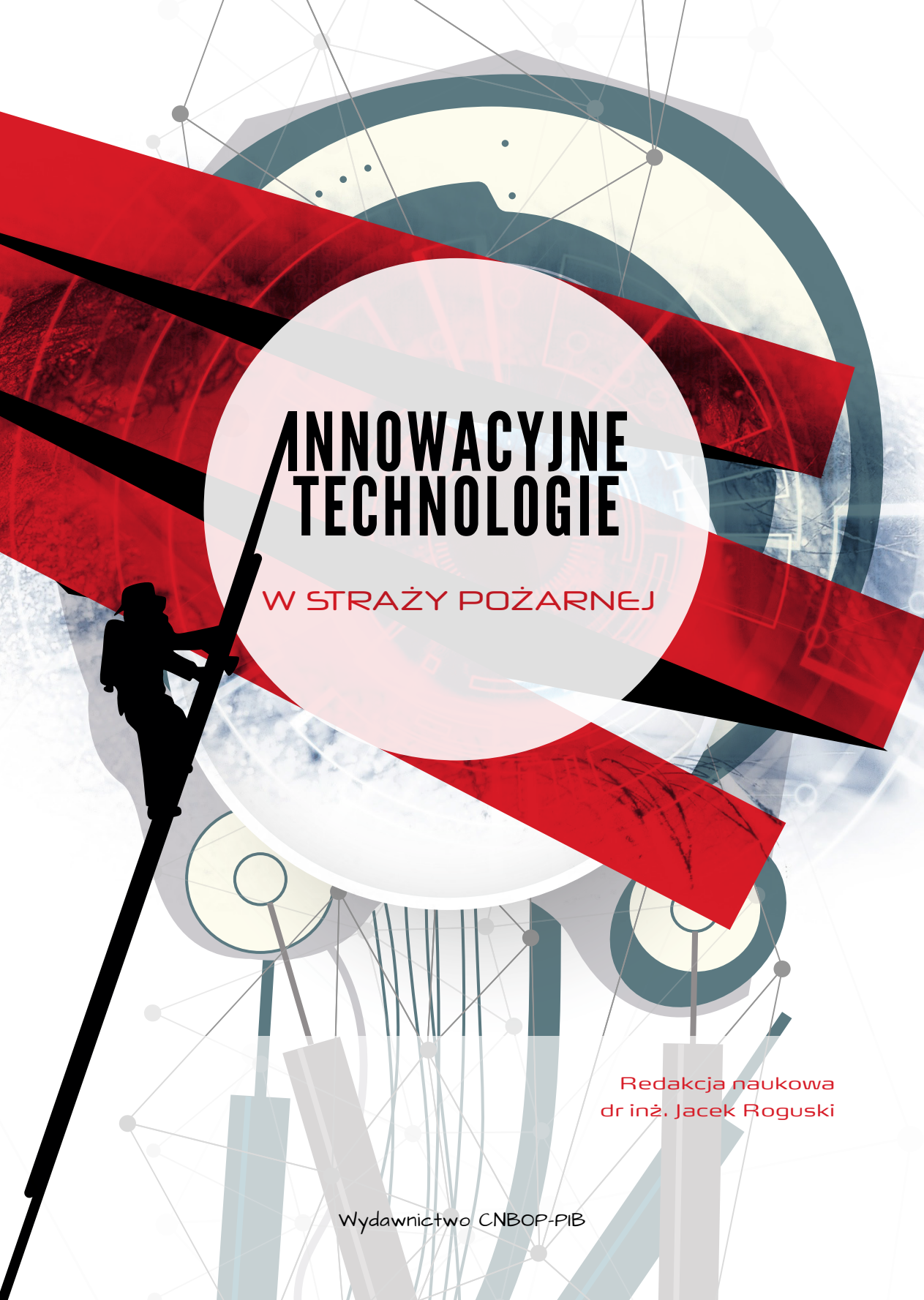


The background is a complex abstract composition. It features a central white circle containing the title. Surrounding this are various elements: a large red diagonal band, a black silhouette of a firefighter on the left, a stylized globe in the background, and a network of grey lines and dots. The overall aesthetic is modern and technological.

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE

W STRAŻY POŻARNEJ

Redakcja naukowa
dr inż. Jacek Roguski

Wydawnictwo CNBOP-PIB

INNOWACYJNE TECHNOLOGIE W STRAŻY POŻARNEJ

Opracowano w ramach projektu nr: DOB-BIO6/06/113/2014
finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju pod tytułem
„Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”

Projekt realizowany przez konsorcjum w składzie:

Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliszkowskiego
– Państwowy Instytut Badawczy; Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii;
JAS technologie Sp. z o.o.



Wydawnictwo CNBOP-PIB

SPIS TREŚCI

Redakcja naukowa: dr inż. Jacek Roguski	
Recenzja: prof. dr hab. inż. Janusz Kręcikij prof. dr hab. inż. Jan Posobiec	
Redakcja i korekta: Agata Ludwińska Anna Pacek	
Projekt okładki: Julia Pinkiewicz	
Grafika na okładce: made by Freepik.com	
ISBN 978-83-948534-1-9 DOI 10.17381/2018.3	
© Copyright by Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2018	
Skład i druk: BEL Studio Sp. z o.o. 01-355 Warszawa ul. Powstańców Śl. 67 B tel./fax (+48 22) 665 92 22 e-mail: studio@bel.com.pl księgarnia: http://www.iknt.edu.pl	
Wydawca: Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy 05-420 Józefów k/Otwocka ul. Nadwiślańska 213 www.cnbop.pl	

Wstęp	5
Część I	
Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne zrealizowane w projektach naukowo-badawczych na potrzeby straży pożarnej	
<i>Jacek Roguski</i> Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych opracowanych w czasie realizacji projektów naukowo-badawczych	19
Część II	
Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne w pojazdach pożarniczych	
<i>Jacek Roguski</i> Pojazdy pożarnicze: rozwiązania i technologie	41
<i>Włodzimierz Kupicz, Jarosław Kończak, Marcin Mieteń, Marcin Grubek, Grzegorz Wiśniewski</i> Badania ergonomii i bezpieczeństwa pojazdu pożarniczego	71
Część III	
Logistyka działań w jednostkach ochrony przeciwpożarowej	
<i>Michał Chmiel, Karolina Równicka, Emil Sulak</i> Zarządzanie procesami logistycznymi jednostek PSP w działaniach ratowniczych	85
<i>Robert Piec</i> System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych	115
Część IV	
Innowacyjne systemy gaśnicze w działaniach ratowniczo-gaśniczych	
<i>Tomasz Węsierski, Małgorzata Majder-Łopatka, Wiktor Wąsik, Bernard Król</i> Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy. Podstawowe założenia systemu gaśniczego bazującego na wykorzystaniu turbiny samolotowej SO3	139
<i>Aleksander Adamski, Wiktor Wąsik, Tomasz Węsierski, Małgorzata Majder-Łopatka</i> Organizacja zaopatrzenia wodnego mobilnego turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego	169

Jacek Pirszel

Wykorzystanie środków dekontaminacyjnych w mobilnym turbinowym systemie ratowniczo-gaśniczym	191
--	-----

Część V

Innowacyjne technologie w działaniach ratowniczo gaśniczych

Beata Wojtasiak, Konrad Zaciera

Projekt OZAB – innowacyjne podejście do ochrony przeciwpożarowej	205
--	-----

Norbert Tuśnio, Paweł Wolny, Paweł Ogrodnik

Bezzałogowe systemy rozpoznania uszkodzonych konstrukcji budowlanych	229
--	-----

Część VI

Monitoring stanu technicznego sprzętu w straży pożarnej

Łukasz Apiecionek

System Internetu Rzeczy do monitorowania wyposażenia straży pożarnej	243
--	-----

Łukasz Apiecionek, Robert Palka, Piotr Brązkiewicz, Mateusz Biedziak

Możliwości zastosowania sieci 4G do monitorowania urządzeń eksploatowanych w Straży Pożarnej	259
--	-----

Włodzimierz Kupicz, Paweł Ogrodnik, Dariusz Baranowski

Opracowanie funkcjonalnej koncepcji systemu monitorowania sprzętu z uwzględnieniem rodzaju danych i poziomu raportowania	271
--	-----

Zakończenie	291
-----------------------	-----

Notki biograficzne	293
------------------------------	-----

Wstęp

Jacek Roguski

Publikacja *Innowacyjne technologie w straży pożarnej* jest wynikiem realizowanych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym (CNBOP-PIB) projektów z obszaru bezpieczeństwa i obronności finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Zaprezentowane opracowania dotyczą projektów badawczych, w realizacji których uczestniczyło CNBOP-PIB, zarówno w roli lidera, jak i członka konsorcjów takich jak:

- DOB-BIO6/06/113/2014 „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”¹;
- DOBR BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”²;
- DOBR BIO4/047/13419/2013 „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”³.

W ujęciu definicyjnym pojęcie innowacji (z łac. *innovare* – odnawiać) zostało wprowadzone w latach trzydziestych ubiegłego wieku. J. Schumpeter za innowację uznał wprowadzenie na rynek nowego produktu, wykorzystanie nowych metod wytwarzania, a także wprowadzenie zmian organizacyjnych. Jest również inna definicja, która mówi, że innowacja to *wdrożenie nowego lub istotnie ulepszanego produktu (wyrobu, usługi) lub procesu, nowej metody organizacyjnej lub nowej metody marketingowej w praktyce gospodarczej, organizacji miejsca pracy lub w stosunkach z otoczeniem. Nowy lub istotnie ulepszony produkt zostaje wdrożony, gdy jest wprowadzony na rynek. Nowe procesy, metody organizacyjne lub metody marketingowe zostają wdrożone, kiedy rozpoczyna się ich faktyczne wykorzystywanie w działalności przedsiębiorstwa*⁴. Istotnym jest, że w ujęciu definicyjnym, za innowację może być uznane to, co niekoniecznie uznaje się za innowację w innym państwie.

Na podstawie przedstawionych ujęć można wyróżnić⁵:

Innowacje produktowe – polegające na wdrażaniu nowych lub udoskonalonych zastosowań i technologii w wytwarzaniu nowego lub udoskonalonego produktu.

¹ DOB-BIO6/06/113/2014 „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”, dokumentacja projektu.

² DOBR BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”, dokumentacja projektu.

³ DOBR BIO4/047/13419/2013 „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”, dokumentacja projektu.

⁴ Por. *Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2009–2011*, 2012, Warszawa, Główny Urząd Statystyczny.

⁵ *Innowacja*, http://pi.gov.pl/PARP/data/Prezentacja_17_12_08/modul_1.pdf (dostęp: 15.02.2018).

Proces modernizacji wyrobu powinien zapewnić uzyskanie lepszych charakterystyk technicznych (taktyczno-technicznych) lub funkcjonalności użytkowej.

Innowacje procesowe – polegające na wprowadzaniu zmian w technologii wytwarzania zarządzania dystrybucją usług przy optymalizacji kosztów, organizacji pracy lub minimalizacji wpływu na środowisko. Innowacje procesowe obejmują również działalność wspomagającą (pomocniczą) w obszarach logistycznych oraz księgowości czy obszaru IT.

Innowacje organizacyjne – polegające na modernizacji struktur organizacyjnych, procedur postępowania w zakresie organizacji i zarządzania. Innowacje w zakresie organizacji pracy oraz podziału zadań i uprawnień decyzyjnych są sposobem na optymalizację zarządzania oraz maksymalizację wykorzystania zasobów ludzkich. Wprowadzone zmiany mogą decydować o efektywności funkcjonowania organizacji/przedsiębiorstwa poprzez wywieranie korzystnego wpływu na organizację oraz bezpieczeństwo i higienę pracy.

Wszystkie z rozpatrywanych opracowań spełniają przedstawione powyżej wymagania definicyjne i mogą być traktowane jako rozwiązania innowacyjne znajdujące zastosowanie w jednostkach ochrony przeciwpożarowej.

W części I *Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych opracowanych w czasie realizacji projektów naukowo-badawczych* przedstawione zostały projekty badawcze, które dotyczą sprzętu i wyposażenia dla straży pożarnej. Prezentowany materiał ma przedstawić stosowane aparaty badawcze, metody pozyskiwania danych oraz sposobem wykorzystania rezultatów, co w efekcie przybliży tematykę realizowanych projektów badawczych. Zadaniem autora jest przekonanie czytelnika, że nadrzędną jest zasada realizacji projektów badawczych ściśle związanych z oczekiwaniami gestora reprezentującego środowisko zawodowe. Dodatkowo, celem szerszego podejścia do zagadnień wykorzystania nowych technologii zaprezentowano wybrane problemy związane z wdrażaniem do użytkowania innych grup wyposażenia i sprzętu wykorzystywanego w straży pożarnej oraz zarządzania procesem eksploatacji. Omówione zostały rozwiązania bezzałogowych platform lądowych przeznaczonych do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. Bezzałogowa platforma lądowa (BPL) „Strażak” używana jest do prowadzenia, rozpoznania i likwidacji skutków awarii chemicznych w zakładach produkcyjnych i spedycji materiałów niebezpiecznych, może prowadzić działania gaśnicze oraz prace dekontaminacyjne. Wyposażona została w osprzęt przeznaczony do podawania wody i środków neutralizujących i odkażających. Podobną funkcję spełnia robot ratowniczy „Florian” – przeznaczony do prowadzenia akcji ratowniczych oraz rozpoznawczych. Wyposażony jest w wymienne akcesoria w postaci chwytaka/manipulatora o udźwigu 200 kg i wysięgu 4 m oraz ładowarkę o udźwigu 1000 kg i wysokości podnoszenia 1,5 m. Żeby poprawić funkcjonalność użytkową „Florian” został wyposażony w przyłącza pozwalające na dołączenie osprzętu stosowanego w minikoparkach. Przedstawione zostały efekty projektów pozwalających na prowadzenie działań ratowniczych

w sposób systemowy. Zaprojektowany system wspomagania działań antyterrorystycznych i antykryzysowych „PROTEUS” powstał z współzależnych elementów pozwalających na optymalne wykorzystanie w różnych sytuacjach kryzysowych. W skład całego systemu wchodzi następujące elementy:

- mobilne centrum zarządzania działaniami (MCD) wraz z systemem koordynacji działań robotów (MCOR);
- zestaw robotów mobilnych (RM);
- samolot bezzałogowy (BSL);
- zestawy czujników do rozpoznawania skażeń.

W grupie projektów, których celem systemowym było wytworzenie aparatu wspomagającego prowadzenie działań ratowniczych są:

- Projekt 0013/R/ID2/2011/01 „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)⁶. Dzięki przekrojowemu prowadzeniu prac zrealizowano zadania obejmujące opracowanie Lokalnego Systemu Ostrzegania przed powodzią, przygotowanie dokumentacji ochrony przeciwpowodziowej na wybranym terenie zalewowym, która obejmowała weryfikację procedur reagowania, alarmowania ludności na tym terenie. Zaproponowano również możliwość poprawy dyslokacji baz sprzętowych zawierających wyposażenie przeciwpowodziowe. W projekcie wytworzono poniższe produkty:
 - Rękaw przeciwpowodziowy, którego innowacyjny charakter opiera się na niezwykle prostym założeniu wypełnienia wnętrza wewnętrznego rękawa wodą.
 - Wyspecjalizowany Zestaw Przeciwpowodziowy (WZP) składający się z pływającego pojazdu ratowniczego „Wydra” oraz przyczepy z wyposażeniem przeznaczonym do prowadzenia akcji przeciwpowodziowej.
- Projekt DOBR BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”.

Najciekawszym elementem projektu jest demonstrator technologii – system teleinformatyczny zbierający dane z eksploatacji wybranego sprzętu znajdującego się w użytkowaniu w jednostkach straży pożarnej oraz analizujący uzyskane z sensorów pomiarowych dane w sposób pozwalający na ich wykorzystanie w ramach wspomagania działań logistycznych. Przyjęta struktura pozyskiwania danych z budowanego systemu pozwala na niezależne i zautomatyzowane pozyskiwanie

⁶ Projekt 0013/R/ID2/2011/01 „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)”, dokumentacja projektu.

informacji na różnych szczeblach zarządzania – począwszy od poziomu JRG, na KGPS kończąc. Zdaniem wykonawców projektu, wytworzony system monitorowania stanu technicznego, generując w sposób automatyczny raporty bez konieczności angażowania pracowników do ręcznej analizy danych, pozwoli na sprawniejsze zarządzanie operacyjne i logistyczne.

- Projekt DOBR BIO4/047/13419/2013 „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”.

Nowatorskim podejściem jest wytworzenie jednorodnego systemu zbierania wybranych informacji i przesyłania wybranych komunikatów, który będzie możliwy do wykorzystania przez wszystkie podmioty biorące udział w akcji ratowniczej. Opracowany system informatyczny wykorzystuje stworzone oprogramowanie komputerowe, które z bazą wiedzy, zasadami postępowania w zakresie zabezpieczenia logistycznego oraz przyjętym sposobem dokumentowania realizowanych działań wspomaga zarządzanie w zakresie zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowymi działaniami ratowniczymi.

W projektach 0014/R/ID1/2011/01 „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych”⁷ oraz DOBR/0011/R/ID1/2013/03 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych”⁸ podjęto tematykę bezpieczeństwa ratowników w trakcie działań. Produktem wspierającym działania decyzyjne w zakresie bezpieczeństwa ratowników w prowadzonych czynnościach ratowniczo-gaśniczych jest system monitorowania funkcji życiowych oraz lokalizacji położenia ratownika. Wynikiem projektu jest narzędzie pozwalające na weryfikację cech użytkowych odzieży strażackiej oraz sprawdzenia cech psychomotorycznych ratowników oparte na elektronicznym systemie umożliwiającym zdalne pomiary parametrów środowiskowych oraz fizjologicznych. Pozwala to kierującemu działaniami na kontrolę stanu zdrowia i sprawności ratowników oraz możliwość ich wycofania w przypadku stanu zagrożenia zdrowia lub życia. Podobną funkcję profilaktyczną spełnia system stanowisk badawczych zbudowanych przy realizacji projektu „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych”. Efektem tych działań jest możliwość oceny aktualnie użytkowanych struktur materiałowych do produkcji ochron osobistych w znacznie szerszym ujęciu niż dotychczas przy wykorzystaniu opracowanych metod badawczych pozwalających na lepszą ocenę skuteczności ochron osobistych. W warunkach rzeczywistych może wystąpić spiętrzenie czynników niekorzystnych, co może zostać odwzorowane w powstałych stanowiskach badawczych. Pozwalają one na badanie wyrobu, który był poddany procesowi starzenia w warunkach jednoczesnego obciążenia mechanicznego i termicznego, co pozwala uzyskać pełniejszą informację o właściwościach ochron. Wykonane

⁷ 0014/R/ID1/2011/01 „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych”, dokumentacja projektu.

⁸ DOBR/0011/R/ID1/2013/03 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych”, dokumentacja projektu.

stanowiska pozwalają na określenie istotnych własności krytycznych w warunkach złożonych obciążeń zewnętrznych. Wyniki badań właściwości termofizycznych oraz badań na zaprojektowanych stanowiskach pojedynczych materiałów oraz ich zestawów w różnych konfiguracjach warunków użytkowania dostarczają informacji dotyczących możliwych i celowych modyfikacji materiałów i ich zestawów oraz pozwalają na realizację procesu badawczego skuteczności systemów ochronnych stosowanych w jednostkach ochrony przeciwpożarowej.

Część II – *Innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne w pojazdach pożarniczych* poświęcona została tematyce innowacyjności rozwiązań konstrukcyjnych pojazdów pożarniczych oraz procesu badań laboratoryjnych, których celem jest uzyskanie najlepszych z punktu widzenia ergonomii rozwiązań konstrukcyjnych optymalizujących proces obsługi sprzętu pożarniczego przy minimalnym wysiłku.

W rozdziale *Pojazdy pożarnicze: rozwiązania i technologie* omówiono coraz szerszą ofertę rozwiązań konstrukcyjnych pojazdów pożarniczych w różnych grupach użytkowych. Mimo sformalizowania wielkości pojazdów i ich wyposażenia, producenci, uwzględniając oczekiwania różnych grup użytkowników, proponują różne modyfikacje sprzętu biorąc pod uwagę postęp w technice i technologii gaszenia. Przedstawione zostały pojazdy ratowniczo-gaśnicze specjalnie dostosowane do prowadzenia działań w trudnych warunkach terenowych, przeznaczone do prac w ekstremalnie niskich temperaturach oraz w szczególnych warunkach środowiskowych. Omówiono rozwiązania konstrukcyjne pojazdów stosowanych w tunelach komunikacyjnych, pojazdy kontenerowe oraz pojazdy turbinowe. Jako generator gazów wyrzutowych w tych pojazdach wykorzystywane są turbinowe silniki lotnicze gdzie w strumień gazów wylotowych podawane są za pomocą odpowiednich dysz środki gaśnicze. Wysokie własności gaśnicze uzasadnione są kombinowanym sposobem gaszenia uwzględniającym proces schładzania oraz oddziaływania gazodynamicznego na źródło pożaru. W zależności od potrzeb wykorzystywane są podwozia gaśnicowe lub kołowe obsługiwane przez załogę lub systemy zdalnego kierowania pojazdem. Pojazdy turbinowe przeznaczone są do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w górnictwie, w zakładach przetwórczych ropy i gazu, zakładach chemicznych w warunkach silnego promieniowania cieplnego. Zdalne sterowanie pojazdem realizowane jest w zależności od potrzeb z wykorzystaniem łączności wizyjnej i radiowej ze stanowiska kierowania. Zdalne sterowanie pozwala na gaszenie, schładzanie konstrukcji obiektów oraz instalacji technologicznych w obiektach szczególnego przeznaczenia, np. elektrowni jądrowych, magazynów uzbrojenia zakładów produkcyjnych wykorzystujących lub produkujących toksyczne lub trujące substancje. Omówiono również, coraz częściej wykorzystywane w trakcie prowadzenia działań, pojazdy do wentylacji pożarowej. Samochody pożarnicze tego typu przeznaczone są do prowadzenia prac polegających na przewietrzaniu/oddymianiu i schładzaniu dużych obiektów, takich jak pawilony, podziemne garaże, wysokie budynki, hangary lotnicze, tunele kolejowe oraz drogowe itp. Omówiono również stale rosnącą grupę pojazdów pożarniczych

karosowanych na motocyklach jako pojazdy interwencyjne przeznaczone w dużych aglomeracjach miejskich do działań ratowniczo-gaśniczych. Dzięki swoim zdolnościom manewrowym i dynamice, motocykle gaśnicze mogą przybyć na miejsce zdarzenia, przeprowadzić rozpoznanie i gaszenie pożaru w początkowej fazie rozwoju, przeprowadzić wstępne działania ratownicze z wykorzystaniem dostępnego na wyposażeniu sprzętu. W obszarach trudnodostępnych, leśnych oraz miejscach pozbawionych utwardzonych dróg komunikacyjnych wykorzystywane są również quady, szczególnie do gaszenia pożarów w początkowej fazie rozwoju. W ciągu ostatnich lat liczba producentów pożarniczych takich pojazdów stale rośnie. Na rynku pojawiły się firmy proponujące odbiorcom nowe typy quadów różnego przeznaczenia wykonanych w różnych wersjach. W większości z nich zastosowano systemy gaśnicze: plecakowe, mgłowe, pianowe oraz sprzęt pomocniczy w różnych konfiguracjach (narzędzia hydrauliczne i elektromechaniczne narzędzie ratownicze, agregaty prądotwórcze, kamery termowizyjne). Przedstawiono również możliwości stosowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej poduszkowców, które są wielofunkcyjnym uniwersalnym środkiem transportowym przeznaczonym do:

- gaszenia pożarów na jednostkach pływających;
- prowadzenia prac podwodnych i prac nurkowych;
- ratowania tonących i uwięzionych na krach;
- dostarczania sprzętu ratunkowego (łódzie, pontony pneumatyczne) na miejsce prowadzonych działań.

Jednocześnie w rozdziale *Badania ergonomii i bezpieczeństwa pojazdu pożarniczego* przedstawiono inne ujęcie tematu bezpieczeństwa pojazdu pożarniczego. W pracy autorzy skupili się na zagadnieniach związanych z badaniem i oceną ergonomii pojazdów specjalnych. Komfort pracy załogi jest bardzo ważnym czynnikiem, ponieważ wpływa na efektywność działania podczas wykonywania konkretnego zadania. W szerokim pojęciu ergonomii jest szereg cech, które wymagają oceny. Głównym problemem badawczym jest ocena cech niemierzalnych. Autorzy w ramach pracy przybliżyli jak w Wojskowym Instytucie Techniki Pancernej i Samochodowej dokonuje się badania ergonomii pojazdów specjalnych. W opracowaniu skoncentrowano się przede wszystkim na wykorzystaniu inżynierii odwrotnej. Nowe technologie pozwalają na zastosowanie inżynierii odwrotnej (skaner 3D), która eliminuje subiektywne odczucia osoby przeprowadzającej badanie. Skanując obiekt odtwarzamy pojazd oraz przestrzeń wewnątrz kabiny jako model przestrzenny 3D. W środowisku wirtualnym możemy zaimplementować wirtualnego manekina 3D, dzięki któremu można sprawdzić następujące cechy: widoczność z miejsca pracy użytkownika pojazdu, zasięg pracy użytkownika pojazdu (np. nóg i rąk), widoczność z miejsca kierowcy, widoczność w lusterkach wstecznych, siły w układzie szkieletowo-mięśniowym użytkownika pojazdu w zależności od wykonywanej czynności (np. zmiana przełożeń skrzyni biegów, otwieranie schowka, podnoszenie osprzętu). Odpowiednio zaprojektowana i wykonana przestrzeń wewnętrzna kabiny pojazdu

specjalnego jest konieczna do prawidłowego współdziałania systemu w układzie człowiek – pojazd. Pozwala to zaznajomić czytelnika z nowoczesnym podejściem do zasad projektowania pojazdu pożarniczego z uwzględnieniem komfortu użytkownika oraz ergonomiki.

Część III *Logistyka działań w jednostkach ochrony przeciwpożarowej* poświęcona została analizie sposobu zabezpieczenia logistycznego długotrwałych akcji ratowniczych. Autorzy skupili się na sposobie zarządzania zasobami logistycznymi, podmiotach odpowiedzialnych za organizację zabezpieczenia logistycznego. Porównano organizację zabezpieczenia logistycznego i główne problemy dotyczące zabezpieczenia logistycznego jakie wystąpiły podczas trzech dużych zdarzeń jakimi były: pożar w Kuźni Raciborskiej w 1992 roku, powódź w 1997 roku oraz katastrofa budowlana na terenie Międzynarodowych Targów w Chorzowie. W publikacji przedstawiono postulatywne propozycje zmian w organizacji zabezpieczenia logistycznego w Państwowej Straży Pożarnej, opierające się na nieustającym rozwoju technologii usprawniających działanie oraz zarządzanie zasobami logistycznymi w czasie rzeczywistym. System logistyczny w Państwowej Straży Pożarnej (PSP) ma szczególne znaczenie nie tylko podczas prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych o mniejszym zasięgu zagrożenia, lecz przede wszystkim w trakcie długotrwałych akcji ratowniczych, wówczas mamy do czynienia z pełnym rozwinięciem zabezpieczenia i wsparcia logistycznego. Znaczny wpływ na jakość zabezpieczenia logistycznego, przekładającego się często na powodzenie prowadzonej akcji i zwalczania skutków powstałego zagrożenia, ma zarządzanie logistyczne w ujęciu procesowym, formujące bezpieczeństwo na danym terenie. Zabezpieczenie logistyczne organizowane jest w ramach Krajowego Systemu Reagowania Kryzysowego. Wprowadzenie postulowanych przez autorów zmian na podstawie przeprowadzonych analiz i badań pozwoli na sprawniejsze prowadzenie długotrwałych akcji ratowniczych i procesu zabezpieczenia logistycznego działań oraz polepszenie warunków współpracy jednostek PSP z pozostałymi formacjami mundurowymi i władzami samorządu terytorialnego. W rozdziale *System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych* opisano wyniki projektu o tym samym tytule, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR). Przedstawiono opracowany system informatyczny wykorzystujący stworzone oprogramowanie komputerowe, które z bazą wiedzy, zasadami postępowania w zakresie zabezpieczenia logistycznego oraz przyjętym sposobem dokumentowania realizowanych działań wspomaga zarządzanie w zakresie zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowymi działaniami ratowniczymi. W celu walidacji opracowanego rozwiązania przeprowadzono demonstrację w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, na którą zaproszono potencjalnych użytkowników. W czasie przeprowadzonych ćwiczeń sprawdzono (w warunkach zbliżonych do rzeczywistych) wytworzone narzędzie informatyczne oraz funkcjonalność kontenera logistycznego, który w czasie wielopodmiotowych akcji ratowniczych miałby stanowić mobilne centrum koordynacji działań logistycznych. Kontener składa się

z dwóch niezależnych pomieszczeń. Jedno przeznaczone zostało na miejsce pracy sztabu, drugie – do prac zespołu ds. logistyki. W pierwszym pomieszczeniu został zamontowany serwer, telewizor, krzesła i stoły. Drugie pomieszczenie zaaranżowano dla 4 osób pracujących w zespole ds. logistyki, wyposażono je w komputery przenośne oraz terminale mobilne.

Przedstawione w czasie demonstracji założenia teoretyczne oraz narzędzie informatyczne zostały ocenione bardzo pozytywnie. Wnioski z wyników ankiety są niezaprzeczalne – przydatność tego typu narzędzia do przyszłych działań ratowniczych jest bardzo duża.

W części IV *Innowacyjne systemy gaśnicze w działaniach ratowniczo-gaśniczych* przedstawiono zagadnienia związane z realizacją projektu DOB-BIO6/06/113/2014 „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”. W ramach tego projektu realizowanego przez konsorcjum w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii oraz JAS technologie Sp. z o.o. został wykonany prototyp mobilnego turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego, który pozwala na gaszenie pożarów dużych instalacji technologicznych, obiektów wielokubaturowych oraz pożarów lasów na dużej przestrzeni a także może być wykorzystany w dekontaminacji masowej oraz ograniczaniu rozprzestrzenienia i likwidacji skażeń.

W rozdziale *Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy. Podstawowe założenia systemu gaśniczego bazującego na wykorzystaniu turbiny samolotowej SO3* wykonano szereg wielkoskalowych badań poligonowych, w tym pożary testowe grupy A i B oraz badania: zasięgu rzutu, kroplistości, liczby spieniania, efektywność zasilania systemu przez agregaty pompowe i inne samochody pożarnicze. Badanie pożarów grupy B środkiem typu AFFF wypadło pozytywnie, przy czym wykazano bardzo duży wpływ warunków atmosferycznych oraz ustawienia pojazdu na obszar skutecznego działania.

Wykazano ograniczenia wykorzystania samej technologii turbinowej do gaszenia pożarów grupy A oraz grupy B z uwagi na bardzo duży wpływ warunków atmosferycznych oraz ustawienia pojazdu na obszar skutecznego działania technologii. Wykazano skuteczność zasilania technologii na odległość z wykorzystaniem agregatów pompowych.

W rozdziale *Organizacja zaopatrzenia wodnego mobilnego turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego* przedstawiono optymalne wyposażenie oraz taktykę niezbędną do realizacji zaopatrzenia wodnego turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego (MTSRG) w trakcie działań ratowniczych. W Europie do budowy wysokowydajnych systemów zaopatrzenia w wodę do celów gaśniczych stosowane są obecnie zestawy pompowe o wydajności nie mniejszej niż 10000 dm³/min i ciśnieniu tłoczenia wody nie mniejszym niż 1,2 MPa. Do współpracy z powyższymi pompami przygotowane są moduły wężowe wyposażone w węże tłoczne o średnicy 150 lub 300 mm. W jednym module wężowym może być od 5000 m

do 10000 m węży ułożonych w systemie szybkiego sprawiania. Rozpatrując moduł wężowy o długości 5000 m i założeniu, że pojazd z modułem będzie poruszał się z prędkością 250 m/min czas sprawienia linii zasilającej na dystansie 5000 m wynosić będzie około 20 min. Dla porównania – w Polsce samochód wężowy, ze względów konstrukcyjnych, nie będzie poruszał się szybciej niż 80 m/min czyli czas sprawienia SW 5000 będzie trwał około 62 min. Przy zastosowaniu węży tłocznych o średnicy 150 mm straty ciśnienia w zasilających liniach wężowych będą mniejsze niż dla węży stosowanych w Polsce.

W rozdziale *Wykorzystanie środków dekontaminacyjnych w mobilnym turbinowym systemie ratowniczo-gaśniczym* omówiono sprawdzanie stabilności wybranych składników odkażalników w warunkach symulujących strumień gazów wylotowych z silnika turbodoładowego w mobilnym turbinowym systemie ratowniczo-gaśniczym. Użycie turbinowego systemu ratowniczo-gaśniczego do likwidacji skażeń substancjami wysokotoksycznymi, takimi jak bojowe środki trujące, wymaga użycia odkażalników zawierających reaktywne substancje, między innymi związku nadtlenowe i podchloryny. Z przeprowadzonych badań wynika, że większość sprawdzanych odkażalników może być stosowana w turbinowym systemie ratowniczo-gaśniczym bez znaczącej zmiany aktywności.

W części V *Innowacyjne technologie w działaniach ratowniczo-gaśniczych* są dwa rozdziały: *Projekt OZAB – innowacyjne podejście do ochrony przeciwpożarowej* oraz *Bezzałogowe systemy rozpoznania uszkodzonych konstrukcji budowlanych*. Obydwa poświęcone innowacyjnemu podejściu zgodnie z definicjami innowacji produktowej oraz procesowej. Projekt OZAB to innowacyjny, teleinformatyczny system wspomagania zarządzania bezpieczeństwem w kontekście podniesienia poziomu bezpieczeństwa kompleksów obiektów zabytkowych. Demonstrator będzie uwzględniał scenariusze zagrożeń dla takich obiektów wraz z możliwością reagowania ratowniczego, kompleksowej technologii ratowniczej i systemu szkoleniowego. Wypracowane w trakcie projektu OZAB rekomendacje (np. certyfikacja obiektów pod względem bezpieczeństwa ppoż.) dotyczące zarządzania bezpieczeństwem obiektów zabytkowych zlokalizowanych w centrach miast doprowadzą do zwiększenia bezpieczeństwa samych obiektów, jak i eksponatów o szczególnej wartości.

Wdrożenie wyników projektu wpłynie w istotny sposób na bezpieczeństwo obywateli poprzez wprowadzenie systemu zarządzania obiektami zabytkowymi. Dzięki wprowadzeniu innowacyjnego systemu nastąpi poprawa procesu ewakuacji dóbr i eksponatów znajdujących się w chronionych obiektach. Znacząco spadnie ryzyko ich uszkodzenia lub zniszczenia podczas sytuacji nadzwyczajnych. Zgodnie z założeniami projektu przewiduje się, że głównym zastosowaniem systemu będzie ochrona dóbr muzealnych/zabytków, która będzie realizowana poprzez usprawnienie procesu ewakuacyjnego w przypadku wystąpienia zdarzenia niekorzystnego, np. pożaru. Elementy systemu mają również za zadanie usprawnić procesy logistyczne związane z magazynowaniem dóbr po opuszczeniu ewakuowanego

obiektu. Ważnym podkreślenia jest fakt, że pewne elementy systemu, tj. tablet oraz smartfon, będą wykorzystywane przez kierującego działaniami ratowniczymi oraz przez samych ratowników, w tym przypadku elementy będą wspomagały ochronę zdrowia ratowników, jak również ułatwiały nawigację w pomieszczeniach.

Przykładem praktycznego wykorzystania środków technicznych w działaniach straży pożarnej jest koncepcja jednoczesnego zastosowania dwóch systemów: bezzałogowych statków powietrznych (BSP) oraz mobilnych robotów lądowych, w działaniach ratowniczych prowadzonych podczas katastrof budowlanych. Technologia ta zostanie opracowana w ramach osiągnięcia IX poziomu gotowości technologicznej w projekcie nr DOB-BIO6/03/48/2014 „Innowacyjne rozwiązania metod stabilizowania konstrukcji budowlanych i technologicznych w warunkach działań ratowniczych podczas likwidacji skutków katastrofy budowlanej”⁹. Zgodnie z sugestiami gestora, system złożony z mobilnego robota lądowego oraz tachimetru elektronicznego, który spełnił dotychczasowe oczekiwania, należy rozbudować o „komponent pozwalający na dokonywanie rozpoznania uszkodzonych konstrukcji budowlanych z wykorzystaniem bezzałogowych platform latających, które stałyby się naturalnym uzupełnieniem możliwości oferowanych przez przygotowaną platformę kołową”. W opracowaniu zaprezentowano możliwości oraz warianty użycia BSP w działaniach ratowniczych, w tym stosowane w ramach KSRG oraz przez służby innych państw.

Celem opracowania jest zaprezentowanie koncepcji połączonego zastosowania różnych systemów w działaniach ratownictwa technicznego oraz korzyści płynących z takiego rozwiązania. W ocenie autorów rozszerzenie możliwości pozyskiwania danych z poziomu lądu o dane zbierane przez sensory umieszczone na platformie latającej zdecydowanie wpłynie na czas i jakość podejmowanych decyzji, zarówno na poziomie interwencyjnym, jak i taktycznym. W przypadku zdarzeń o dużych rozmiarach, takich jak wielkie awarie przemysłowe oraz katastrofy naturalne (trzęsienia ziemi), pozwoli to na dobór odpowiedniej strategii działań ratowniczych prowadzonych na szeroką skalę.

W części VI *Monitoring stanu technicznego sprzętu w straży pożarnej* przedstawiono możliwości ewaluacji efektów projektu DOBR BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. W projekcie został opracowany system teleinformatyczny, który, bazując na informacjach pobieranych z sensorów zainstalowanych na wytypowanych do badań jednostkach sprzętu stosowanego w jednostkach ochrony przeciwpożarowej, pozwala na samodzielne gromadzenie informacji eksploatacyjnych oraz prognozowanie stanu technicznego i napraw. W warunkach poligonowych zbliżonych do rzeczywistych zostały sprawdzone parametry funkcjonalne wytworzonego demonstratora

⁹ Projekt DOB-BIO6/03/48/2014 „Innowacyjne rozwiązania metod stabilizowania konstrukcji budowlanych i technologicznych w warunkach działań ratowniczych podczas likwidacji skutków katastrofy budowlanej”, dokumentacja projektu.

systemu zarządzania eksploatacją wytypowanego sprzętu. Końcowym produktem projektu jest demonstrator, na który składają się:

- system sensorów monitorujący stan wybranych urządzeń;
- system łączności umożliwiający przekaz pozyskanych danych operacyjnych oraz zdalny dostęp do stworzonego systemu;
- system informatyczny gromadzący i transformujący pozyskane oraz uzupełniający dane logistyczne dotyczące obsługi i zakupów sprzętu.

W rozdziale *System Internetu Rzeczy do monitorowania wyposażenia straży pożarnej* zaprezentowano wykorzystanie narzędzia jakim jest Internet Rzeczy, które można określić jako rozwiązanie w budowie. Jedną z obecnie dostępnych i bardzo często wykorzystywanych usług jest monitorowanie różnego rodzaju wielkości fizycznych, linii produkcyjnych, procesów i towarzyszących. Dostarczane rozwiązania pozwalają podejmować lepsze decyzje. Maciej Kranz w swojej książce podaje, że połączenie technologii i podejmowania decyzji pozwala na osiągnięcie lepszego wyniku finansowego przedsiębiorstw i właśnie dlatego rozwiązania te powinny być rozważane do wdrożenia. Jednak wdrażanie rozwiązań generuje problemy: jak dokonać analizy, jakie rozwiązanie wybrać, komu zaufać przy jego modelowaniu, wykonaniu i wdrażaniu. Ze względu na proces wdrażania, idealnym rozwiązaniem byłaby uniwersalna architektura rozwiązania, która uwzględniała by wszystkie aspekty pracy: szybkość działania, bezpieczeństwo transmisji i przetwarzania danych. W publikacji wykorzystano metodę analizy, aby rozważyć możliwość zastosowania idei Internetu Rzeczy do wytworzenia systemu monitorowania wyposażenia sprzętu straży pożarnej. Wykonana analiza wykazała, że zastosowanie idei Internetu Rzeczy sprawdza się również w przypadku budowy systemów rozproszonych dla straży pożarnej.

W rozdziale *Możliwości zastosowania sieci 4G do monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej* autorzy podjęli próbę znalezienia odpowiedzi na to zagadnienie oraz określenia jakie to daje możliwości zasięgu oraz prędkości transmisji. W przypadku gdy obszar monitorowania jest bardzo rozległy można wykorzystać sieci kratowe – mesh, budując w ten sposób własną sieć. Istnieje jednak inne rozwiązanie – można spróbować wykorzystać istniejącą architekturę sieci komórkowej 3G/4G/LTE a w przyszłości nawet 5G. Na wykorzystanie tego typu łączności pozwala obecny stopień pokrycia sieci na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. Taką łączność zastosowano w rozwiązaniu projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. Wykorzystana sieć 3G/4G/LTE, pozwala na połączenie węzłów sieci do serwera i umożliwia użytkownikom mobilnym dostęp do zasobów niezależnie od miejsca ich pracy, ponieważ budowany w ramach projektu system obejmował tylko sześć węzłów, konieczna była analiza wykorzystania sieci w przyszłości na szeroką skalę, uwzględniając, poza zasięgami i prędkościami transmisji, również koszty utrzymania systemu.

W rozdziale *Opracowanie funkcjonalnej koncepcji systemu monitorowania sprzętu z uwzględnieniem rodzaju danych i poziomu raportowania* przedstawiono wyniki prac nad realizacją projektu rozwojowego nr DOBR-BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. Zadania Szkoły Głównej Służby Pożarniczej obejmowały opracowanie funkcjonalnych założeń koncepcyjnych oraz przeprowadzenie badań w rzeczywistych warunkach eksploatacji. Wyniki badań wskazują na dużą przydatność opracowanego systemu do nadzoru eksploatacji wybranego sprzętu straży pożarnej. Przeprowadzone końcowe badania opracowanego systemu monitorowania stanu technicznego wybranych urządzeń potwierdziły, że:

- możliwe jest prowadzenie monitorowania stanu technicznego urządzeń podczas rzeczywistej służby w jednostce ratowniczo-gaśniczej;
- wszystkie kluczowe parametry diagnostyczne zapisywane są w systemie w sposób poprawny, umożliwiając ich odczyt po upływie czasu;
- na podstawie danych zapisanych w systemie możliwe jest określenie położenia sprzętu w dowolnie wybranym przedziale czasowym;
- korzystając z menu Wykresy możliwe jest monitorowanie szczegółowych parametrów nadzorowanego sprzętu w dowolnie wybranym czasie.

Bibliografia

- [1] DOB-BIO6/06/113/2014 „Mobilny turbinowy system ratowniczo-gaśniczy”, dokumentacja projektu.
- [2] DOBR BIO4/051/13087/2013 „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”, dokumentacja projektu.
- [3] DOBR BIO4/047/13419/2013 „System kompleksowego zabezpieczenia logistycznego wielopodmiotowych akcji ratowniczych”, dokumentacja projektu.
- [4] Działalność innowacyjna przedsiębiorstw w latach 2009–2011, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2012.
- [5] 0013/R/ID2/2011/01 „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawki przeciwpowodziowe)”, dokumentacja projektu.
- [6] 0014/R/ID1/2011/01 „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych”, dokumentacja projektu.
- [7] DOBR/0011/R/ID1/2013/03 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych”, dokumentacja projektu.
- [8] Projekt DOB-BIO6/03/48/2014 „Innowacyjne rozwiązania metod stabilizowania konstrukcji budowlanych i technologicznych w warunkach działań ratowniczych podczas likwidacji skutków katastrofy budowlanej”, dokumentacja projektu.
- [9] Innowacja, http://pi.gov.pl/PARP/data/Prezentacja_17_12_08/modul_1.pdf (dostęp: 15.02.2018).

CZEŚĆ VI

MONITORING STANU TECHNICZNEGO SPRZĘTU W STRAŻY POŻARNEJ

System Internetu Rzeczy do monitorowania wyposażenia sprzętu straży pożarnej

Internet of things system for monitoring fire brigade equipment

Łukasz Apiecionek

Uniwersytet Kazimierza Wielkiego w Bydgoszczy

Streszczenie

Cel: Celem niniejszego publikacji jest przedstawienie możliwości wykorzystania Internetu Rzeczy do monitorowania wyposażenia sprzętu straży pożarnej.

Wprowadzenie: Systemy komputerowe są obecnie dostępne na każdym kroku. W dziedzinie komputeryzacji przeżywamy erę Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things, IoT). Idea ta polega na podłączaniu wszystkich możliwych urządzeń do sieci Internet w celu uzyskania nowych usług, co polepszy nasz standard życia. Idea zmierza do tego, aby każdy uzyskał dostęp do dowolnej usługi, w każdym miejscu, w którym się znajdzie, przez każde możliwe medium transmisyjne i uzyskał dowolnie potrzebną mu usługę. W najprostszych z możliwych ogólnych obrazów Internetu Rzeczy jest budowa takiego systemu, w którym lodówka podłączona do sieci Internet będzie rozpoznawała poziom produktów, które się w niej znajdują, a w przypadku ich wyczerpywania sama dokona zamówienia w sklepie, zapłaci za pomocą zapisanych numerów karty kredytowej i zamówi dostawę kurierem. Po odbiorze paczki i wstawieniu nowych produktów do lodówki, rozpozna ona znów ich liczbę oraz rodzaj, a następnie przewidzi, kiedy będą się one kończyły. W chwili obecnej Internet Rzeczy można określić jako rozwiązanie w budowie. Stale pojawiają się nowe architektury, ale i technologia pozwala na budowanie nowych usług. Jedną z obecnie dostępnych i bardzo często wykorzystywanych usług jest monitorowanie różnego rodzaju wielkości fizycznych, linii produkcyjnych, procesów im towarzyszących. Dostarczane rozwiązania pozwalają podejmować lepsze decyzje. Maciej Kranz w swojej książce podaje, że połączenie technologii i podejmowania decyzji pozwala na osiągnięcie lepszego wyniku finansowego przedsiębiorstw i właśnie dlatego rozwiązania te powinny być rozważane do wdrożenia. Jednak wdrażanie rozwiązań generuje problemy: jak dokonać analizy, jakie rozwiązanie wybrać, komu zaufać przy jego modelowaniu, wykonaniu i wdrażaniu. Ze względu na proces wdrażania, idealnym rozwiązaniem byłaby uniwersalna architektura rozwiązania, która uwzględniałaby wszystkie aspekty pracy: szybkość działania, bezpieczeństwo transmisji i przetwarzania danych. Taka uniwersalna architektura może zostać zastosowana również w systemach monitorowania sprzętu Straży Pożarnej. Wspomniany system powstał podczas realizacji projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. W niniejszym artykule wprowadzono w zagadnienia Internetu Rzeczy oraz pokazano na prawdziwym przykładzie, jak zastosować go do monitorowania wyposażenia sprzętu Straży Pożarnej.

Metodologia: W publikacji wykorzystano metodę analizy, aby rozważyć możliwość zastosowania idei Internetu Rzeczy do wytworzenia systemu monitorowania wyposażenia sprzętu straży pożarnej.

Wnioski: Wykonana analiza wykazała, że zastosowanie idei Internetu Rzeczy sprawdza się również w przypadku budowy systemów rozproszonych dla Straży Pożarnej.

Abstract

Objective: The main aim of this article is to answer the question whether it is possible to use an idea of Internet of Things to build a system for monitoring the fire brigade equipment.

Introduction: IT systems are nowadays widely used. One of the newest trend is Internet of Things. This idea was developed for connecting machine to machine devices which let to transfer data faster and made better decision according to the data. This idea was developed also for providing new services and features. The next aim of IoT is to provide services in any places, any time, over any possible interfaces. Right now the IoT idea is on development phase. There are lot of new architectures, and technology let to provide new features day after day. One of the main used features is monitoring systems parameters. Such solutions let to made better and faster decisions. Maciej Kranz claims that the technology and decision making connections provide better finance results for business. But IoT implementation generate lot of problems too. The problems are connected with the decision what kind of IoT system architecture should be used. The best solutions could be a general architecture which could provide the best transmission speed, security, and data processing. Such general architecture could also be used according to monitoring fire brigade equipment as it was used in the project called the Development of the methodology of continuous supervision of operation of selected areas of fire-fighting equipment in terms of reliability and effectiveness of operation project. In this paper the idea of IoT for monitoring fire brigade equipment is presented.

Methodology: In this publication an observational method was used to consider if the Internet of Things idea could be used for monitoring fire brigade equipment.

Conclusions: The analysis demonstrated that there is a possibility to build a huge system for fire brigade using the Internet of Things idea.

1. Wprowadzenie

Internet Rzeczy pozwala na fizyczne połączenie obiektów, które dzięki temu mogą współdzielić informacje i dzięki temu istnieje możliwość podejmowania lepszych decyzji. IoT zmienia tradycyjne obiekty w obiekty zwane *smart*. Dzieje się to poprzez dodanie możliwości przetwarzania danych, wzajemnej komunikacji, dodania sensorów, protokołów transmisji i aplikacji. Rysunek 1 przedstawia ogólną koncepcję IoT.

Zakłada się, że z upływem czasu coraz więcej urządzeń zostanie włączonych do sieci Internet i stworzą inteligentne środowisko. Synchronizując rozwiązania, możliwe będzie np. wcześniejsze otwarcie bramy garażowej w momencie, gdy auto zbliża się już do posesji. Wykorzystując inteligentne systemy transportu, możliwe będzie lepsze sterowanie ruchem. Umożliwi to rozładowanie korków, przepuszczenie

przez światła pojazdów uprzywilejowanych. Wymaga to jednak rozwiązania wielu problemów. Często problemem jest fakt:

- konieczności posiadania zasilania dla elementów rozwiązania IoT;
- konieczności transmisji danych na odległość – na jakim terenie pracuje rozwiązanie;
- konieczności opracowania protokołów transmisji danych – jak wysyłać dane, jak efektywnie je przekazywać;
- budowy centrum zbierania i przetwarzania danych – gdzie zbierać duże ilości danych, jak je magazynować, jak je udostępniać;
- algorytmów analizy zebranych danych – jak analizować dane, jak wyciągać właściwe wnioski;
- konieczności połączenia różnorodnych sprzętów, wcześniej niekompatybilnych – jak połączyć różne elementy, jakie przetworniki opracować, jakie gatewaye;
- adresacji urządzeń – jak adresować i identyfikować urządzenia.



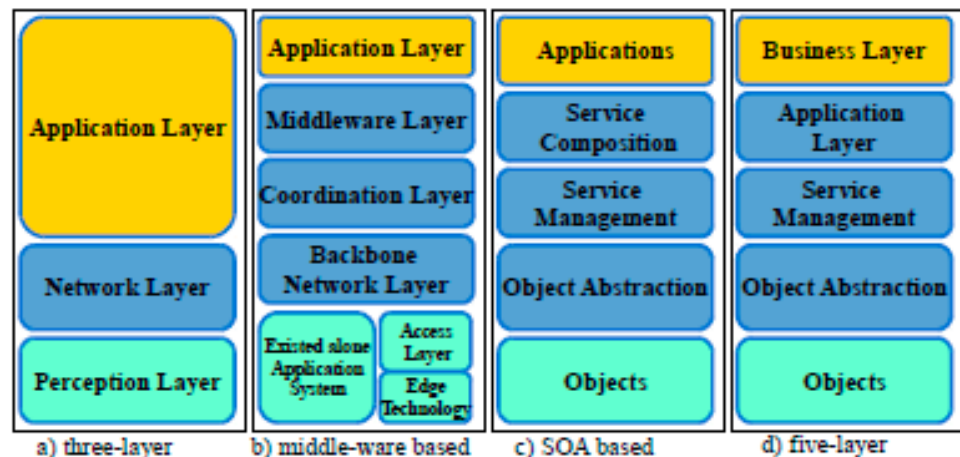
Rysunek 1. Ogólna koncepcja IoT

Źródło: Al-Fuqaha A.I., Aledhari M., Ayyash M., Guizani M. & Mohammadi M. (2015), *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 17, 2347-2376

Figure 1. Concept of IoT

Jedną z ciekawych idei dla Smart City jest Intelligent Transport System. Taki system w połączeniu z inteligentnymi, a w przyszłości autonomicznymi autami, może pozwolić nie tylko na generowanie zielonego światła dla pojazdów uprzywilejowanych, ale i może rozładowywać korki w sposób inteligentny, sterując długością zielonego światła dla różnych kierunków ruchu. Idąc dalej, inteligentne rozwiązania mogą otworzyć bramę wjazdową na posesję w momencie gdy pojazd zbliża się do niej.

Ze względu na wymienione problemy rozwiązań, trudno jest znaleźć jedno uniwersalne rozwiązanie architektury. W literaturze można znaleźć różne podejścia. Rysunek 2 prezentuje różne podejścia do definicji architektury rozwiązania.



Rysunek 2. Architektura IoT

Źródło: Al-Fuqaha A.I., Aledhari M., Ayyash M., Guizani M. & Mohammadi M. (2015). *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications*. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 17, 2347–2376

Figure 2. IoT architecture

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest rozwiązanie pięciowarstwowe (ang. *Five layer*). Warstwa Objects reprezentuje fizyczne sensory, które zbierają dane. Ich rodzaj jest zależny od konkretnego zastosowania. W celu generalizacji rozwiązań, w warstwie tej powinny zaistnieć mechanizmy typu *plug and play*, ale działające nie tylko na warstwie fizycznego podłączenia sensora. Podłączenie sensora powinno wygenerować odpowiednią informację do warstw wyższych, aby umożliwić podejmowanie decyzji na bazie uzyskanych danych. Warstwa Object Abstraction odpowiada za bezpieczną komunikację pomiędzy obiektami a warstwą wyższą. Ważnym aspektem tutaj jest fakt, że komunikacja może odbywać się za pomocą różnorodnych mediów: RFID, 3G, GSM, UMTS, WiFi, Bluetooth Low Energy, infrared, ZigBee, Lora etc. Service Management layer odpowiada za adresację rozwiązań. Pozwala ona na operowanie obiektami fizycznymi przez warstwę aplikacji za pomocą nazw i adresów. Warstwa aplikacji dostarcza rozwiązania dla końcowego użytkownika

zgodnie z jego potrzebami. Natomiast Business layer odpowiada za zarządzanie całościowym rozwiązaniem IoT.

Rozwiązania IoT są również przedstawiane poprzez ich elementy. Na rysunku 3 przedstawiono elementy rozwiązania, a są to:

- Identification – kluczowe zagadnienie związane z identyfikacją właściwego sensora poprzez jego nazwę, element ten zawiera w sobie również adresację rozwiązań w sieci, np. IPv6, IPv4, 6LoWPAN;
- Sensing – oznacza zbieranie danych z sensorów i przesyłanie ich do miejsca przetwarzania i podejmowania decyzji;
- Communication – obejmuje zagadnienia transmisji danych pod względem zastosowanych technologii, które obecnie umożliwiają transmisję na różne odległości, z różną prędkością, ale również ich koszt zastosowania jest bardzo zróżnicowany, jest obecnie technologią, z którą wiąże się największe nadzieje jest LTE;
- Computation – przetwarzanie danych wiąże się z użyciem różnych technologii sensorów i ich systemów operacyjnych;
- Services – usługi, które IoT dostarcza, są kluczowym elementem, gdyż to właśnie dla nich powstaje całe rozwiązanie, wymienia się tutaj głównie usługi z zakresu Intelligent transportation systems (ITS) or Transportation Cyber-Physical Systems (T-CPS), Industrial automation, Smart healthcare, Smart grids, smart city;
- Semantics – odpowiada za możliwość eksploracji wiedzy w sposób inteligentny aby dostarczać wymagane usługi.

Obecnie można znaleźć wiele projektów, które rozwijają swoje rozwiązania dla IoT oraz próby ich standaryzacji. Wiele rozwiązań jest typu *open source*, co ułatwia ich rozwój i zwiększa skalę zastosowań.



Rysunek 3. Elementy IoT

Źródło: Al-Fuqaha A.I., Aledhari M., Ayyash M., Guizani M., & Mohammadi M. (2015), *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*, IEEE Communications Surveys and Tutorials, 17, 2347–2376

Figure 3. IoT elements

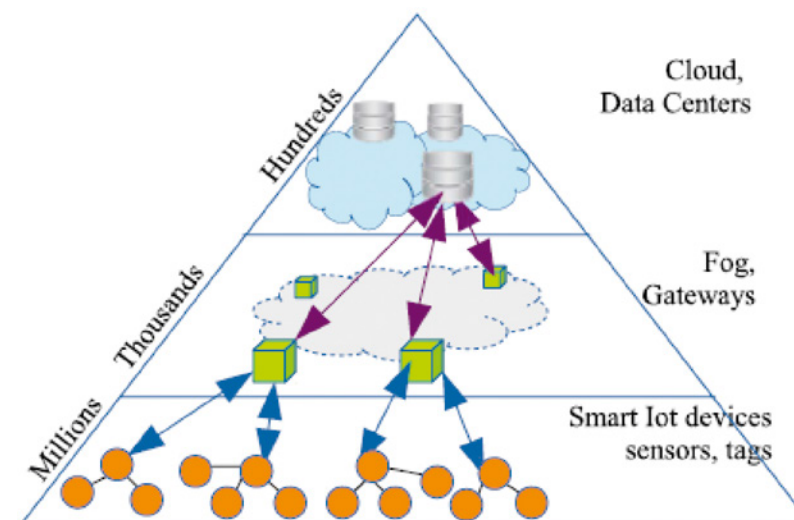
2. Wspólna architektura IoT

Szukając uniwersalnej architektury, trzeba dokonać przeglądu istniejących. Analizując obecne propozycje, można je podzielić ze względu na miejsce przetwarzania danych: albo w samym sensorze, albo w punkcie centralnym. Ze względu na to kryterium można wyznaczyć architektury typu:

- Sensors;
- Fog;
- Cloud Computing.

Rozwiązanie te zostały zobrazowane na rysunku 4. Na najniższym szczeblu znajdują się sensory, urządzenia IoT zbierające dane. Tych urządzeń jest i będzie najwięcej, gdyż to one podłączają rozwiązania do sieci. Ze względu na ich liczbę to one generują największe potrzeby na pulę adresowe oraz ruch w sieci transmitujące zbierane dane. Warstwę wyższą stanowi rozwiązanie typu Fog. Rozwiązanie to zbiera, agreguje i przetwarza wstępnie zebrane dane. Takie podejście pozwala zmniejszyć ruch w sieci. Przewiduje się, że miliony sensorów IoT wygeneruje, bardzo dużo niepotrzebnego ruchu. Dlatego warstwa Fog pozwala na uniknięcie tego zjawiska. Rozwiązania występujące w tej warstwie są rozwiązaniami bardziej skomplikowanymi niż w warstwie sensorów. Dysponują większą mocą obliczeniową i najczęściej wymagają innych warunków pracy. Najwyższa warstwa to warstwa Cloud. W rozwiązaniu typu Cloud wszystkie dane przetwarzane są w chmurze. Takie rozwiązanie wymaga odpowiedniej struktury, budowy centrum przetwarzania danych, odpowiedniego zarządzania nim, ale również przesyłania wszystkich danych do centrum, gdzie następuje ich przetwarzanie.

Wszystkie warstwy mogą występować samodzielnie lub w połączeniu z pozostałymi świadcząc usługi dla innych. W warstwie Sensors działają zarówno sensory, które mierzą wartości fizyczne, ale i efektory, których zadaniem jest sterowanie, zmiana, nastawy wartości fizycznych. Warstwa ta wymaga opracowania odpowiednich przetworników, które mogą być aktywne, pasywne, mechaniczne, optyczne, magnetyczne, termiczne, elektryczne, biologiczne, chemiczne etc. Warstwa Fog może działać jako pomost pomiędzy warstwą sensorów i Cloud, agregując zbierane dane i ograniczając ilość ruchu w sieci. Pozwala ona na przesunięcie usług przetwarzania danych bliżej elementów końcowych – sensorów.

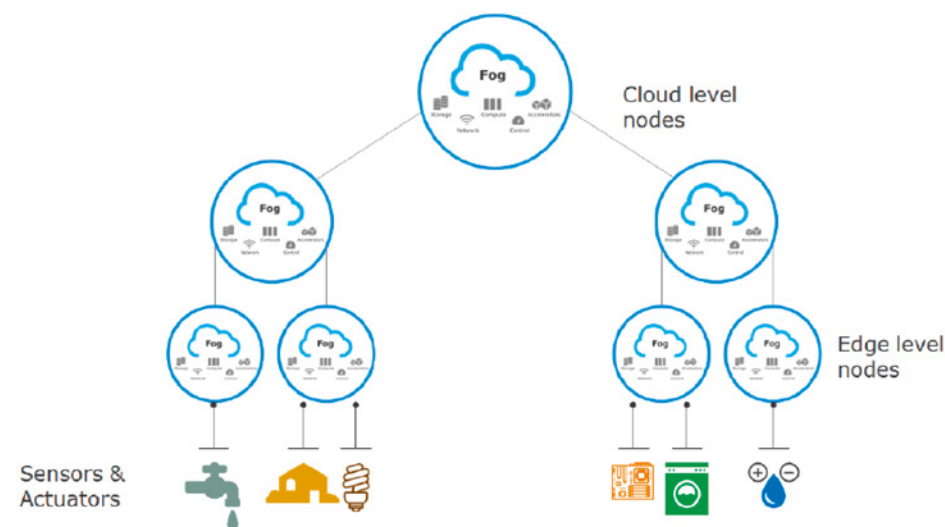


Rysunek 4. Warstwy IoT

Źródło: Al-Fuqaha A.I., Aledhari M., Ayyash M., Guizani M. & Mohammadi M. (2015), *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*, IEEE Communications Surveys and Tutorials, 17, 2347-2376

Figure 4. IoT layers

Warstwa Fog umożliwia również szybsze reakcje na dane otrzymane z sensorów. Rozwiązania Fog można uruchamiać hierarchicznie, tworząc multiwarstwowe rozwiązania, np. tak jak pokazano na rysunku 5.

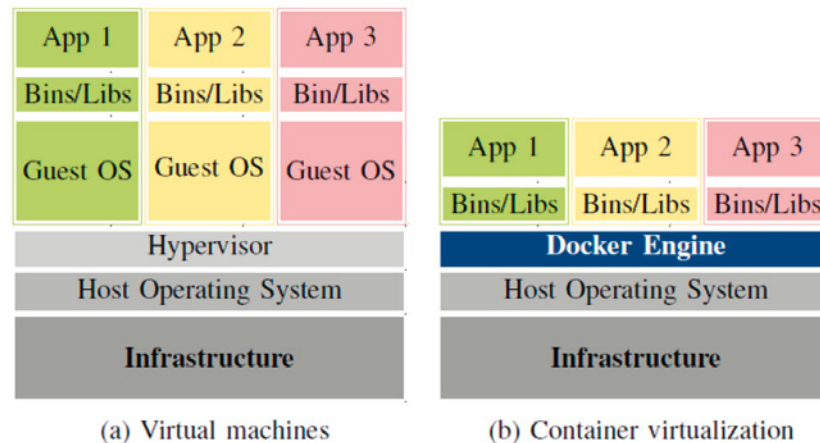


Rysunek 5. Rozwiązanie wielowarstwowe IoT

Źródło: OpenFog Reference Architecture for Fog Computing, online www.OpenFogConsortium.org, 2017.12.27

Figure 5. Multi Layer IoT

Dla warstwy Fog opracowano wiele gotowych rozwiązań typu opensource, które można łatwo zaimplementować dla swoich potrzeb. Jednym z nich jest zastosowanie rozwiązania typu Linux Container. Szeroko stosowanym jest rozwiązanie Docker.

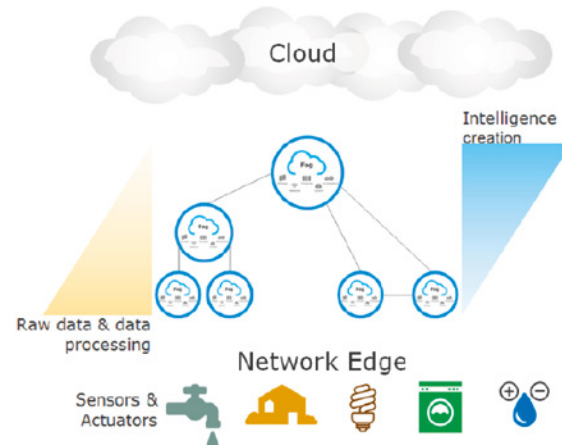


Rysunek 6. Rozwiązanie typu kontener

Źródło: Marcel Großmann, Andreas Eiermann, *Automated Establishment of a Secured Network for Providing a Distributed Container Cluster*, 2016 28th International Teletraffic Congress

Figure 6. Container solutions

Rysunek 7 przedstawia wszystkie warstwy IoT, obrazując miejsca przetwarzania surowych danych oraz umiejscowienia inteligencji rozwiązania.



Rysunek 7. Umiejscowienie inteligencji IoT

Źródło: *OpenFog Reference Architecture for Fog Computing*, online www.OpenFogConsortium.org, 2017.12.27

Figure 7. IoT intelligence place

Ważną warstwą wyróżnianą obecnie w architekturach jest Middleware layer. Zadaniem tej warstwy jest zapewnienie dostępu do rozwiązania IoT dla użytkownika:

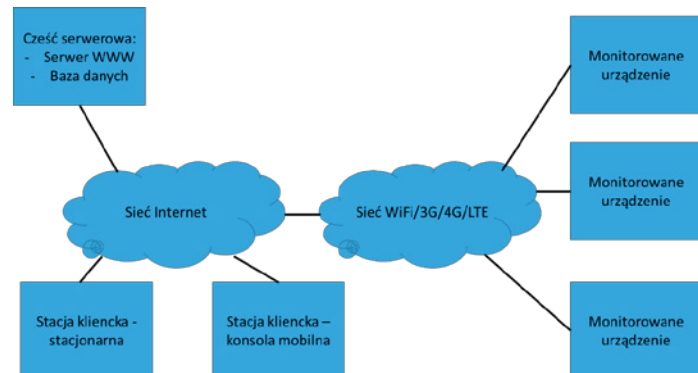
zarówno administratora systemu, jak i użytkownika końcowego. Dlatego warstwę tę oznacza się często warstwą management. W zależności od rozwiązania warstwa ta umożliwia dostęp do usług świadczonych przez rozwiązanie IoT poprzez urządzenia mobilne typu laptop, tablet, smartfone i stacjonarne punkty dostępu. Ważnym aspektem tej warstwy jest konieczność zapewnienia bezpiecznego dostępu jak i odpowiednich algorytmów: najczęściej lekkich, bez niepotrzebnego narzutu danych. W tym celu można zastosować opracowane już protokoły Message Queue Telemetry Transport (MQTT) i Message Queue Telemetry Transport for Sensor Networks (MQTT-SN), które zostały opracowane i zoptymalizowane do komunikacji typu *machine-to-machine*.

3. Bezpieczeństwo rozwiązań

Zbieranie danych z sensorów w obecnych czasach wymaga zapewnienia ich bezpieczeństwa pod kątem nieuprawnionego przejęcia. Rozwiązania IoT dostarczają wiele różnych możliwości monitorowania parametrów fizycznych i podejmowania szybszych i lepszych decyzji. Zbieranie danych wrażliwych np. o stanie zdrowia pacjentów przy monitoringu zdalnym jest zbieraniem danych wrażliwych, co jest regulowane prawnie. W celu zapewnienia ich poufności trzeba je szyfrować. Natomiast szyfrowanie danych wymaga odpowiednio dobranych algorytmów, badania i monitorowania ich podatności. Z kolei algorytmy te wymagają odpowiedniej mocy obliczeniowej od sensorów zbierających dane. Kolejnym z ważnych aspektów jest dostępność danych. Wybierając rozwiązanie IoT dla optymalizacji np. procesu produkcji w firmie, należy zapewnić dostępność do danych, na bazie których podejmowane są decyzje. Brak dostępu do danych lub blokada urządzeń przez atak typu Denial of Service. Tego typu atak może zablokować dostęp do sensora. System bez tego dostępu może np. zablokować linię produkcyjną, co może wygenerować straty finansowe. Dlatego zagadnienia bezpieczeństwa dla rozwiązań IoT są bardzo ważne, szczególnie w momencie, gdy rozwiązanie działa w sieci publicznej. Z racji faktu pracy w sieci, rozwiązania IoT zmagają się z tymi samymi problemami jak każde inne rozwiązanie sieciowe działające w sieci publicznej. Utrzymanie systemu dotyczy zagadnień automatycznej instalacji, aktualizacji, podłączenia nowych elementów do systemu, włączenia ich w system bezpieczeństwa, automatycznemu i autonomicznemu wykrywaniu awarii. Często ze względu na charakter systemu żaden z elementów nie może zostać pominięty. Przykładowo system IoT sterujący światłami drogowymi po ataku może wyłączyć całkowicie zielone światła. Taka sytuacja może doprowadzić do gigantycznych korków, a dalej niepokojów społecznych. Ponadto ważnym aspektem jest prawidłowa adresacja i identyfikacja elementów, tak aby uzyskać pewność, że dany element jest tym, który powinien podawać te informacje, i nikt się nie podszył pod niego.

4. System Monitoring

System Monitoring powstały w ramach projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania” może być rozpatrywany jako system IoT służący do monitorowania sprzętu straży pożarnej. Ogólną ideę systemu przedstawia rysunek 8.



Rysunek 8. System Monitoring

Źródło: opracowanie własne

Figure 8. Monitoring system

W warstwie sensorów podłączono urządzenia: pompy, elektryczne nożyce i autopompę. W ramach monitorowania tychże urządzeń mierzone są ich parametry pracy. Mierzone parametry pracy dla danych typów urządzeń zebrano w tabeli 1.

Kolejną warstwę stanowią urządzenia JAD – odpowiedzialne za zbieranie danych z czujników i przesyłanie ich dalej oraz wskazywanie pozycji GPS urządzeń, dzięki czemu można dokonać ich lokalizacji. Urządzenia te można zakwalifikować do warstwy Fog. System posiada centralne rozwiązanie typu Cloud, w którym przechowywane są dane zebrane z warstwy Fog. Do transmisji danych zaprojektowano architekturę zaprezentowaną na rysunku 9. Do zbierania danych z czujników wykorzystywane są połączenia przewodowe. W warstwie Fog do połączenia wybrano sieć Wi-Fi, która tworzy sieć mesh. Transmisja do warstwy Cloud odbywa się poprzez sieć 3G/4G.

TABELA 1. ZESTAWIENIE PARAMETRÓW URZĄDZEŃ MONITOROWANYCH W SYSTEMIE

TABLE 1. EQUIPMENT PARAMETERS

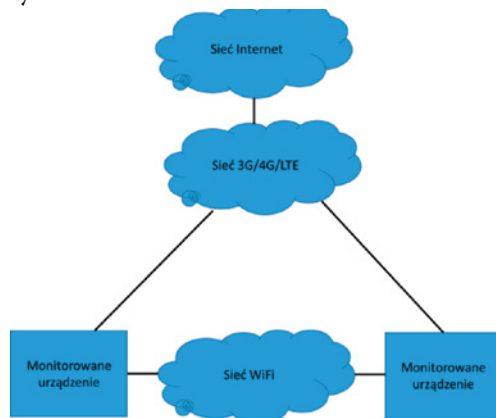
Urządzenie	Przepływ paliwa
Niagara 1	Przepływ paliwa Poziom paliwa Ciśnienie tłoczenia Poziom przepływu wody Temperatura oleju Temperatura spalin

Urządzenie	Przepływ paliwa
	Temperatura wody – ssanie Temperatura wody – tłoczenie Położenie przepustnicy Obroty silnika/wału
Honda SST50	Przepływ paliwa Poziom paliwa Ciśnienie tłoczenia Ciśnienie ssania Poziom przepływu wody Temperatura oleju Temperatura spalin Temperatura wody – ssanie Temperatura wody – tłoczenie Położenie przepustnicy Obroty silnika/wału
Tohatsu VC72AS	Przepływ paliwa Poziom paliwa Ciśnienie tłoczenia Ciśnienie ssania Poziom przepływu wody Temperatura oleju Temperatura spalin Temperatura wody – ssanie Temperatura wody – tłoczenie Położenie przepustnicy Obroty silnika/wału
Autopomp A16/8	Ciśnienie tłoczenia Ciśnienie ssania Poziom przepływu wody Temperatura wody – ssanie Temperatura wody – tłoczenie Obroty silnika/wału Nacisk na wysokim poziomie
Autopomp A24/8	Ciśnienie tłoczenia Ciśnienie ssania Poziom przepływu wody Temperatura wody – ssanie Temperatura wody – tłoczenie Obroty silnika/wału Nacisk na wysokim poziomie
Hydraulic scissors	Temperatura oleju Temperatura silnika

Urządzenie	Przepływ paliwa
	Ciśnienie oleju Napięcie zasilania Zużycie energii

Oczywiście, budując sieć mesh w momencie, gdy wszystkie urządzenia stanowią połączenie *hop-by-hop*, uzyskuje się spadek transmisji, jednakże wystarczający dla działania niniejszej sieci.

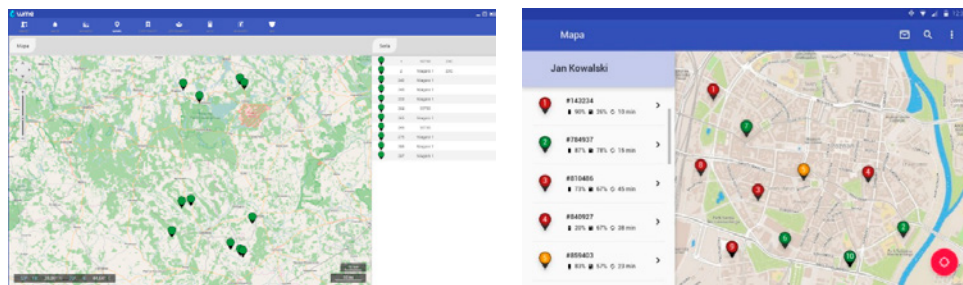
Warstwę Middleware zbudowano, wykorzystując połączenie Wi-Fi typu klient dla tabletów mobilnych, używanych przez strażaków podczas akcji oraz poprzez sieć Internet z dowolnego jej miejsca. W tym celu opracowano dwie wersje aplikacji – kliencką mobilną dla tabletów oraz stacjonarną dla centrum zarządzania pracującego blisko warstwy Cloud (zostały pokazane na rysunku 10). W warstwie Cloud na bazie zebranych danych odbywa się analiza i wnioskowanie, który sprzęt może w najbliższej przyszłości ulec awarii.



Rysunek 9. Architektura komunikacji systemu Monitoring

Źródło: opracowanie własne

Figure 9. Communication system for Monitoring



Rysunek 10. Przykładowe widoki aplikacji klienckiej

Źródło: opracowanie własne

Figure 10. User application screen shots

Problemy bezpieczeństwa, jakie występują w systemie, to problem szyfrowania danych, kontrolowanego dostępu, ataku typu DoS na system. System jest w fazie testów i problemy te są obecnie rozwiązywane.

System rozwiązuje problem monitorowania używanego sprzętu. Przykładowo proces wypompowywania wody z zalanej piwnicy trwa godzinami. Dotychczas strażak pilnował procesu działania pompy. Dzięki zastosowanemu systemowi pompę można zostawić pod opieką systemu, który wygeneruje alarm w przypadku wykrycia problemów w działaniu.

Na architekturę systemu wpływ miał czynnik zasilania – we wszystkich urządzeniach występuje zewnętrzne zasilanie (np. prądnica), jednakże poziom napięcia jest niestabilny. W tym celu opracowano odpowiedni układ zasilania akumulatorowego doładowywany ze źródła zasilania, co wyeliminowało problemy.

Drugim elementem mającym kluczowy wpływ na architekturę systemu był system łączności pomiędzy warstwą Fog a Cloud. Ze względu na fakt, że istniejący system łączności był analogowy, trzeba było zbudować łączność cyfrową. Nie bez znaczenia były tutaj koszty systemu – system projektowano tak, aby był jak najtańszy w użytkowaniu. Obliczono liczbę danych wysyłanych przez system. Urządzenia posiadają maksymalnie 15 miar z próbkowaniem sekundowym, generują 7MB danych na godzinę pracy. Na tej podstawie zdecydowano o wykorzystaniu sieci 3G/4G/LTE z kartą prepaid pozwalającą na transfer 300 MB danych miesięcznie w standardzie 4G/LTE, a następnie pozwalającą na transfer z prędkością 32 kbps. Prędkość ta pozwala na transfer 14 MB danych w ciągu godziny pracy, co na bazie analizy liczby generowanych danych jest prędkością wystarczającą.

Podsumowaniem analizy rozwiązania IoT dla Straży Pożarnej jest tabela 2, która zawiera zestawienie elementów, protokołów i standardów zaimplementowanych w systemie.

TABELA 2. ELEMENTY SYSTEMU MONITORING JAKO ROZWIĄZANIA IoT

TABLE 2. IoT ELEMENTS OF MONITORING SYSTEM

IoT Elements		System Monitoring
Identification Addressing	Naming	DNS
	IPv4	
Sensing		Smart sensors, GPS
Communication		Wi-Fi, 3G/4G/LTE
Computation	Hardware	Proprietary project with ARM processor
	Software	Linux

IoT Elements	System Monitoring
Service	Data analysis, failure prediction, equipment position monitoring
Semantic	–

5. Wnioski

Rozwiązania IoT są rozwiązaniami nie tylko przyszłości, ale też teraźniejszości. Obecnie opracowuje się dla nich wiele nowych technologii, możliwości, optymalizuje się techniki wirtualizacji. Wykorzystując gotowe technologie i rozwiązania open source można szybko osiągnąć nowe możliwości, zrealizować nowe usługi dla użytkowników. Właśnie te usługi są kluczowe w rozwiązaniach IoT. Rozwiązania te mają właśnie dostarczać nowych usług, które ułatwią życie, przyspieszą procesy, zwiększą wydajność produkcji, jednocześnie zmniejszając jej koszty. Stosując architektury IoT można w szybki sposób tworzyć nowe rozwiązania systemowe, dostarczając nowe usługi dla odbiorców, tak jak ma to miejsce w przypadku systemu monitorowania wyposażenia Straży Pożarnej.

Ten artykuł powstał przy finansowaniu z Narodowego Centrum Nauki grantu Miniatura 1 numer 2017/01/X/ST6/00613.

WYKAZ SKRÓTÓW

3G – 3rd Generation
 3GPP – 3rd Generation Partnership Project
 4G – 4th Generation
 5G – 5th Generation
 kb/s lub kbps lub kbit/s – kilobit per second
 LTE – Long Term Evolution
 MB – Megabyte
 MB/s – Megabyte per second
 Mbit/s – Megabit per second
 mesh – Mesh Topology Network
 Wi-Fi – Wireless Fidelity
 WPA – Wi-Fi Protected Access
 WPA2 – Wi-Fi Protected Access II

Bibliografia

- [1] Al-Fuqaha A.I., Aledhari M., Ayyash M., Guizani M. & Mohammadi M. *Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications*, „IEEE Communications Surveys and Tutorials”, 17/2015, 2347–2376. Wniosek nr 13087 „Monitoring”.
- [2] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 25172505 projektu „Monitoring” – Opracowanie planu testów demonstratora. Przeprowadzenie testów i wyciągnięcie wniosków z praktycznego zastosowania systemu łączności: możliwości transmisji danych, dostęp zdalny do urządzeń, niezawodność połączeń, prędkość transmisji.
- [3] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 25172504 projektu „Monitoring” – Wykonanie demonstratora – podsystem transmisyjny.
- [4] Apiecionek Ł., Motylewski R., Stosik P., *Bezpieczeństwo transmisji danych w systemach monitorowania wyposażenia Straży Pożarnej. Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia Straży Pożarnej*, CNBOP-PIB, DOI 10.17381/2015.2, Józefów 2015, 41–48.
- [5] Makowski W., Motylewski R., Stosik P., Jeliński M., Apiecionek Ł., *Jakość i wydajność transmisji danych w sieci Wi-Fi MESH WDS systemu monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej. Wspomaganie procesów zarządzania działaniami w straży pożarnej*, J. Roguski (red.), 39–47, Józefów 2016.
- [6] OpenFog Reference Architecture for Fog Computing, online www.OpenFogConsortium.org (dostęp: 2017.12.27).
- [7] Großmann M., Eiermann A., *Automated Establishment of a Secured Network for Providing a Distributed Container Cluster*, 2016 28th International Teletraffic Congress.
- [8] Stanford-Clark A.S., and Truong H.L., *MQTT for sensor networks (MQTT-S) protocol specification*, 2008, http://mqtt.org/MQTT-S_spec_v1.1.1.pdf (dostęp: 2018.02.07).

Możliwości zastosowania sieci 4G do monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej

Possibilities of using 4G network for monitoring brigade devices

Łukasz Apiecionek

Robert Palka

Piotr Brząkiewicz

Mateusz Biedziak

Streszczenie

Cel: Celem niniejszego artykułu jest głównie znalezienie odpowiedzi na pytanie, czy możliwe jest zastosowanie sieci 4G do monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej, jakie to daje możliwości zasięgu oraz prędkości transmisji.

Wprowadzenie: Systemy monitoringu wymagają łączności. W przypadku gdy obszar monitorowania jest bardzo rozległy, można wykorzystać sieci kratowe – mesh, budując w ten sposób własną sieć. Istnieje jednak inne rozwiązanie. Mianowicie można spróbować wykorzystać istniejącą architekturę sieci komórkowej 3G/4G/LTE, a w przyszłości nawet 5G. Na wykorzystanie tego typu łączności pozwala obecny stopień pokrycia sieci na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej. Taką łączność zastosowano w rozwiązaniu projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania”. Wykorzystana sieć 3G/4G/LTE pozwala na połączenie węzłów sieci do serwera, umożliwiając użytkownikom mobilnym dostęp do zasobów niezależnie od miejsca ich pracy, ponieważ budowany w ramach projektu system obejmował tylko sześć węzłów, konieczna była analiza wykorzystania sieci w przyszłości na szeroką skalę, uwzględniając poza zasięgami i prędkościami transmisji również koszty utrzymania systemu.

Metodologia: W artykule wykorzystano metodę obserwacyjną, aby rozważyć zagadnienia wydajności transmisji danych w sieciach 3G/4G/LTE, wykorzystując wiele urządzeń w sieci.

Wnioski: Wykonana analiza wykazała, że zastosowanie sieci 3G/4G/LTE do monitorowania eksploatacji urządzeń straży pożarnej spełnia oczekiwania odnośnie do prędkości działania i możliwych zasięgów pracy. Zastosowanie w przyszłości sieci 5G powinno jeszcze przyspieszyć działanie systemu.

Abstract

Objective: The main aim of this article is to answer the question whether it is possible to use a 4G network to monitor the devices used by the Fire Brigades and what are the transmission range and speed limits.

Introduction: Every monitoring system requires communication. If the monitored area is too big for one device, it is possible to use mesh networks to build a new network. There is also a different solution for this problem. It is possible to use the 3G/4G/LTE, or even 5G in the future, network architecture. The current state of network coverage in the Republic of Poland allows to use this type of connectivity, which has been used in the solution of the Development of the methodology

of continuous supervision of operation of selected areas of fire-fighting equipment in terms of reliability and effectiveness of operation project. The used 3G/4G/LTE network allows to connect the nodes to the server, allowing the mobile users to access the resources regardless of the place of their operation. Because the system built within the project included only six nodes, an analysis of the use of the network on a larger scale was needed, including not only the range and speed aspects but also the costs of the system maintenance.

Methodology: In this paper an observational method was used to consider the issues of transmission quality and performance in the 3G/4G/LTE networks using many the devices connected through this network.

Conclusions: The analysis demonstrated that using the 3G/4G/LTE network to monitor the state of Fire Brigades' devices meets the fundamental needs of the transmission speed and the possible operating ranges. Using the 5G networks in the future will only increase the speed of system operation.

1. Wprowadzenie

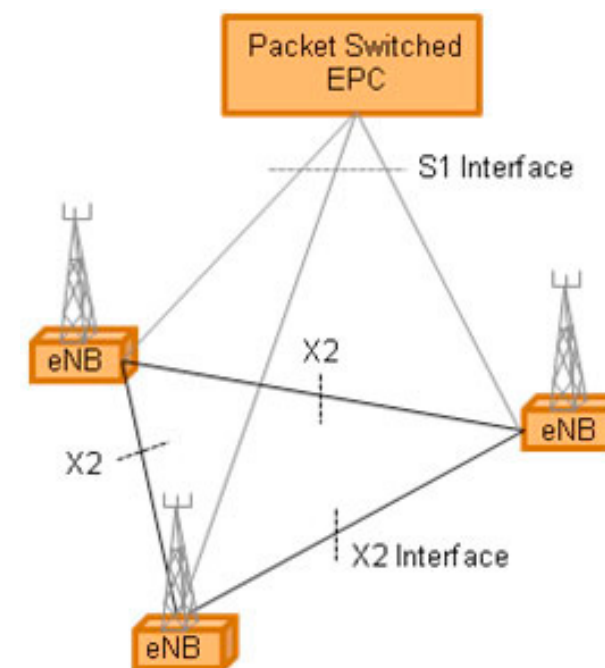
W celu umożliwienia dozoru nad urządzeniami eksploatacyjnymi straży pożarnej systemu monitoringu wymagają zastosowania sieci rozległych. Takie sieci pozwalają na połączenie mobilnych urządzeń ze stanowiskami stacjonarnymi wykorzystywanymi do monitorowania pracy sprzętu. Obecnie na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej można uzyskać łączność na poziomie sieci 3G, 4G, LTE. Technologia opracowywaną dla przyszłości jest technologia sieci 5G.

2. Sieci 3G/4G/LTE/5G

Sieć 3G to telefonia komórkowa trzeciej generacji. W stosunku do sieci ją poprzedzającej poszerzono jej pojemność, co umożliwiło wprowadzenie dodatkowych usług opartych na transmisji wideo oraz transmisji pakietowej poprzez komutację pakietów. Do najpopularniejszej w Europie technologii 3G należy standard Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). Początkowo UMTS zapewniał prędkość pobierania danych do 384 kb/s w przypadku wersji R99. Standard ciągle rozwijano, co zaowocowało wdrożeniem rodziny High Speed Packet Access (HSPA). Następnie opracowano rodzinę transmisji określoną jako HSPA+, znaną również jako Evolved High-Speed Packet Access. Umożliwia ona pobieranie danych z szybkością do 84 Mb/s i wysyłanie do 22 Mb/s. Sieci, które wykorzystują HSPA lub HSPA+, określa się jako 3G+ lub 3.5G, a czasem nawet jako 4G. Na rynku polskim wykorzystywane są również dwie inne technologie transmisji, zwane High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) i High Speed Uplink Packet Access (HSUPA). Najnowsza technologia transmisji danych to Long Term Evolution (LTE). Maksymalne docelowe prędkości to w tym przypadku 326,4 Mb/s – pobieranie i aż 86,4 Mb/s – wysyłanie. Sieci wykorzystujące tę technologię bywają nazywane sieciami 3.9G lub 4G.

Prace nad technologią LTE rozpoczęły się już w 2004 roku przez 3GPP. W pracach mogły uczestniczyć wszystkie zainteresowane podmioty i organizacje, niezależnie czy były członkami grupy 3GPP. Każdy uczestnik mógł zgłaszać swoje propozycje dotyczące zmian dla sieci Universal Terrestrial Radio Access Network (UTRAN). Podczas pierwszych prac zdefiniowano podstawowe wymagania dla projektowanej sieci, a mianowicie postawiono za cel:

- redukcję kosztów transmisji;
- zwiększenie możliwości świadczenia usług – więcej usług za niższy koszt;
- płynniejsze możliwości użycia istniejących i nowych częstotliwości;
- prostszą architekturę;
- otwartość interfejsów;
- utrzymanie sensownego poziomu konsumpcji mocy przez terminale.



Rysunek 1. Interfejsy X2 i S1 w sieci LTE

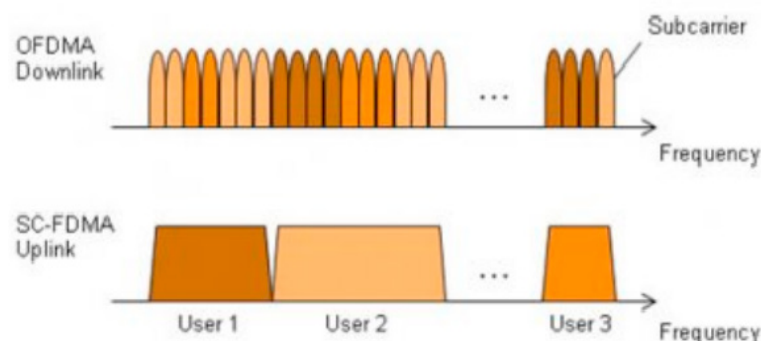
Źródło: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>, dostęp online 2014.11.21

Figure 1. Interfaces X2 and S1 in LTE network

Sieć LTE ma prostą architekturę ze stacją bazową eNB, tworzącą płaską architekturę. W sieci nie jest wykorzystywany żaden inteligentny centralny kontroler, a stacje bazowe eNB łączone są poprzez interfejsy X2, a ponad sieć główną poprzez interfejsy S1. Powodem, dla którego zdecydowano o przesunięciu inteligencji sieci do stacji bazowych, było przyspieszenie połączeń.

W celu uzyskania wysokiej efektywności wykorzystania częstotliwości, zarówno jeśli chodzi o domenę czasu jak i częstotliwości, została wybrana technologia

wielu nośnych przy jednoczesnym zachowaniu wielodostępu. Dla transmisji do użytkownika, tzw. downlink, została wybrana technologia OFDMA (ang. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*), natomiast od użytkownika, tzw. uplink, SC-FDMA (ang. *Single Carrier – Frequency Division Multiple Access*) znana również jako DFT (ang. *Discrete Fourier Transform*) poszerzona o OFDMA.



Rysunek 2. OFDMA i SC-FDMA

Źródło: <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>, dostęp online 2014.11.21

Figure 2. OFDMA and SC-FDMA

Opracowany standard transmisji danych umożliwia osiągnięcie bardzo dużych przepływności. Porównanie uzyskiwanych przepływności uzyskiwanych przez różne technologie transmisji danych w sieciach komórkowych zebrano w tabeli 1.

TABELA 1. ZESTAWIENIE PRĘDKOŚCI TRANSMISJI TECHNOLOGII PRZESYŁU DANYCH
TABLE 1. SPECIFICATION OF TRANSMISSION SPEED DATA TRANSFER TECHNOLOGY

Standard transmisji	Prędkość transmisji
GPRS	115 kbit/s
EDGE	250 kbit/s
UMTS	384 kbit/s
CDMA	9,3 Mbit/s
HSDPA	21,6 Mbit/s
HSPA+	42 Mbit/s
LTE	150 Mbit/s

Jak widać, największe przepływności uzyskuje obecnie technologia LTE. Dlatego wybór tej technologii dla zastosowania w projekcie wydawał się oczywisty.

Kolejną opracowywaną technologią jest sieć 5G. Głównym problemem wdrożenia tej sieci jest aspekt biznesowy. Mianowicie dostawcy telefonii dużo zainwestowali w sieci GSM/3G/LTE i w pierwszej kolejności ich działania skupiają się

na odzyskaniu tych środków. Dopiero później może nastąpić wyczekiwany skok technologii, który wymaga również dużych inwestycji w infrastrukturę teleinformatyczną.

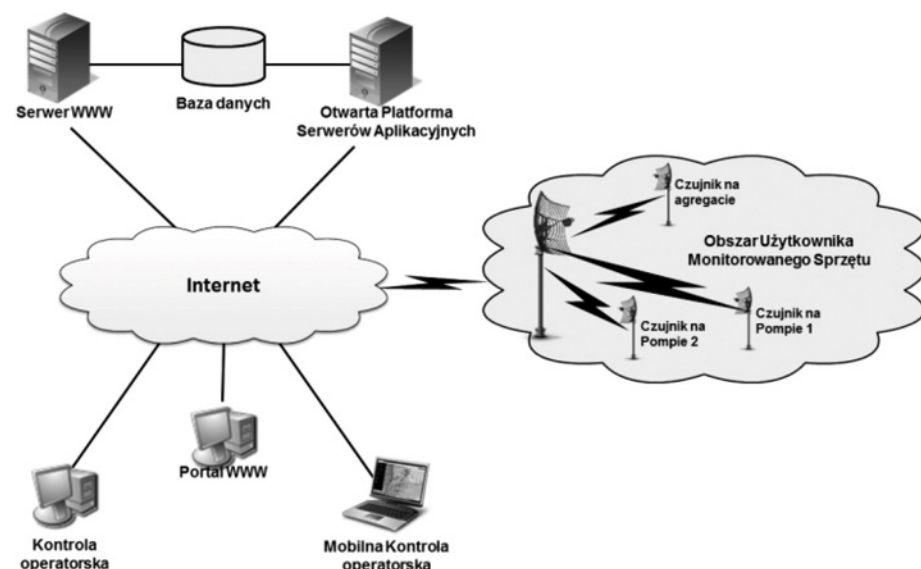
W aspektach technicznych sieć 5G definiują następujące parametry:

- opóźnienie pomiędzy elementami sieci wynoszące zaledwie 1 milisekundę;
- 1000 razy większe pasmo na jednostkę obszaru obsługiwanej sieci;
- do 100 razy większa liczba podłączonych urządzeń;
- dostępność sieci zachowana na poziomie 99,999%;
- 100-proc. pokrycie terenu sieci;
- redukcja zużycia energii o 90%;
- możliwość pracy małych elementów sieci na baterii do 10 lat.

Dopiero sieć spełniająca wymienione parametry może zostać nazwana siecią 5G. Dodatkowym parametrem technicznym jest nowy interfejs radiowy. Interfejs ten umożliwia pracę z więcej niż jednym nadajnikiem oraz odbiornikiem i nazywany jest MIMO (z ang. *multiple-input, multiple-output*). Ważną cechą sieci 5G jest fakt możliwości koegzystencji sieci z siecią starej generacji oraz możliwość użycia sieci Ethernet jako swego rodzaju łącza zapasowego. Jest to niezmiernie ważny aspekt we wszelkiego rodzaju sieciach wrażliwych, np. infrastruktury krytycznej, gdzie dostępność sieci jest niezmiernie istotna. Wśród prac naukowych dotyczących sieci 5G można znaleźć propozycje jej dalszego rozwoju poprzez użycie mechanizmów zwielokrotniania ścieżki transmisji takich jak np. Multi-Path Transmission Control Protocol. Technologia ta pozwala na użycie wszystkich dostępnych środków transmisji do uzyskania stałego i szybkiego połączenia pomiędzy punktami sieci. Propozycja użycia tej technologii wydaje się oczywista ze względu na fakt posiadania interfejsu MIMO, który właśnie umożliwi takie zwielokrotnienie. Użycie technologii zwielokrotnienia ścieżek może również pozwolić na jeszcze większe oszczędności energii poprzez eliminację niepotrzebnych retransmisji w sieci. W tym celu można zastosować różnego rodzaju techniki wykrywania i prognozowania wystąpienia błędów w transmisji na niestabilnym połączeniu. Przykładem takiej techniki jest zastosowanie logiki rozmytej, a dokładnie Skierowanych Liczb Rozmytych.

3. System wykorzystujący sieci 3G/4G/LTE

Powstały w ramach projektu „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia straży pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania” system jest rozwiązaniem służącym do monitorowania sprzętu straży pożarnej. Ogólną ideę systemu przedstawia rysunek 3.



Rysunek 3. Idea systemu monitorowania sprzętu straży pożarnej

Źródło: opracowanie własne

Figure 3. An idea of fire brigade monitoring system

W warstwie urządzeń podłączono następujące wyposażenie: pompy, elektryczne nożyce i autopompę. W ramach monitorowania tychże urządzeń mierzone są ich parametry pracy (są one zebrane wraz z wykazem sprzętu w tabeli 2).

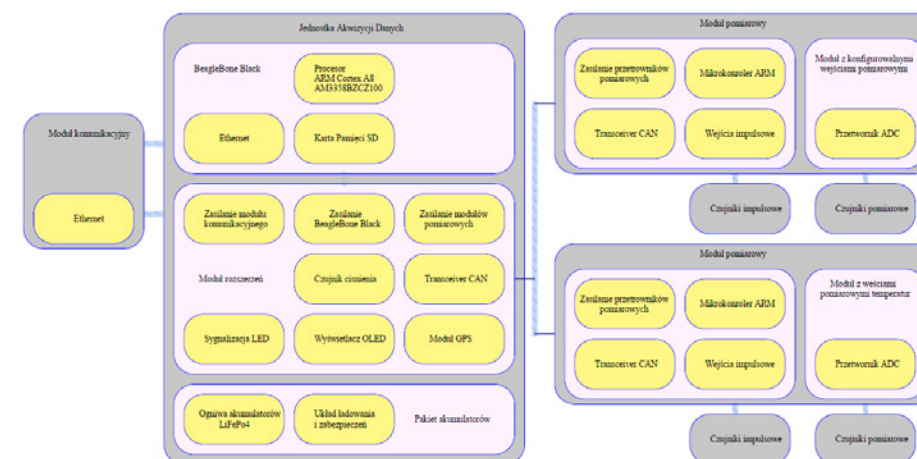
TABELA 2. PARAMETRY URZĄDZEŃ MONITOROWANE W SYSTEMIE

TABLE 2. DEVICES PARAMETERS MONITORING IN THE SYSTEM

Urządzenie	Przepływ paliwa	Poziom paliwa	Ciśnienie tłoczenia	Ciśnienie ssania	Poziom przepływu wody	Temperatura oleju	Temperatura spalin	Temperatura wody - ssanie	Temperatura wody - tłoczenie	Położenie przepustnicy	Obroty silnika/wału	Nacisk na wysokim poziomie	Temperatura silnika	Ciśnienie oleju	Napięcie zasilania	Zużycie energii
Niagara 1	■	■	■		■	■	■	■	■	■	■					
Honda SST50	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Tohatsu VC72AS	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■					
Autopomp A16/8			■	■	■			■	■		■	■				

Autopomp A24/8			■	■	■			■	■		■	■				
Hydraulic scissors						■							■	■	■	■

Kolejny element systemu stanowią urządzenia JAD, odpowiedzialne za zbieranie danych z czujników i przesyłanie ich dalej oraz wskazywanie pozycji GPS urządzeń, dzięki czemu można dokonać ich lokalizacji.



Rysunek 4. Architektura urządzeń JAD

Źródło: opracowanie własne

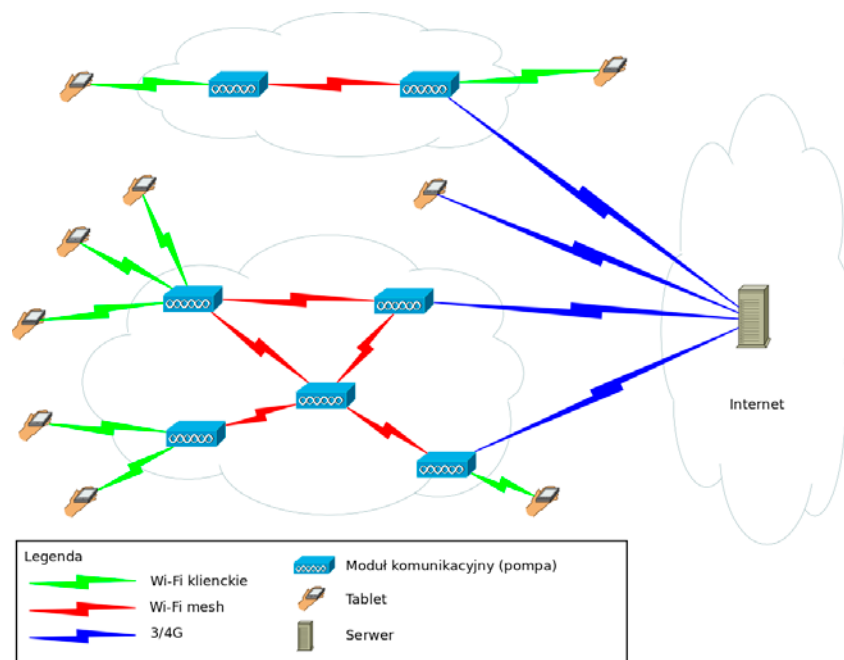
Figure 4. An architecture of JAD component

System posiada centralne rozwiązanie, w którym przechowywane są dane zebrane z urządzeń. Do zbierania danych z czujników wykorzystywane są połączenia przewodowe, następnie informacje przesyłane są poprzez sieć mesh Wi-Fi, a dalej poprzez sieć 3G/4G/LTE. Do transmisji tych danych zaprojektowano architekturę zaprezentowaną na rysunku 5. Transmisja ta jest możliwa poprzez Moduł Komunikacji. Składa się on z dwóch głównych elementów, zabudowanych w ragedyzowanej obudowie; są to: modem 3G/LTE i router. Elementy te zostały zabudowane w obudowie odpornej na zachłapania. Zastosowana została także technologia pozwalająca na pracę urządzenia podczas wstrząsów, np. generowanych przez motopompy. Moduł Komunikacji posiada wyprowadzone cztery anteny: dwie Wi-Fi oraz dwie sieci komórkowej, które umożliwiają uzyskanie lepszych osiągnięć tej sieci oraz poprawiają zasięg modemu. Modem jest urządzeniem sieciowym modelującym sygnał w celu zakodowania informacji cyfrowych, tak aby mogły być przesyłane w wybranym medium transmisyjnym. Demoduluje on także zakodowany sygnał, w celu dekodowania odbieranych danych. Modem Modułu Komunikacji umożliwia bezprzewodowy dostęp do sieci Internet. Zadaniem tego urządzenia jest nawiązanie połączenia GSM, może on pracować w trybie sieci 3G lub LTE, w zależności

od zasięgu dostępnej sieci. Preferowaną siecią jest LTE, zapewniająca lepszą jakość oraz wyższą prędkość transmisji danych od sieci 3G. W przypadku słabego zasięgu lub jego braku, uniemożliwiającego prawidłowe funkcjonowanie podsystemu transmisyjnego, modem będzie pracował w dostępnej sieci 3G.

Router to urządzenie komunikacyjne, służące do sprzęgania sieci cyfrowych. Jego zadaniem jest połączenie sieci w jednolitą całość. Umożliwia on współdzielenie łącza sieciowego przez kilku użytkowników. Urządzenie to jest zgodne ze standardem IEEE 802.11n, co oznacza, że pozwala tworzyć bezprzewodowe sieci o prędkości transmisji 300Mb/s, ograniczając straty sygnału powstałe na skutek dużych odległości lub przeszkód (stalowych lub betonowych ścian budynków). Ponadto, w porównaniu do produktów starszego standardu 11g, routery 11n umożliwiają transmisję sygnału bezprzewodowego na znacznie dalsze odległości. Standard ten pozwala na efektywne wykorzystanie nie tylko sieci 3G, ale także 4G/LTE. Za bezpieczeństwo transmisji bezprzewodowej w sieci LAN rozgłaszanej przez router odpowiada szyfrowanie WPA i WPA2. Router Modułu Komunikacji wspiera technologię WDS.

Oczywiście, budując sieć mesh w momencie, gdy wszystkie urządzenia stanowią połączenie *hop-by-hop* uzyskuje się spadek transmisji, jednakże wystarczający dla działania niniejszej sieci. Spadek prędkości transmisji w zależności od liczby połączeń *hop-by-hop* zaprezentowano w tabeli 3.



Rysunek 5. Architektura komunikacji

Źródło: opracowanie własne

Figure 5. Communication architecture

TABELA 3. PRZEPUSTOWOŚĆ SIECI W ZALEŻNOŚCI OD LICZBY PRZESKOKÓW

TABLE 3. THROUGHPUT BY HOP COUNT

Licznik skoków	Wydajność [Mbit/s]
1	272,81
2	141,54
3	69,35
4	35,48
5	18,45
6	8,62

System rozwiązuje problem monitorowania używanego sprzętu. Przykładowo proces wypompowywania wody z zalanej piwnicy trwa godzinami. Dotychczas strażak pilnował procesu działania pompy. Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu pompę można zostawić pod opieką systemu, który wygeneruje alarm w przypadku wykrycia problemów w działaniu.

Na architekturę systemu wpływ miał czynnik zasilania – we wszystkich urządzeniach występuje zewnętrzne zasilanie (np. prądnica), jednakże poziom napięcia jest niestabilny. W tym celu opracowano odpowiedni układ zasilania akumulatorowego doładowywany ze źródła zasilania, co wyeliminowało problemy.

Drugim elementem mającym kluczowy wpływ na architekturę systemu był system łączności pomiędzy elementami zbierającymi dane a elementem obrazującym wynik pracy dla operatora. Ze względu na fakt, że istniejący system łączności był analogowy, trzeba było zbudować łączność cyfrową. Nie bez znaczenia były tutaj koszty systemu, który projektowano tak, aby był jak najtańszy w użytkowaniu, w tym celu obliczono liczbę danych wysyłanych przez system. Urządzenie, które posiada 15 miar z próbkowaniem sekundowym generuje 7MB danych na jedną godzinę pracy, na tej podstawie zdecydowano o wykorzystaniu sieci 3G/4G z kartą prepaid pozwalającą na transfer 300 MB danych miesięcznie w standardzie LTE 4G, a następnie pozwalającą na transfer z prędkością 32 kbps. Prędkość ta pozwala na transfer 14 MB danych w ciągu godziny pracy, co jest wystarczającą prędkością. Koszt utrzymania takiej karty w latach 2017–2018 w Polsce, gdzie zbudowano system, wynosił 5 złotych rocznie.

4. Podsumowanie i wnioski

Wykonanie projektu wymagało zaprojektowania odpowiednich urządzeń teletransmisyjnych, w tym celu firma TELDAT opracowała Moduł Komunikacji, który stanowił podstawowe urządzenie sieciowe, zapewniające łączność pomiędzy wszystkimi elementami systemu. Pozwala on na łączność z lokalną siecią Wi-Fi WDS, a także z siecią Internet poprzez zastosowany interfejs 3G/4G/LTE. Testy rozwiązania przeprowadzono w różnych lokalizacjach: Józefów, Bydgoszcz, Poznań, Warszawa, poligon SGSP pod Warszawą.

Podczas testów zauważono spadek prędkości transmisji w zależności od lokalizacji, jednakże nawet łączność 3G jest wystarczająca dla uzyskania wymaganej przepływności. Przyszłościowa sieć 5G będzie łatwa w implementacji w systemie dzięki jego modułowej architekturze i pozwoli na zwiększenie szybkości i niezawodności działania.

WYKAZ SKRÓTÓW

3G – 3rd Generation
 3GPP – 3rd Generation Partnership Project
 4G – 4th Generation
 5G – 5th Generation
 DFT – Discrete Fourier Transform
 eNB – Evolved Node B
 GPS – Global Positioning System
 GSM – Global System for Mobile Communications
 HSDPA – High Speed Downlink Packet Access
 HSPA – High Speed Packet Access
 HSPA – Evolved High-Speed Packet Access
 HSUPA – High Speed Uplink Packet Access
 HWMP+ – Hybrid Wireless Mesh Protocol+
 IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
 kb/s lub kbps lub kbit/s – kilobit per second
 LAN – Local Area Network
 LTE – Long Term Evolution
 MB – Megabyte
 MB/s – Megabyte per second
 Mbit/s – Megabit per second
 mesh – Mesh Topology Network
 MIMO – Multiple Input, Multiple Output
 OFDMA – Orthogonal Frequency Division Multiple Access
 SC-FDMA – Single Carrier - Frequency Division Multiple Access
 SGSP – Szkoła Główna Służby Pożarniczej
 UMTS – Universal Mobile Telecommunications System
 UTRAN – Universal Terrestrial Radio Access Network
 WDS – Wireless Distribution System

Wi-Fi – Wireless Fidelity

WPA – Wi-Fi Protected Access

WPA2 – Wi-Fi Protected Access II

Bibliografia

- [1] <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte> (dostęp: 2014.11.21).
- [2] Wniosek nr 13087 „Monitoring”.
- [3] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 25172505 projektu „Monitoring” – Opracowanie planu testów demonstratora. Przeprowadzenie testów i wyciągnięcie wniosków z praktycznego zastosowania systemu łączności: możliwości transmisji danych, dostęp zdalny do urządzeń, niezawodność połączeń, prędkość transmisji.
- [4] Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego 25172504 projektu „Monitoring” – Wykonanie demonstratora – podsystem transmisyjny.
- [5] Gębczyński T., Apiecionek Ł., *Technologia LTE dla łączności z pojazdem komunikacji miejskiej*, Studia i Materiały Informatyki Stosowanej, tom 6, 15/2014, s. 24–28.
- [6] Apiecionek Ł., Motylewski R., Stosik P., *Bezpieczeństwo transmisji danych w systemach monitorowania wyposażenia Straży Pożarnej. Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia Straży Pożarnej*, CNBOP-PIB, DOI 10.17381/2015.2, Józefów 2015, 41–48.
- [7] Makowski W., Motylewski R., Stosik P., Jeliński M., Apiecionek Ł., *Jakość i wydajność transmisji danych w sieci Wi-Fi MESH WDS systemu monitorowania urządzeń eksploatowanych w straży pożarnej. Wspomaganie procesów zarządzania działaniami w straży pożarnej*, J. Roguski (red.), Józefów, 2016, 39–47.

Publikacja zawiera wyniki badań będące efektem realizacji projektów z zakresu bezpieczeństwa i obronności finansowanych przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, których rezultatem jest szereg rozwiązań o interesujących i znaczących propozycjach podnoszenia jakości i efektywności realizacji zadań przez straż pożarną. Wielowątkowość oraz uczestnictwo wielu autorów jest znaczącym walorem publikacji, która pozwala zaprezentować różnorodne spojrzenie na zagadnienia z obszaru badań prowadzonych nad poprawą jakości i sposobów wsparcia działań straży pożarnej przez autorów wywodzących się z różnych środowisk naukowych i instytucji. Tak przekrojowa grupa autorów i zakres rozważanych w publikacji zagadnień, podnosi celowość wydania niniejszego opracowania.

Publikacja w większości obejmuje nowatorskie rozwiązania poprawiające i wspierające techniczno-technologiczne aspekty realizacji zadań statutowych straży pożarnej. Krytyczne podejście do niektórych problemów pozwoliło na twórczą interpretację faktów, jak również sugestie rozwiązań w postaci innowacyjnych a także perspektywicznych kierunków zmian oraz propozycji w analizowanych obszarach.

ISBN 978-83-948534-1-9
DOI 10.17381/2018.3

Wydawnictwo CNBOP-PIB
www.cnbop.pl

