



Adrian Kapczyński

Politechnika Śląska
Wydział Matematyki Stosowanej
Instytut Matematyki
Zakład Informatyki
adrian.kapczynski@polsl.pl

Bogumił Kulpa

Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej
Wydział Nauk Stosowanych
bogumil.kulpa@gmail.com

Zdzisław Sroczyński

Politechnika Śląska
Wydział Matematyki Stosowanej
Instytut Matematyki
Zakład Informatyki
zdzislaw.sroczyński@polsl.pl

ANALIZA FUNKCJONALNOŚCI ORAZ UŻYTECZNOŚCI PLATFORMY WSPOMAGAJĄCEJ TWORZENIE ROZWIĄZAŃ KLASY INTERNET OF THINGS

Streszczenie: Niniejszy artykuł dotyczy zagadnień związanych z Internetem Rzeczy (IoT) i ma charakter poznawczy. Celem artykułu jest charakterystyka podstawowych elementów wybranej platformy wspomagającej implementację profesjonalnych rozwiązań klasy Internetu Rzeczy wraz z jej analizą funkcjonalności i użyteczności. Postawiony cel osiągnięto z wykorzystaniem: metody analizy i krytyki literatury przedmiotu, metody obserwacyjnej oraz metody indywidualnych przypadków. Głównym rezultatem przeprowadzonych prac jest szczegółowa prezentacja wybranej platformy tworzenia rozwiązań klasy IoT wraz z wyszczególnieniem wyników jej analizy pod kątem funkcjonalności i użyteczności.

Słowa kluczowe: Internet Rzeczy, funkcjonalność, użyteczność.

JEL Classification: L63, L86.

Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój rozwiązań technologii komunikacyjnych przyczynił się do wykreowania zupełnie nowych możliwości realizacji rozwiązań łączących dane, ludzi, procesy i urządzenia. Sieci szerokopasmowe oraz zaawansowane

usługi sieciowe pozwalają na powołanie do życia inteligentnych rozwiązań wykorzystywanych w życiu codziennym [www 1]. Teoretyczne koncepcje wymagają jednak praktycznej weryfikacji, do której skłonili się autorzy niniejszego artykułu.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie w sposób szczegółowy wybranej platformy wspomagającej tworzenie rozwiązań klasy IoT, wraz z udokumentowaniem przeprowadzonej analizy funkcjonalności i użyteczności. Prezentacja zagadnień natury praktycznej została poprzedzona charakterystyką podstawowych zagadnień związanych z Internetem Rzeczy.

1. Internet Rzeczy IoT

Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things* – IoT) [Atzori, Iera, Morabito, 2010, s. 2787-2805; Botta i in., 2016, s. 684-700] jest definiowany jako zestaw wszechobecnych urządzeń podłączonych do sieci Internet. W szczególnych okolicznościach połączenie może być zestawione wyłącznie lokalnie, przez sieć typu Intranet lub inne dedykowane połączenie sieciowe. Należy podkreślić, że w infrastrukturze klasy IoT istnieje wiele możliwych poziomów podłączonych urządzeń [Gubbi i in., 2013, s. 1645-1660]. Ilustruje to przykład czujników i przekaźników BLE (ang. *Bluetooth Low Energy*), które nie mają bezpośredniego połączenia z Internetem, ale są zaliczane do kategorii rozwiązań IoT, ponieważ bez nich niemożliwe byłoby opracowanie wielu aplikacji mobilnych [Sroczyński, 2017a]. Dlatego też można zdefiniować systemy IoT w szerszy sposób: jako złożoną infrastrukturę, która składa się z dużej liczby wzajemnie zależnych od siebie urządzeń sieciowych [Clausing, Schiefer, 2016].

Istnieje wiele kategorii urządzeń IoT różniących się wielkością, przeznaczeniem, jak i sposobem działania. Niektóre z nich są dedykowane bezpośredniej interakcji z człowiekiem, podczas gdy inne realizują jedynie komunikację w układzie maszyna–maszyna.

Do najważniejszych kategorii rozwiązań z zakresu IoT możemy zaliczyć:

- elektroniczne urządzenia ubieralne (ang. *Wearables*), w tym: inteligentne okulary (ang. *Smartglasses*), inteligentne zegarki (ang. *Smartwatches*), inteligentne opaski (ang. *Smartbands*) czy inteligentne buty (ang. *Smart shoes*); urządzenia te mogą działać jako urządzenia peryferyjne dla smartfona, rozszerzając jego zestaw czujników (szczególnie w zakresie monitorowania ludzkiej aktywności fizycznej: pulsu, zmiany położenia, liczby kroków, rodzaju ruchu etc.), co może być z powodzeniem wykorzystywane do monito-

- rowania aktywności nie tylko sportowców, ale i osób starszych oraz cierpiących na różnego rodzaju niepełnosprawności [Połap, Woźniak, 2016]; niektóre z urządzeń tej klasy mogą także funkcjonować niezależnie, jak np. inteligentne zegarki z systemem Android Wear 2.0; istotnym zastosowaniem tej klasy urządzeń jest również behawioralne uwierzytelnianie użytkowników różnorodnych systemów IT [Kapczyński, Kasprowski, Kuźniacki, 2014];
- inteligentne domy (ang. *Smarthome*) i inteligentne budynki (ang. *Smartbuildings*); występuje tu duża różnorodność kontrolerów i inteligentnych urządzeń [Wortmann, Fluchter, 2015, s. 221-224; Zafari, Papapanagiotou, Christidis, 2016, s. 96-112], np. żarówki, wideokamery, domowe kamery bezpieczeństwa, zintegrowane zdalne kontrolery do sprzętu domowego (klimatyzatory, telewizory, kina domowe, stacje pogodowe, zrobotyzowane odkurzacze i systemy ogrodnicze czy też autonomiczne kosiarki do trawy); kluczową różnicą między tymi urządzeniami a ich starszymi odpowiednikami jest możliwość zdalnej konfiguracji oraz sterowania poprzez połączenie internetowe;
 - beacons – infrastruktura do ustawiania w pomieszczeniach oparta na urządzeniach i protokołach Bluetooth Low Energy; dzięki tej technologii aplikacje mogą precyzyjnie lokalizować użytkownika wewnątrz budynków [Zafari, Papapanagiotou, 2015, s. 1-7], bez połączenia z satelitami GPS; ta funkcja rozszerza możliwości oprogramowania nawigacyjnego i daje nowe możliwości dla handlu, usług publicznych, usług medycznych [Yang, Wang, Zhang, 2015, s. 161-168] czy usług kulturalnych, takich jak muzea i wystawy;
 - inteligentne miasto i inteligentna fabryka – ilustracją tej kategorii są rozwiązania, do których można zaliczyć: urządzenia monitoringu (wraz z wideorejestratorami), kioski informacyjne, ekrany informacyjne (dla transportu publicznego), systemy rejestracji czasu pracy i systemy kontroli dostępu do obszarów chronionych budynków, jak i programowalne sterowniki procesów przemysłowych;
 - sensory przemysłowe, do których można zaliczyć: termometry, wodomierze, barometry, czujniki wilgotności i stężenia gazów, liczniki energii elektrycznej, urządzenia monitorujące zanieczyszczenie środowiska czy urządzenia analizujące bieżący poziom wody dla potrzeb informowania o zagrożeniu powodziowym;
 - sensory medyczne, obejmujące szeroką gamę rozwiązań, a wśród nich: analizatory danych medycznych oraz urządzenia monitorujące ciśnienie krwi, jak i analizujące pozostałe charakterystyki (poziom hemoglobiny, poziom cholesterolu), oksymetry, glukometry i pompy insulinowe, monitory aktywności (np. zestaw Holtera) stosowane w diagnostyce medycznej, zarówno na etapie

leczenia ambulatoryjnego, jak szpitalnego; istnieje uzasadniony, silny rygor w kwestii ochrony prywatności dla tego rodzaju urządzeń [Weber, Weber, 2010], zwłaszcza gdy zostanie uwzględniony fakt, iż wyniki pomiarów mogą być udostępniane w internetowych repozytoriach (poprzez chmurę obliczeniową).

Jedną z podstawowych barier rozwoju wyliczonych powyżej kategorii rozwiązań z zakresu IoT, oprócz wyzwań technologicznych związanych z miniaturyzacją i zasilaniem oraz poza kwestiami bezpieczeństwa i ochrony prywatności, jest konieczność zapewnienia właściwej, poprawnie zaprojektowanej warstwy pośrednictwa użytkowego aplikacji [Sroczyński, 2017b]. Wygoda, ergonomia oraz użyteczność są bowiem kluczowym czynnikiem sukcesu, nawet jeśli chodzi o bardzo innowacyjne rozwiązania.

2. Charakterystyka platformy wspomagającej tworzenie rozwiązań klasy IoT

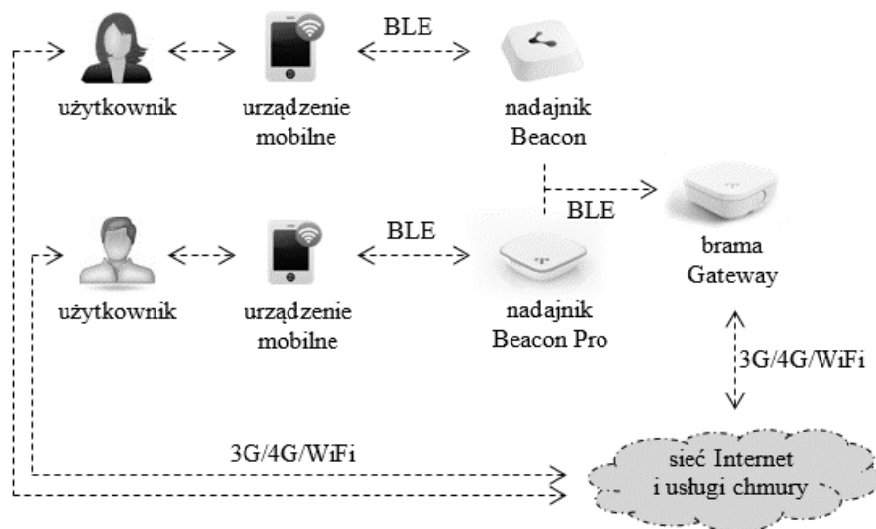
Powstanie i rozwój systemów odpowiedzialnych za rozszerzanie informacji związanych z obiektami i procesami stymulującymi funkcjonowanie człowieka w środowisku podmiotów skupionych w Internecie Rzeczy (IoT) jest procesem trudnym w realizacji. Owe trudności zwykle się spotykają nie tylko na gruncie technicznym (obejmującym kwestię projektowania i wdrażania), ale i prawnym (uwzględniającym problematykę prywatności i nieuprawnionej kontroli osób).

Rozwiązaniem kwalifikowanym do grupy tego typu koncepcji są systemy akwizycji, analizy oraz wizualizacji informacji kontekstowych, powiązanych ze ściśle określonym obiektem. W ujęciu praktycznym mowa tu o systemach złożonych z nadajników radiowych, rozgłaszających informacje identyfikujące obiekt w określonej przestrzeni, które następnie są zgromadzone, analizowane i wizualizowane za pomocą aplikacji mobilnych lub stron WWW i udostępniane uprawnionym osobom tudzież procesom biznesowym. Wśród kilkunastu rozwiązań zaliczanych do tej grupy znajdują się na rynku także rodzime koncepcje. W tym kontekście wymienia się przede wszystkim platformy akwizycji i analizy danych takich firm jak Kontakt.io, Estimote czy Comarch.

Autorzy przeprowadzili kwerendę literatury przedmiotu, która nie wykazała istnienia opracowania charakteryzującego w sposób szczegółowy wybraną platformę tworzenia rozwiązań klasy Internet of Things. Istniejące dokumentacje techniczne rozwiązań Estimote czy Kontakt.io w sposób fragmentaryczny (a nie całościowy) prezentują posiadane funkcjonalności platformy. W pracach zbior-

rowych, jak np. w monografii pod redakcją prof. Grażyny Szpor [Szpor, red., 2015], przedstawiono zagadnienie dotyczące Internetu Rzeczy w wybranym kontekście, np. bezpieczeństwa publicznego, sprzętowej infrastruktury publicznej, analizy ryzyka czy też konkurencyjności przedsiębiorstw.

W niniejszym opracowaniu główną uwagę skupiono na projekcie krakowskiej firmy Kontakt.io. Uzasadnienie wyboru wynikało z dostępności urządzeń na czas przeprowadzanych badań i zasobów wsparcia technicznego oraz licznej społeczności zrzeszonej na forach i grupach dyskusyjnych. Rozgłaszanie danych identyfikacyjnych w systemie Kontakt.io odbywa się przy użyciu miniaturowych nadajników oraz specjalnych pakietów typu beacon i protokołu Bluetooth Low Energy. Nadajniki i opcjonalnie obsługujące je w obrębie infrastruktury bramy dostępowo-integrujące tworzą mniej lub bardziej złożoną sieć bezprzewodową, której przykładowy model logiczno-fizyczny przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Przykładowy model sieciowy infrastruktury platformy Kontakt.io

Źródło: Opracowanie własne.

Poddając analizie przedstawioną na rysunku 1 przykładową sieć zbudowaną w oparciu o emitery Kontakt.io, można zauważyć, iż nie posiada ona jednego centralnego punktu. Właściwość ta wynika z wysokiej skalowalności samej platformy, pozwalającej na elastyczną rozbudowę systemu obejmującego:

- pojedyncze nadajniki radiowe typu Beacon i Beacon Pro, odpowiedzialne za rozgłaszanie pakietów zawierających unikalne informacje identyfikacyjne;
- bramy dostępowo-integrujące Gateway, obsługujące w czasie rzeczywistym pojedyncze emitery pod kątem odbioru ramek typu beacon i ich konfiguracji.

Sposób funkcjonowania platformy Kontakt.io składającej się z nadajników i bram dostępu, determinowany jest kontekstem wdrożenia, definiującym zasady jej zastosowania w głównym środowisku pracy. Na tej podstawie infrastruktury oparte na koncepcji Kontakt.io można dzielić na systemy lokalne i rozproszone.

W systemach lokalnych nadajniki Beacon i Beacon Pro wykorzystywane są kontekstowo i najczęściej powiązane są z obiektem (np. produktem na półce), o którym można uzyskiwać dodatkowe informacje (np. specyfikację techniczną) i podejmować daną akcję (np. dokonać zakupu). Rozsyłane przezeń za pośrednictwem technologii BLE ramki typu beacon zawierają identyfikatory nadajnika, które są odbierane przez urządzenia klienckie (np. telefon z aplikacją mobilną), przy udziale których następuje inicjacja jednej ze wspomnianych akcji.

Systemy rozproszone z kolei zakładają użycie bram dostępowych w roli urządzeń integrujących wspólne działania i konfigurację pojedynczych emiterów na danym obszarze. Odpowiedzialne są także za gromadzenie i przetwarzanie danych parametrycznych oraz lokalizacyjnych dotyczących nadajników Beacon i Beacon Pro, celem ich wizualizacji w usługach lokalnych i chmurowych.

Na łamach kolejnych podrozdziałów 2.1-2.3 scharakteryzowano urządzenia platformy Kontakt.io pod kątem parametrów technicznych, oferowanej funkcjonalności i przykładowych obszarów praktycznych zastosowań.

2.1. Beacon – nadajnik radiowy o podstawowej funkcjonalności

Beacon w platformie opartej na koncepcji Kontakt.io jest podstawowym i najczęściej wykorzystywanym emiterem pakietów typu beacon. W zależności od kontekstu implementacyjnego, definiującego sposób wykorzystania nadajnika i jego konfiguracji, dane rozsyłane przez nadajnik Beacon mogą zostać poddane akwizycji i analizie pod kątem wykonania określonej akcji (np. pobrania treści zasobu do aplikacji mobilnej czy sterowania oświetleniem domu). Rysunek 2 przedstawia standardowy nadajnik Beacon dla platformy Kontakt.io.



Rys. 2. Nadajnik radiowy Beacon dla platformy Kontakt.io

Źródło: [www 2].

Konstrukcja nadajnika, dzięki niewielkim rozmiarom (szerokość 55 mm, głębokość 56 mm i wysokość 15 mm) i masie (35 g), odznacza się zwartością i wysokim poziomem mobilności, co umożliwia montaż na ścianie lub elementach konstrukcji (np. regałach czy stelażach). Plastikowa obudowa pozwala na używanie emitera w szerokim zakresie temperatur, zawierającym się w przedziale od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$ i przy wilgotności powietrza do 95%. Zgodność z klasą szczelności IP54 (ochrona przed kurzem i bryzgami wody) dopuszcza możliwość jego instalacji w pomieszczeniach zamkniętych, a także na zewnątrz.

Układ główny emitera zrealizowano w oparciu o 32-bitowy mikroprocesor Cortex-M0, zgodny z architekturą ARM. Do pracy wykorzystuje 16 KB pamięci operacyjnej RAM i pamięć nieulotną o rozmiarze 256 KB. Transmisja danych pomiędzy nadajnikiem Beacon a innymi urządzeniami, wchodzącymi w skład systemu Kontakt.io lub aplikacjami mobilnymi, realizowana jest za sprawą modułu komunikacyjnego nRF51822 firmy Nordic Semiconductor. Zapewnia on obsługę standardu i protokołu komunikacyjnego BLE w wersji 4.0 lub nowszej. Czułość układu odpowiedzialnego na emisję pakietów typu beacon kształtuje się na poziomie -93 dBm , dzięki czemu moc nadajnika, zależnie od konfiguracji, może wahać się w zakresie od -30 dBm do 4 dBm [www 2].

W zależności od warunków i środowiska pracy, mocy nadajnika i częstotliwości nadawania, rozsyłane przez urządzenie pakiety identyfikacyjne mogą być emitowane na odległość 70 m oraz odbierane przez dedykowane aplikacje pracujące na urządzeniach przenośnych, a także bramy dostępowo-integrujące o odpowiednio dostosowanym module odbiorczym pod względem czułości.

Wykorzystywany w platformie Kontakt.io nadajnik Beacon – za sprawą niewielkich rozmiarów oraz długiego czasu pracy – znajduje szerokie zastosowanie w wielu sferach, w których istnieje potrzeba rozszerzania rzeczywistości o dodatkowe informacje, zarówno w środowisku lokalnym, jak i infrastrukturach

o charakterze rozproszonym. Obszar praktycznych implementacji może obejmować m.in. centra handlowe (informowanie klientów poprzez aplikację mobilną o aktualnych promocjach), instytucje (pomoc w załatwieniu sprawy), przemysł (usprawnienie procesów produkcyjnych) i inteligentne miasta (pomoc osobom niepełnosprawnym w poruszaniu się). Uzyskane w takich procesach informacje mogą przyczynić się do podniesienia ogólnego komfortu życia ludzkiego.

2.2. Beacon Pro – nadajnik radiowy o rozszerzonej funkcjonalności

Beacon Pro – w porównaniu do omówionego na łamach podrozdziału 2.1 zwykłego nadajnika Beacon – cechuje się większą liczbą oferowanych funkcji. Prócz podstawowej funkcjonalności, jaką jest emisja pakietów identyfikacyjnych typu beacon, zasadnicza różnica tkwi przede wszystkim w wyposażeniu emitera Beacon Pro w wyspecjalizowane czujniki i możliwość zewnętrznego zasilania. Informacje rozsyłane przez nadajnik, które mogą być opcjonalnie uzupełnione o dane parametryczne pochodzące z tych czujników, w najczęściej spotykanych implementacjach są odbierane nie tylko przez bramki dostępowo-integrujące, ale także aplikacje pracujące na urządzeniach mobilnych lub stacjonarnych.

Uzyskane informacje – zależnie od kontekstu użycia platformy – mogą stanowić wyzwalacz określonej akcji zdarzeniowej (np. wyświetlenie informacji pochodzących z czujników w aplikacji telefonu). Przykładowy emiter radiowy Beacon Pro dla systemu Kontakt.io ukazuje rysunek 3.



Rys. 3. Nadajnik radiowy Beacon Pro dedykowany dla systemu Kontakt.io

Źródło: [www 3].

Rozszerzona funkcjonalność nadajnika Beacon w wersji Pro i wynikająca z niej konieczność zastosowania do jego obsługi niezależnego mikrokomputera przełożyły się na nieznaczny wzrost rozmiarów obudowy (szerokość i wysokość

wynosząca 69 mm i głębokość 21 mm) oraz masy (71 g). Plastikowa obudowa chroni wewnętrzne układy przed kurzem i wodą, dzięki czemu nadajnik może pracować w pomieszczeniach i przestrzeniach otwartych, w których temperatura zawiera się w przedziale od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$, przy wilgotności powietrza dochodzącej do 95%.

Praca emitera Beacon Pro nadzorowana jest przez moduł mikrokomputera zbudowanego w oparciu o układ nRF52832 koncernu Nordic Semiconductor. Moduł ten skupia w sobie 32-bitowy mikroprocesor typu ARM Cortex-M4F, z zegarem taktowanym o częstotliwości 64 MHz. Mikrokomputer współpracuje z pamięcią operacyjną RAM o pojemności 64 KB oraz dwoma dodatkowymi bankami pamięci nieulotnej o rozmiarach 512 KB. Beacon Pro korzysta również z układu zegara czasu rzeczywistego RTC (ang. *Real-Time Clock*), realizującego funkcję odmierzenia czasu, bez uwzględnienia aktualnego stanu samego emitera (np. podczas przejścia w stan uśpienia bądź zawieszenia się na skutek awarii). W nRF52832 zaimplementowano także moduł radiowy Bluetooth Low Energy, zgodny z wersją 4.X i 5 standardu. Czulość równa -96 dBm pozwala na emisję ramek w siedmiu trybach mocy z zakresu od -20 dBm do 4 dBm. Odczyt danych z emitera możliwy jest także za pomocą modułu zbliżeniowego standardu bezprzewodowego NFC (ang. *Near Field Communication*) [www 3].

Omawiając parametry techniczne nadajnika Beacon Pro, wspomnieć należy o obecności wbudowanych czujników wewnętrznych – światła i przyspieszenia. Pomiar natężenia światła realizowany jest z wykorzystaniem układu optoelektronicznego typu TEMT6200FX01 firmy Vishay, zawierającego fototranzystor. Z kolei za obsługę czujnika przyspieszenia (akcelerometru) odpowiada układ typu LIS2DH dostarczany przez koncern STMicroelectronics [www 3].

Informacje identyfikacyjne, opcjonalnie uzupełnione o dane parametryczne pochodzące z obu detektorów, nadawane przez nadajnik Beacon Pro mogą być odbierane nawet z odległości 80 m. Rzeczywisty dystans uzależniony jest jednak od bieżącej konfiguracji urządzenia, obejmującej moc nadawania i częstotliwość emisji ramek, a także od poziomu naładowania baterii. Krąg odbiorców danych determinowany jest przez kontekst implementacyjny całej platformy Kontakt.io, aczkolwiek najczęściej obejmuje on dedykowane aplikacje mobilne pracujące na urządzeniach przenośnych i urządzenia dostępowo-integrujące typu Gateway.

Dodatkowe funkcje, wyposażenie w sensory, długi czas pracy na bateriach oraz możliwość zasilania zewnętrznego przekładają się na wzrost użyteczności emiterów Beacon Pro zarówno w środowiskach lokalnych (obejmujących zastosowania tożsame z wykorzystaniem zwykłych nadajników), jak i rozproszonych. Te ostatnie, integrowane przez opisane w podrozdziale 2.3 bramy dostępne,

pozwalają wykorzystać owe urządzenia w rozmaitych dziedzinach gospodarki. W tym kontekście przyjęto wymieniać ich zastosowanie w przedsiębiorstwach przemysłowych (monitorowanie procesu produkcyjnego), rozproszonych infrastrukturach miejskich (rozszerzanie rzeczywistości o dodatkowe informacje), inteligentnych budynkach (układy automatyki i systemy alarmowe), transporcie (usprawnienie łańcucha logistycznego) czy medycynie (ulepszenie procedury obsługi pacjentów na terenie placówki). Dane pozyskane w procesie akwizycji mogą być wizualizowane w aplikacjach lub środowiskach analitycznych w celu poprawy komfortu życia człowieka, nie tylko w sferze najbliższego otoczenia, ale także z uwzględnieniem jego stricte biznesowych potrzeb.

2.3. Gateway – brama dostępowo-integrująca

Głównym i najbardziej rozpowszechnionym kontekstem praktycznej implementacji bram dostępowych Gateway dedykowanych dla sieci Kontakt.io są łączenie i wzajemna integracja pojedynczych nadajników radiowych Beacon i Beacon Pro w jeden segment logiczny. Jego wielkość na ogół ograniczana jest rzeczywistym zasięgiem nadawania tychże nadajników i zasięgiem pracy bram tworzących segment. Rola bramy w tego rodzaju infrastrukturach sprowadza się głównie do odbioru ramek typu beacon nadawanych przez pojedyncze emitery i przekazywania ich jako informacje wejściowe dla systemów analitycznych, których zasoby najczęściej są scentralizowane i przetwarzane na poziomie usług zorientowanych w chmurach obliczeniowych. Treścią przekazywanych danych mogą być nie tylko informacje identyfikacyjne, ale także parametryczne i nawigacyjne. Rysunek 4 przedstawia przykładową bramę dla platformy Kontakt.io.



Rys. 4. Brama dostępowo-integrująca Gateway do obsługi infrastruktury Kontakt.io

Źródło: [www 4].

Specyficzna funkcjonalność bram Gateway wymusiła na firmie Kontakt.io potrzebę zastosowania do ich obsługi mikrokomputera. Urządzenie zamknięte w obudowie o niewielkich rozmiarach (o szerokości i wysokości równej 88 mm oraz głębokości 38 mm). Zastosowane tworzywo sztuczne pozwala wykorzystać bramę w pomieszczeniach i przestrzeniach otwartych, w których temperatura zawiera się w przedziale od -20°C do $+60^{\circ}\text{C}$, przy wilgotności powietrza nieprzekraczającej 95%.

Realizację podstawowych zadań operacyjnych realizowanych przez bramę powierzono mikrokontrolerowi typu DA14581 koncernu Dialog Semiconductor. Układ ten składa się z mikroprocesora Cortex-M0, zgodnego z modelem ARM. Jego zegar taktowany jest z częstotliwością 16 MHz, który do bieżącej pracy wykorzystuje 50 KB pamięci operacyjnej RAM i 84 KB pamięci stałej ROM. Operacje wymagające większej mocy obliczeniowej realizowane są natomiast za pomocą mikroprocesora głównego ARM Cortex-A7, wyposażonego w dwa niezależne rdzenie taktowane zegarem o częstotliwości 1 GHz. Współpracuje on z 512 MB modulem energooszczędnej pamięci operacyjnej LPDDR3 oraz 4 GB modulem pamięci nieulotnej, dołączanej przy użyciu gniazda kart rozszerzeń typu eMMC [www 4].

Wymiana danych pomiędzy bramą a emiterami Kontakt.io realizowana jest w technologii Bluetooth Low Energy. Odpowiedzialny za to układ DA14581 zapewnia zgodność z wersjami 4.X standardu BLE. Zależnie od wersji bramy, czułość modułu BLE kształtuje się na poziomie -93 dBm lub $-95,5$ dBm, a moc nadajnika narzucana jest przez dwa tryby pracy, wynoszące -20 dBm lub 0 dBm i 11 dBm. Komunikacja pomiędzy bramą a innymi elementami sieci Kontakt.io możliwa jest również za pośrednictwem sieci WiFi (zgodnych ze standardami IEEE 802.11a/b/g/n/ac), a także telefonii komórkowej 3G/4G (LTE) i modemu przyłączanego do bramy za pomocą wbudowanego gniazda USB w wersji OTG. Obecność dodatkowych interfejsów komunikacyjnych pozwala na łatwe łączenie bram w segmenty sieciowe oraz zarządzanie zbieranymi za ich pomocą danymi w ramach zasobów zorientowanych na zewnętrznych serwerach bądź też usług udostępnianych w chmurach obliczeniowych [www 4]. Znaczna ilość realizowanych operacji obliczeniowych i wynikające z tego wyższe obciążenie robocze wykluczyły możliwość zasilania bateryjnego bramy. Brama wymaga więc zasilania o napięciu 5 V za pomocą gniazda micro USB.

Rzeczywisty zasięg pracy bramy, obejmującej nadawanie i odbiór nie tylko pakietów identyfikacyjnych, ale także informacji diagnostycznych, wynosi 50 m. W ujęciu praktycznym w systemach opartych na koncepcji Kontakt.io brama odpowiedzialna jest za obsługę w czasie rzeczywistym dedykowanych emiterów.

Zebrane w procesie akwizycji informacje stanowią źródło danych dla systemów analityczno-statystycznych, które – zależnie od docelowego środowiska pracy – mogą bazować rozwiązaniach Kontakt.io lub koncepcjach autorskich.

Producent platformy Kontakt.io umożliwia obsługę bramek dostępowych przy pomocy dedykowanego panelu administracyjnego, dostępnego z poziomu przeglądarki stron WWW. Udostępnia on szereg użytecznych funkcjonalności, które pozwalają m.in. na zarządzanie emiterami będącymi się w zasięgu bramy, konfigurację ustawień, definiowanie akcji dotyczących określonego nadajnika czy ustalenie rzeczywistej lokalizacji aktywnych urządzeń w sieci Kontakt.io. Wizualizacja zebranych informacji może także odbywać się za pomocą panelu i zwykle przybiera postać wykresów tworzonych w oparciu o dane statystyczne.

Wymienione wcześniej operacje związane z akwizycją, przetwarzaniem i wizualizacją danych mogą być również realizowane za pomocą zewnętrznych rozwiązań programowych. Dzięki udostępnionemu przez producenta platformy środowisku programistycznemu, zawierającym niezbędne biblioteki i narzędzia, twórcy oprogramowania mogą budować własne aplikacje zorientowane zarówno na platformy mobilne (tj. Android i iOS), jak i klasyczne (dostępne z poziomu przeglądarek WWW i komputerów osobistych powszechnego użytku).

Dedykowane bramy dostępne Gateway w platformie Kontakt.io, z racji specyficznej funkcjonalności, znajdują zastosowanie w infrastrukturach rozproszonych, w których zachodzi konieczność obsługi i bieżącego monitorowania stałych i mobilnych nadajników, z uwzględnieniem kontekstowej wizualizacji ich aktywności. Przykładem implementacji mogą być przedsiębiorstwa i firmy (geolokalizacja pracowników na terenie obiektu z wykorzystaniem wchodzących w skład omawianej platformy kart mobilnych Card Beacon), inteligentne miasta (pomoc podczas poszukiwania miejsc parkingowych) czy transport i logistyka (kontrola pozycji samochodu na okoliczność wjazdu do płatnej strefy). I choć w Polsce tego typu zastosowań w szerszej perspektywie próżno jeszcze szukać, o tyle w najbliższej przyszłości należy spodziewać się praktycznych wdrożeń, co może chociażby wynikać z dużego zainteresowania technologiami opartymi o pakiety typu beacon oraz kontekstowe powiązanie ich z obiektami i usługami.

3. Analiza funkcjonalności i użyteczności panelu administracyjnego platformy Kontakt.io

Opisane szczegółowo w podrozdziałach 2.1-2.3 pod kątem praktycznego zastosowania i parametrów technicznych elementy systemu Kontakt.io, obejmujące pojedyncze emitery i bramę dostępowo-integrującą, wymagają konfiguracji

i administracji. O ile w prostych systemach lokalnych, a więc definiowanych uproszczoną i niewymagającą obecności bram topologią sieciową, operacje te można przenieść na procesy wchodzące w interakcję z pojedynczymi emiterami, o tyle już w przypadku systemów rozproszonych zabieg ten może okazać się kłopotliwy w realizacji lub niemożliwy. W układach rozproszonych zachodzi konieczność obsługi pojedynczych nadajników Beacon i Beacon Pro w znacznie szerszym kontekście, obejmującym obustronną komunikację z bramą dostępową i wymianę danych kontekstowych (pakietów typu beacon), parametrycznych (zbieranych przez sensory emiterów Beacon Pro) i lokalizacyjnych (opisujących faktyczne położenie nadajników w przestrzeni roboczej). Obsługa i zarządzanie elementami platformy Kontakt.io może być realizowana na kilka sposobów, jednak najpopularniejsze koncepcje bazują na rozwiązaniach wykorzystujących graficzny interfejs użytkownika, łączący logikę biznesową oraz funkcjonalność użytkową w dedykowanych narzędziach (np. aplikacjach lub stronach WWW). Producent systemu Kontakt.io udostępnia dedykowany panel WWW, pozwalający na konfigurację i zarządzanie emiterami i bramami w ramach infrastruktury.

Dostęp do serwisu administracyjnego platformy Kontakt.io użytkownik uzyskuje z poziomu przeglądarki WWW i adresu URL: <https://panel.kontakt.io> [www 5]. Aby zalogowanie się było możliwe, użytkownik musi posiadać utworzone konto i nadane uprawnienia administracyjne. Na etapie dodawania emiterów i bram do serwisu należy znać unikalny identyfikator podzespołu (naklejany na obudowę) i numer zamówienia (*Order ID*) powiązanego z danym elementem podczas jego zakupu.

Użytkownik po pomyślnym zalogowaniu się do systemu uzyskuje dostęp do panelu głównego (*Dashboard*), za pośrednictwem którego może odczytać informacje na temat liczby zarejestrowanych urządzeń i ich lokalizacji (obszarów roboczych). Ponadto ze strony głównej panelu może uzyskać także informacje dotyczące poziomu naładowania baterii nadajników oraz unikalny klucz dostępu do serwera (*Server API Key*), odpowiedzialny za obsługę funkcji i interfejsów programistycznych, przydatnych podczas tworzenia własnego oprogramowania.

Główną część funkcjonalności w panelu Kontakt.io skupiono w zestawie czterech tematycznych zakładek, udostępniających istotne informacje związane ze stanem i konfiguracją urządzeń w ramach tejże platformy. Należą do nich: *Locations* (lokalizacja emiterów i bram dostępowych w obszarze roboczym), *Beacons*, a także *Gateways* (parametry konfiguracyjne nadajników i kart Beacon oraz bram dostępu Gateway), *Triggers* (reguły dla wyzwalaczy oraz akcji powiązanych z aktywnością nadajników i bram dostępu) i *Accounts* (zarządzanie dostępem do panelu administracyjnego i przydzielanie uprawnień, której analizę z racji prostoty pominięto).

Ocenę przydatności panelu internetowego Kontakt.io można wyznaczyć na wiele sposobów. Dokonując wyboru metody oceny, należy uwzględnić oczekiwania oraz poziom zaawansowania docelowej grupy osób, która będzie z niego korzystać. W związku z tym wybór metody oceny przydatności winien być poprzedzony analizą środowiska użytkowników oraz ich wymagań. Zakładając, że będą oni należeć do grupy osób, dla których istotne znacznie będzie mieć funkcjonalność panelu zarządzania i bezpośrednio wynikająca z niej użyteczność, to ogólną ocenę jego przydatności można wyeksponować z badania pozanormalnego, co w niniejszym opracowaniu uczyniono.

W przeciwieństwie do oceny określanej na podstawie norm definiujących zarówno funkcjonalność (norma ISO 9126), jak i użyteczność (norma ISO 9241) jako kwestii związanych z inżynierią oprogramowania, ocena pozanormalna jest o wiele bliższa statystycznemu użytkownikowi. Praktyka pokazuje, iż osoba korzystająca z narzędzi administracyjnych zorientowanych na stronach WWW dokonuje oceny ich przydatności na podstawie dostępnych funkcji i płynącej z nich wartości użytkowej, w kontekście wykorzystania nadajników radiowych typu Beacon i bram dostępowych w rzeczywistym środowisku (np. w muzeum).

Uwzględniając podejście badawcze oraz sposób oceny panelu Kontakt.io, określenie jego przydatności będzie odbywać się w dwóch płaszczyznach, tzn.:

- funkcjonalności (ang. *Functionality*), identyfikowanej jako liczbę dostępnych w panelu funkcji wynikających ze zbioru atrybutów, określających zdolność do dostarczania żądanych funkcjonalności, a także zaspokajających wyznaczone i zakładane potrzeby podczas bieżącego użytkowania w określonych warunkach;
- użyteczności (ang. *Usability*), postrzeganej jako przydatności udostępnionych w panelu funkcji w określonym zastosowaniu oraz z uwzględnieniem potrzeb użytkowników w obszarze konfiguracji i obsługi [Nielsen, Budiu, 2013].

Zakres oceny przydatności panelu platformy Kontakt.io obejmować będzie najistotniejsze w kontekście uruchomienia oraz konfiguracji urządzeń platformy funkcje, inicjowane przy użyciu czterech, uprzednio wymienionych zakładerek (*Locations*, *Beacons*, *Gateways* i *Triggers*), osiągalnych z lewej strony witryny i stanowiących przedmiot rozważań na łamach kolejnych podrozdziałów 3.1-3.4.

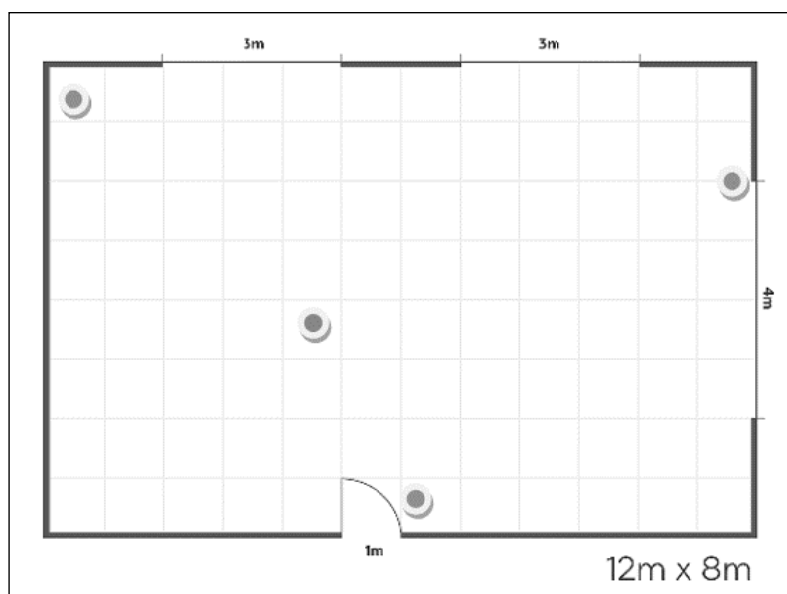
3.1. Zakładka *Locations* – fizyczna lokalizacja nadajników i bram

Zasadniczym przeznaczeniem zakładki *Locations* jest prezentacja w panelu zarządzania Kontakt.io istotnych informacji dotyczących fizycznego położenia nadajników i bram dostępowych w przestrzeni będącej środowiskiem ich pracy.

Użytkownik z poziomu tej zakładki posiada do dyspozycji dwie podopieczne, jednak najważniejszą jest lista lokalizacji (*Location list*), wyświetlająca nazwy obszarów roboczych (np. pomieszczeń w domu), o ile tylko została wcześniej utworzona. W przypadku braku lokalizacji użytkownik za pomocą przycisku *Add location* może utworzyć nowy obszar (np. Kuchnia), podając jego nazwę (pole *Name*) i opis (pole *Description*) oraz klikając przycisk *Create location*.

Utworzenie obszaru roboczego uaktywnia dostępność opcji funkcjonalnych, które zorganizowano w układzie kart. Należą do nich:

- *Devices* – lista urządzeń (emiterów i bram) pracujących w danej lokalizacji fizycznej platformy (instancji);
- *Map setup* – graficzny schemat obszaru roboczego, będący odwzorowaniem lokalizacji skupiających nadajniki i bramy; na tym etapie użytkownik może z użyciem wbudowanego edytora narysować własny układ lub zaimportować mapę z pliku; obie czynności inicjowane są opcją *Upload map*; na rysunku 5 przedstawiono projekt obszaru z pracującymi emiterami Beacon i bramą Gateway;
- *Live map* – lista nadajników znajdujących się w pobliżu bramy pracującej w lokalizacji; użytkownik może obserwować aktualną lokalizację emiterów na podstawie siły nadawanego przez nich sygnałów (parametr *Proximity*);
- *History* – przegląd aktywności urządzeń platformy z perspektywy ustalonego zakresu czasu (parametr *Time period*) i siły sygnału (parametr *Proximity*);
- *Dwell time* – czas dostępności urządzenia w kontekście odbioru pakietów przez bramę; uzyskane wyniki użytkownik może dzielić pod kątem zakresu czasowego (parametr *Time period*) i siły sygnału (parametr *Proximity*);
- *Heatmaps* – aktywność bramy pod kątem skanowania nadajników radiowych w zadanym okresie czasu (parametr *Time period*) i z uwzględnieniem interwału czasowego (parametr *Time interval*);
- *Connections* – połączenia zestawione pomiędzy emiterem a wybraną bramą (parametr *Gateway*) w ściśle ustalonym okresie czasu (parametr *Time period*) i z uwzględnieniem interwału czasowego (parametr *Time interval*);
- *Timeline* – prezentacja w formie osi czasu listy nadajników znajdujących się w zasięgu bramy (parametr *Gateway*), z możliwością sortowania wyników pod kątem czasu (parametr *Time period*) i interwału (parametr *Time interval*);
- *Details* – nazwa (parametr *Name*) i opis lokalizacji (parametr *Description*).



Rys. 5. Kreator budowy obszarów roboczych dla nadajników i bram Kontakt.io

Źródło: Zrzut ekranu zakładki *Locations* panelu administracyjnego Kontakt.io.

Najwięcej funkcji dostępnych z poziomu zakładki *Locations* znajduje swoje odzwierciedlenie w subiektywnym postrzeganiu jej jako niezwykle użyteczną. Dzięki udostępnionym funkcjom użytkownik w łatwy sposób może stworzyć mapę obszarów, będących środowiskiem pracy emiterów i bram. Dysponując numerem zamówienia i identyfikatorem urządzenia, można dodać nowe podmioty do lokalizacji. Omawiana zakładka stanowi także doskonałe miejsce do bieżącej obserwacji stanu urządzeń, z możliwością definiowania ich aktualnej pozycji oraz monitorowania stopnia obciążenia bramy w wybranym zakresie czasowym.

Zakładka *Locations* jest także łącznikiem pomiędzy innymi opcjami panelu, często umiejscowionymi w innych zakładkach, które inicjowane są w sytuacji wyboru opcji klasyfikowanej w innej kategorii (np. konfiguracji emiterów).

3.2. Zakładka *Beacons* – zarządzanie nadajnikami radiowymi w sieci

W zakładce *Beacons* użytkownik dysponuje możliwością administrowania różnego typu nadajnikami wchodzącymi w skład platformy (m.in. Beacon Pro). Korzystanie z jej zasobów wymaga uprzedniego dodania urządzenia do systemu (przycisk *Add devices*) na podstawie numeru zamówienia (*Order ID*).

Zarejestrowanie emitera za pośrednictwem panelu uaktywnia trzy podopcje. Pierwsza (*Overview*) udostępnia informacje na temat liczby i rodzaju nadajników używanych w systemie, a ostatnia (*Item list*) stanowi grupowy podział emiterów w obrębie stworzonej kategorii. Istotne dla zakładki funkcje zebrano w podopcji odpowiedzialnej za zarządzanie nadajnikami (*Beacon list*). Prezentowane na niej informacje zorganizowano w formie listy, której widok przedstawia rysunek 6.

☒ BULK EDIT ASSIGN TO MANAGER ASSIGN TO VENUE CSV									
Alerts	LP	Prof	ID (Alias)	Venue	UUID	Major	Minor	Namespace ID	Instance ID
	☐	1	3435 (Entrance)	My venue 1	f7826da4316...	26931	34141	f7826dada...	78741245...
	☐	2	D141 (Exit)	My venue 1	f7826da4316...	26931	34141	f7826dada...	78741245...
	☐	3	GS2D (Mike)	My venue 1	f7826da4316...	26931	34141	f7826dada...	78741245...
	☐	4	W345 (Parking)	My venue 1	f7826da4316...	26931	34141	f7826dada...	78741245...
	☐	5	AW12 (Tus 1)	My venue 1	f7826da4316...	26931	34141	f7826dada...	78741245...

Rys. 6. Lista zarejestrowanych urządzeń w panelu platformy Kontakt.io

Źródło: Zrzut ekranu zakładki *Beacon list* panelu administracyjnego Kontakt.io.

Poddając analizie informacje o nadajnikach radiowych przedstawianych na zakładce *Beacon list*, dostrzec można fakt skupienia przez producenta uwagi na prezentacji parametrów ich pracy. Do najważniejszych przyjęto tu zaliczać:

- *Alerts* – bieżący status nadajnika obejmujący alerty, na które należy zwrócić szczególną uwagę (np. niski stan naładowania baterii czy brak dostępności);
- *LP* – liczba porządkowa informująca o liczbie wszystkich urządzeń na liście oraz wyświetlająca aktualny numer przydzielony konkretnemu urządzeniu;
- *Prof* – typ urządzenia identyfikujący zarejestrowany podmiot w kategoriach rodzajowych (np. czy jest to nadajnik autonomiczny Beacon lub Beacon Pro, czy mobilna karta nadawcza Card Beacon);
- *ID (Alias)* – identyfikator urządzenia będący tożsamą nazwą przekazywaną przez producenta w postaci 4-znakowego kodu umieszczonego na etykiecie nadajnika radiowego lub bramy i rozgłaszanego drogą radiową; opcjonalnie parametr ten może być uzupełniony o alias, przekazujący dodatkowe informacje (np. ustaloną nazwę obszaru roboczego);
- *Venue* – nazwa lokalizacji (obszaru roboczego) zdefiniowana w omówionej na łamach podrozdziału 3.1 zakładce lokalizacji (*Locations*), przypisująca urządzenie nadawcze do określonego miejsca (np. pomieszczenia w domu);

- *UUID* – unikalny wewnętrzny identyfikator urządzenia, charakterystyczny dla nadajników komunikujących się w technologii Bluetooth Low Energy, umożliwiający rozróżnianie urządzeń przez zewnętrzne oprogramowanie;
- *Major* i *Minor* – numery wersji oprogramowania układowego urządzeń;
- *Namespace ID* i *Instance ID* – identyfikatory przestrzeni nazw oraz instancji odczytywane przez niektóre urządzenia i aplikacje w celach diagnostycznych.

Odnosząc się do funkcjonalności oferowanej przez podopieczną *Beacon list*, należy także wspomnieć o możliwości szerszej konfiguracji urządzeń zawartych na ogólnej liście. Po kliknięciu w identyfikator emitera (parametr *ID (Alias)*) użytkownik może konfigurować nadajnik pod kątem mocy nadawanego sygnału (parametr *TX power*), częstotliwości nadawania pakietów typu beacon (parametr *Interval (ms)*) czy obsługi protokołów dedykowanych typu Eddystone i iBeacon, optymalizując tym samym funkcjonowanie całego systemu sieciowego.

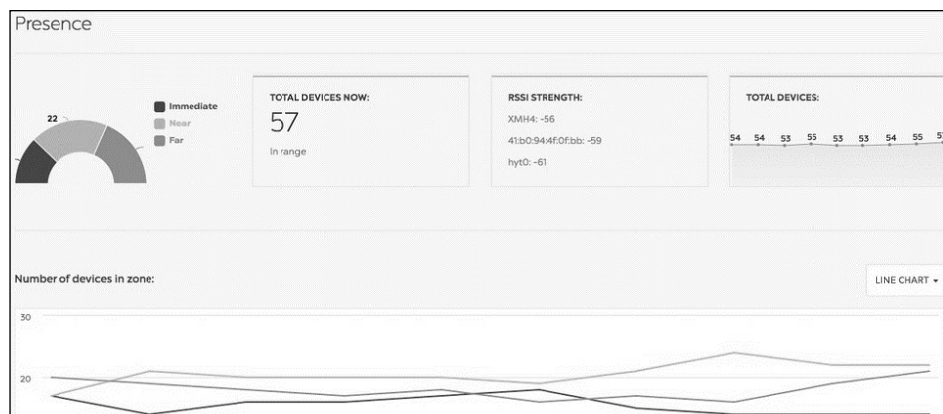
Zakładka *Beacons* należy do zakładek posiadających największą ilość opcji. Za jej pomocą użytkownik może w łatwy sposób dodawać oraz usuwać emitery w ramach infrastruktury. Szeroki zakres funkcji i mnogość parametrów konfiguracyjnych, poparty także wysoką intuicyjnością obsługi, pozwala klasyfikować zakładkę *Beacons* w kategorii wysoce przydatnych i użytecznych.

3.3. Zakładka Gateways – administracja bramą dostępową

Zarządzanie bramami dostępowo-integrującymi skupionymi w Kontakt.io odbywa się z poziomu zakładki *Gateways*. Warunkiem niezbędnym do wykorzystania funkcjonalności oferowanych przez niniejszą zakładkę jest uprzednie dodanie do panelu tejże bramy. W przypadku jej braku użytkownik za pomocą zakładki *Gateways* oraz przycisku *Add devices* może dodać bramę do systemu.

Obecność w panelu przynajmniej jednej bramy udostępnia użytkownikowi możliwość korzystania z dwóch podopiecznych. Pierwsza z nich (*Overview*) wyświetla podstawowe informacje związane użytkowymi bramami Gateway, obejmujące m.in. aktualny status urządzenia, nazwę obsługiwanego obszaru i liczbę aktualnie obsługiwanych emiterów z podziałem na siłę emitowanego przez nich sygnału.

Największa liczba funkcji została zorientowana w podopiecznej odpowiedzialnej za prezentację listy bram (*Gateways list*). Charakteryzuje się zbliżoną budową do podopiecznej z listą emiterów (*Beacon list*), opisaną w podrozdziale 3.2, informującej m.in. o nazwie urządzeń i ich statusach. Pozyskanie szczegółowych informacji na temat danej bramy jest możliwe po kliknięciu jej nazwy na liście. Spowoduje to wyświetlenie nowej karty *Presence*, którą przedstawia rysunek 7.



Rys. 7. Analiza przebiegu pracy bramy dostępowo-integrującej w środowisku sieciowym

Źródło: Zrzut ekranu zakładki *Gateways* panelu administracyjnego Kontakt.io.

Informacje prezentowane na karcie *Presence* osiągalnej z poziomu zakładki *Gateway list* umożliwiają użytkownikowi uzyskanie wiedzy z zakresu bieżącego stanu funkcjonalnego urządzenia dostępowego. Samą kartę podzielono na kilka tematycznych sekcji, z których wyszczególnić należy:

- *Total devices now* – liczba wszystkich urządzeń nadawczych (pojedynczych emiterów) znajdujących się w zasięgu bramy dostępowo-integrującej, aktualizowana co sekundę;
- *RSSI strength* – wskaźnik RSSI definiujący wartości parametrów czułości i wzmocnienia urządzeń nadawczo-odbiorczych będących w zasięgu bramy;
- *Total devices* – dynamicznie aktualizowany wskaźnik opisujący bieżącą liczbę urządzeń, z których odbierane są przez bramę pakiety typu beacon oraz dane parametryczne generowane przez czujniki i sensory, wchodzące w skład nadajników o rozszerzonej funkcjonalności Beacon Pro;
- *Number of devices in zone* – dynamicznie aktualizowana liczba aktywnych nadajników skupionych w lokalizacji (obszarze roboczym); wykres obejmuje podział nadajników pod względem ich fizycznej odległości od bramy, wyznaczanej na podstawie pomiaru siły sygnału radiowego.

Poddając analizie specyfikę funkcji udostępnianych przez zakładkę prezentującą listę bram Gateway używanych w obszarze infrastruktury Kontakt.io, można odczuwać niedosyt, jeżeli chodzi o ich liczbę czy oferowane możliwości. Pewnego rodzaju usprawiedliwieniem takowego stanu rzeczy może być fakt, iż kluczowe opcje konfiguracyjne producent platformy zdecydował się przenieść do zewnętrznego i wymagającego uiszczenia opłat modułu *Location Engine*. Nie wyklucza to jednak możliwości postrzegania tej zakładki jako użytecznej, o ile

za punkt odniesienia zostanie wzięta potrzeba uzyskania podstawowych informacji na temat pracy bramki. Dzięki tej zakładce można w łatwy sposób sprawdzić liczbę urządzeń komunikujących się z bramką i jej obciążenie w sieci, a także kluczowe parametry pracy modułu nadawczo-odbiorczego oraz rozkład pojedynczych nadajników w obszarze lokalizacji roboczej.

3.4. Zakładka Triggers – inicjacja akcji na zaistnienie zdarzenia

Zakładka *Triggers* panelu zarządzania środowiskiem urządzeń Kontakt.io skupia w sobie funkcje ukierunkowane na tworzenie wyzwalaczy inicjujących ściśle określone akcje, w przypadku zaistnienia określonego rodzaju zdarzenia, np. podczas pojawienia się nadajnika typu Beacon w zasięgu bramy dostępowej. Aby za pomocą tej sekcji panelu można było swobodnie tworzyć wyzwalacze i przypisywać im odpowiednie akcje, w systemie muszą być już zarejestrowane urządzenia (np. emiterzy lub bramy). Jeżeli takowych jeszcze nie ma, użytkownik powinien je dodać zgodnie z instrukcją zawartą w podrozdziałach 3.2 i 3.3.

W celu przypisania do emitera lub bramy określonej akcji należy najpierw utworzyć wyzwalacz akcji kontekstowej, z którą inicjator zdarzenia zostanie powiązany na końcowym etapie konfiguracji. Proces ten inicjowany jest przyciskiem *Add trigger*, dostępnym w zakładce i podopcji *Triggers*, której wygląd przedstawia rysunek 8.

Rys. 8. Konfiguracja wyzwalaczy akcji kontekstowej

Źródło: Zrzut ekranu zakładki Triggers panelu administracyjnego Kontakt.io.

W trakcie tworzenia wyzwalacza użytkownik zobligowany jest do zdefiniowania warunków i parametrów jego inicjacji. Na tym etapie powinien uzupełnić wartości dla następujących parametrów:

- *Name* – nazwa wyzwalacza umownie kojarząca się z inicjowaną akcją;
- *Tracking ID (Unique ID/MAC)* – unikalny identyfikator lub adres fizyczny urządzenia pracującego na danym obszarze roboczym;
- *Type* – rodzaj akcji inicjowanej podczas wystąpienia zdarzenia, np. wykrycia lub utraty emitera w zasięgu bramy (wartości *Beacon detected* i *Beacon lost*);
- *Proximity* – zależność bliskości nadajnika względem bramy na podstawie siły sygnału radiowego z bardzo bliskiej, bliskiej lub dalekiej odległości;
- *Executor* – typ urządzenia wykonującego akcję, którym może być np. usługa zorientowana w chmurze (wartość *Cloud*) lub brama (wartość *Gateway*);
- *Source ID* – identyfikator źródłowy, generowany oparciu o unikalny identyfikator urządzenia sprzętowego UUID.

Rozszerzeniem wyzwalaczy jest możliwość ich obsługi na poziomie protokołów komunikacyjnych iBeacon i Eddystone, wykorzystywanych do transmisji pomiędzy urządzeniami Kontakt.io a zewnętrznymi aplikacjami. W tym celu na zakładce *Triggers* należy wybrać odpowiedni protokół obsługi (opcja *iBeacon* lub *Eddystone*) i uzupełnić wartości dla charakterystycznych jemu parametrów.

Drugą – równie użyteczną funkcjonalnie – zakładką jest *Actions*. Funkcje przez nią oferowane są powiązane z zakładką *Triggers* i już utworzonymi wyzwalaczami, względem których tworzone są akcje. Akcją w tym kontekście przyjmuje się określać działanie podejmowane przez urządzenie lub aplikację. Przykładem akcji może być wysłanie żądania dostępu do zasobu lub pobrania z niego określonej informacji (np. bieżącego statusu usługi z bazy danych).

Przyjmując założenie, iż w systemie zarejestrowane jest co najmniej jedno urządzenie, utworzenie akcji dla istniejącego już wyzwalacza można rozpocząć z zakładki *Actions*, klikając przycisk *Add in action*. Konfiguracja parametrów odbywa się w sekcji *Action properties* i *Context* przedstawionej na rysunku 9.

Action properties
NAME
Pobranie informacji z bazy po wykrzciu emitera Beacon Pro
TYPE
SEND HTTP REQUEST
Context
HTTP METHOD
GET
URL
http://www.serwertestowy.pl/baza.php

Rys. 9. Tworzenie akcji kontekstowej dla istniejącego wyzwalacza

Źródło: Zrzut ekranu zakładki *Actions* panelu administracyjnego Kontakt.io.

Konfiguracja akcji dla istniejącego wyzwalacza wymusza na użytkowniku konieczność jej parametryzacji, odnoszącej się do następujących własności:

- *Name* – poglądowej nazwa akcji kojarzonej z wyzwalaczem;
- *Type* – typu komunikatu wysyłanego podczas inicjacji akcji dla wyzwalacza;
- *HTTP method* – typu wykonywanej metody (np. *POST* lub *GET*) przy użyciu protokołu HTTP na obiekcie (np. wysłanie żądania lub pobranie informacji);
- *URL* – adresu lokalizacji, pod którym udostępniono usługę lub zasób danych (np. bazę danych na zewnętrznym serwerze); niektóre typy metody wymagają również zdefiniowania klucza (parametr *Key*) i wartości (parametr *Value*).

Funkcje skupione w zakładce *Triggers* bez wątpienia zostaną wykorzystane w infrastrukturach rozproszonych, skupiających dużą liczbę nadajników i bram dostępowych. W systemach rozległych funkcje pozwalające sprawnie zarządzać zachowaniem urządzeń postrzegane są przez administratorów jako niezwykle użyteczne i elastyczne w wykorzystaniu. Dzięki nim można stosunkowo łatwo określić reakcję bramy Gateway wykorzystywanej na terenie zakładu produkcyjnego, np. kiedy w jej zasięgu znajdzie się pracownik wyposażony w mobilną kartę lub nadajnik osobisty, informując o jego bieżącej lokalizacji kierownictwo. Innym przykładem potwierdzającym użyteczność rozpatrywanych funkcji jest np. zarejestrowanie w systemie logistycznym przesyłki z emiterym, co na ogół jest tożsame z wysłaniem przez bramę odpowiedniej informacji do bazy danych.

Sporo korzyści z tytułu funkcji udostępnianych przez zakładkę wyzwalaczy *Triggers* mogą uzyskać również twórcy oprogramowania, dla których informacje generowane przez wyzwalacze i akcje mogą stanowić źródło danych dla usług zorientowanych w chmurach obliczeniowych.

Podsumowanie

W niniejszym artykule udokumentowano pierwszy etap przeprowadzonych prac badawczych tematycznie związanych z Internetem Rzeczy, a którego celem poznawczym było przedstawienie charakterystyki wybranej platformy sprzętowo-programowej, która wspomaga realizację rozwiązań klasy Internetu Rzeczy.

Przeprowadzona analiza funkcjonalności oraz użyteczności wybranej platformy jednoznacznie wskazuje na to, iż analizowane rozwiązanie cechuje się szeroką funkcjonalnością, przemyślanym pośrednictwem użytkowym, a także otwartością na rozbudowę i integrację z innymi usługami. Warto podkreślić kluczową cechę platformy, jaką jest jej skalowalność, pozwalająca na praktycznie dowolną oraz elastyczną rozbudowę infrastruktury sieciowej. Takowa konieczność może wystąpić np. w sytuacji, w której do dochodzi zwiększonego zapotrzebowania na zasoby sprzętowe i programowe.

Analizowana platforma zostanie wykorzystana w realizacji kolejnego etapu prac badawczych, które będą wiązały się z implementacją autorskiego oprogramowania. Umożliwi to przetestowanie różnorodnych scenariuszy użycia rozwiązań klasy IoT. Wartościowym kierunkiem dalszych prac byłaby analiza porównawcza systemów wspomagających kreowanie rozwiązań segmentu Internet of Things, ze szczególnym uwzględnieniem odpowiednio zdefiniowanych kryteriów oraz odpowiednio dobranej metody analizy wielokryterialnej. Zasadnym byłoby także przeprowadzenie pogłębionej analizy literaturowej wraz z identyfikacją luk badawczych i ich późniejszym zaadresowaniem, co byłoby wartościowym uzupełnieniem rozważań techniczno-naukowych, dotychczas prowadzonych wyłącznie w obszarze wybranej platformy sprzętowo-programowej.

Literatura

- Atzori L., Iera A., Morabito G. (2010), *The Internet of Things: A Survey*, "Computer Networks", Vol. 54(15), s. 1-19.
- Botta A., De Donato W., Persico V., Pescapé A. (2016), *Integration of Cloud Computing and Internet of Things: A Survey*, "Future Generation Computer Systems", Vol. 56, s. 1-54.

- Clausing E., Schiefer M. (2016), *Internet of Things. Security evaluation of 7 Fitness Trackers on Android and the Apple Watch*, AV-Test Reports.
- Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. (2013), *Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions*, "Future Generation Computer Systems", Vol. 29(7), s. 1645-1660.
- Kapczyński A., Kasprowski P., Kuzniacki P. (2014), *User Authentication Based on Behavioral Patterns*, "International Journal of Computing", Vol. 6(1), s. 75-79.
- Nielsen J., Budiu R. (2013), *Funkcjonalność aplikacji mobilnych. Nowoczesne standardy UX i UI*, Helion, Gliwice.
- Poław D., Woźniak M. (2016), *Introduction to the Model of the Active Assistance System for Elder and Disabled People* [w:] *International Conference on Information and Software Technologies*, Springer International Publishing, s. 392-403.
- Sroczyński Z. (2017a), *Internet of Things Location Services with Multi-platform Mobile Applications* [w:] *Proceedings of the Computational Methods in Systems and Software*, Springer, Cham, s. 347-357.
- Sroczyński Z. (2017b), *Jakość interakcji człowiek-komputer czynnikiem decydującym o popularności aplikacji mobilnych*, „Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach”, nr 317, s. 106-117.
- Szpor G., red. (2015), *Internet rzeczy. Bezpieczeństwo w Smart City*, Wydawnictwo C.H.Beck, Warszawa.
- Weber R.H., Weber R. (2010), *Internet of Things. Legal Perspectives*, Vol. 12, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Wortmann F., Fluchter K. (2015), *Internet of Things. Technology and Value Added*, "Business & Information Systems Engineering", Vol. 57(3), s. 221-224.
- Yang J., Wang Z., Zhang X. (2015), *An iBeacon-based Indoor Positioning Systems for Hospitals*, "International Journal of Smart Home", Vol. 9(7), s. 161-168.
- Zafari F., Papapanagiotou I. (2015), *Enhancing iBeacon Based Microlocation with Particle Filtering*, Global Communications Conference (GLOBE-COM), IEEE.
- Zafari F., Papapanagiotou I., Christidis K. (2016), *Microlocation for Internet-of-Things-equipped Smart Buildings*, "IEEE Internet of Things Journal", Vol. 3(1), s. 96-112.
- [www 1] <https://www.iab.org.pl/wp-content/uploads/2015/09/Raport-Internet-Rzeczy-w-Polsce.pdf> (dostęp: 16.08.2018).
- [www 2] <https://store.kontakt.io/our-products/30-double-battery-beacon.html> (dostęp: 4.12.2017).
- [www 3] <https://store.kontakt.io/next-generation/32-beacon-pro.html> (dostęp: 5.12.2017).
- [www 4] <https://store.kontakt.io/next-generation/33-gateway.html> (dostęp: 10.12.2017).
- [www 5] <https://panel.kontakt.io> (dostęp: 28.07.2018).

ANALYSIS OF THE FUNCTIONALITY AND USABILITY OF THE PLATFORM SUPPORTING IMPLEMENTATION OF THE IoT SOLUTIONS

Summary: The main area of scientific interest of this article is connected with Internet of Things. This article is divided into two main parts. In the first part we present the state-of-the art related with Internet of Things. In the second part of the article, the Kontakt.io platform was characterized. The third part is devoted to functionality and usability analysis of the chosen platform supporting implementation of the IoT solutions.

Keywords: Internet of Things, functionality, usability.