



iBeacons – mobilne usługi lokalizacyjne

mgr inż. ROMAN CZAJKOWSKI, dr inż. WOJCIECH NOWAKOWSKI, prof. ndzw.

Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa

Co to są beacons? To po prostu małe radiolatarnie. Pomysł polega na tym, aby w różnych miejscach rozmieścić pobierające bardzo mało mocy niewielkie nadajniki cyfrowego sygnału radiowego z zakodowaną informacją, która może być odebrana przez znajdujące się w pobliżu urządzenia mobilne, np. smartfony. Może to działać w muzeum (informacje o eksponatach) lub w centrach handlowych (reklamy, promocje, wyprzedaże). Może to działać również tak, że nadany sygnał spowoduje otwarcie na urządzeniu mobilnym strony internetowej z większą, czy bardziej szczegółową informacją. Nowa przydatna technologia, czy efemeryda?



Rys. 1. Przykłady zastosowania beaconów Estimote. Źródło: Estimote Inc.

Fig. 1. Examples of the use Estimote beacons. Source: Estimote Inc.

Wearables, Nearables, iBeacons czyli Internet of Things w wersji lite

Nearables jest terminem stworzonym dla idei inteligentnych obiektów utworzonych z przedmiotów codziennego użytku, do których przyklejono małe, elektroniczne urządzenia cyfrowe. Urządzenia te mogą być wyposażone w różne czujniki

i działać jako nadajniki danych, zwykle z użyciem protokołu BLE [1]. Obiekty te mogą przekazywać drogą radiową mobilnym urządzeniom znajdującym się w pobliżu krótkie informacje o własnej lokalizacji, stanie i o tym, co znajduje się w ich otoczeniu.

Termin *nearables* został utworzony na podobieństwo słowa *wearables*, oznaczającym urządzenia elektroniczne doczepiane czy przyklejane do odzieży lub biżuterii. Termin ten został pierwotnie zaproponowany przez Mano ten Napela, propagatora i wizjonera wszelkich nowości technologicznych na jego blogu Novealthy. Mano ten Napel stworzył ten termin jako korzystniejszy od terminu Internet Rzeczy (ang. Internet of Things, IoT) lub Internet Wszechrzeczy (ang. Internet of Everywhere, IoE) [2, 3]. Oba te terminy dotyczą idei nadawania przedmiotom i urządzeniom osobowości internetowej tak, by mogły komunikować się cyfrowo z urządzeniami mobilnymi używanymi przez człowieka (jak np. smartfony, pablety, tablety, netbooki czy laptopy). Technologie takie w skali profesjonalnej rozwijane są przez wiele firm, z wiodącą w tej dziedzinie Cisco Systems.

Ten sam pomysł, ale z myślą o indywidualnych użytkownikach mobilnych technologii XXI wieku wykorzystała firma Apple Inc. publikując aplikację (usługę, innowację, standard?) *iBeacons* czyli, cyt. „nową klasę tanich nadajników małej mocy, które mogą przekazać pobliskim urządzeniom z iOS7 lub iOS8 informację o ich obecności”.

Beacon to po angielsku radiolatarnia, czyli radiostacja wysyłająca sygnał potrzebny w nawigacji morskiej czy powietrznej. Pomysł *iBeacons* polega na tym, by rozmieścić w różnych przestrzeniach publicznych (centra handlowe, terminale lotnicze, muzea, stadiony itp.) małe nadajniki generujące niewielkie pakiety danych cyfrowych (podobnie jak radiowe etykiety RFID), które odebrane przez dedykowaną aplikację w smartfonach czy pabletach spowodują ściągnięcie z mobilnego otoczenia internetowego bardziej obszernych danych tekstowo-graficznych, w postaci np. strony internetowej zawierającej informacje, na które ma zwrócić uwagę nadajnik. Jest to więc istotnie praktyczna implementacja idei **IoT**, działająca w równie specyficznej implementacji *fog computing* [2, 3].

Apple Inc. zaproponował przyjęcie do realizacji tego pomysłu niskoenergetyczną i odchudzoną wersję znanego standardu Bluetooth (są jeszcze inne standardy cyfrowej łączności radiowej bliskiego zasięgu jak NFC i WiFi Direct, [1]) o nazwie Bluetooth Low Energy (BLE, nazwa handlowa Blueto-



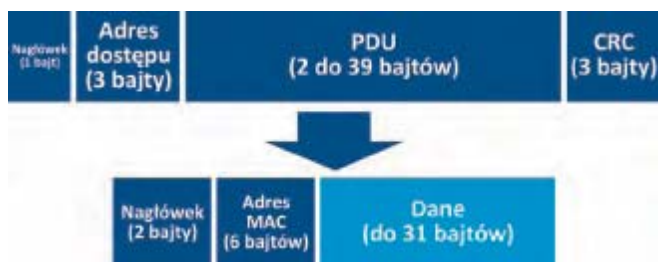
oth Smart) i dedykowaną aplikację zaszytą w systemie iOS. Jakkolwiek Apple Inc. jest najlepiej znaną marką wykorzystującą interfejs BLE, a także oferującą urządzenia *iBeacon*, to specjaliści sądzą, że firma ta raczej nie rozpocznie masowej produkcji tego sprzętu pod własną marką mimo, że technika ta ma przez najbliższe lata generować rocznie nawet pół miliarda dolarów.

Tym samym ewentualny rynek mobilnych usług lokalizacyjnych jaki stworzyła aplikacja *iBeacons* otworzył się dla wielu. Inicjatywa została natychmiast podjęta i jest rozwijana przez liczne firmy. Beacons stają się popularne w sklepach, restauracjach i wielu innych obiektach publicznych, zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych. Z niewielkim opóźnieniem firma Google Inc. uruchomiła podobną aplikację dostępną na Androidzie. Jednocześnie powstało wiele *start-upów* rozwijających sprzęt. W tym wyścigu o pieniądze zarabiane na nowoczesnych aplikacjach sieciowych mają nieźle miejsce także Polacy. Dwaj młodzi entuzjaści internetowego żywienia przedmiotów martwych Jakub Krzych i Łukasz Kostka już w 2012 roku założyli jeden *start-up* w dwóch oddziałach: *Estimote Polska Sp. z o.o* w Krakowie i *Estimote Inc.* w Nowym Jorku (obecnie także w San Francisco). Byli jednymi z pierwszych, przez co wyraźnie zaznaczyli swój udział w rynku [4, 5]. To właśnie ich firma jako pierwsza promuje nazwę *nearables* w akcjach reklamowych swoich nowych wyrobów [6]. Być może będzie to kolejna romantyczna historia polskiej informatyki, jakich było już kilka, jak np. XYZ czy K202 [7].

Jak to działa?

Beacons zawierają mikrosystemy cyfrowe z procesorem ARM M0 Cortex, z mikronadajnikiem sygnału radiowego w standardzie BLE i baterii litowej. Ogólnie sygnał BLE jest zbudowany następująco: 1 bajtu nagłówka, 4 bajtów adresu dostępu, 2–39 bajtów pakietu danych (ang. Protocol Data Unit, PDU) i 3 bajtów CRC

Urządzenia, które mają być wykrywane przesyłają te pakiety okresowo, przy czym okres może wynosić od 20 ms do 10 s. Im krótszy okres, tym krótszy czas pracy baterii, ale urządzenie może być wykryte z większym prawdopodobieństwem. Pakiety BLE mogą mieć co najwyżej 47 bajtów dłu-



Rys. 2. Pakiet BLE. Fig. 2. BLE package

gości. Dla reklamowych kanałów komunikacji adres dostępu jest zawsze 0x8E89BED6. Dla kanałów transmisji danych, adres jest inny dla każdego połączenia. PDU z kolei ma swój własny nagłówek (2 bajty). Kolejne 6 bajtów pola danych to adres MAC urządzenia i właściwa informacja do 31 bajtów).

Urządzenia BLE mogą działać tylko jednostronnie, przysyłając wszystkie informacje w omówionym pakiecie, ale mogą także nawiązywać połączenia dwustronne.

Beacons wykorzystują tylko kanał reklamowy. Wysyłają w regularnych odstępach czasu dane, które mogą być odbierane przez urządzenia mobilne, np. smartfony. Usługa *iBeacons* jest więc po prostu specyficznym wykorzystaniem pakietów reklamowych BLE, z pewnym dodatkowym wsparciem systemu operacyjnego iOS.



Rys. 3. Dane w pakiecie BLE. Fig. 3. Data in the BLE package

Oto przykład pakietu pochodzący z beaconnu Estimote:

```
02 01 06 1A FF 4C 00 02 15 30 B9 40 7F 46 6E F5 F8 F9 25
55 AF 57 FE 6D 6B 00 49 00 0A C5
```

Komunikat ten można zinterpretować następująco:

02 01 06 1A FF 4C 00 02 15 iBeacon prefix (stały)

B9 40 7F 30 46 6E F5 F8 F9 25 55 AF 57 FE 6D 6B beaconn (ang. Proximity UUID) – w tym przypadku Estimote

00 49 Major Number, do identyfikacji grupy iBeaconów

00 0A: Minor Number, do identyfikacji beaconnu w grupie

C5 dopełnienie do 2 zmierzonej mocy TX (tu 256-197 = -59 dBm)

Interpretacja formatu

Zbliżeniowy identyfikator UUID (B9... 6B) to identyfikator, który odróżnia sygnał danego beaconnu od innych. Jeśli np. beacons są wykorzystywane do przedstawienia ofert specjalnych jednej sieci sklepów, wszystkie beacons tej sieci będą miały taki sam zbliżeniowy UUID.

Major Number (2 bajty, tutaj 0049, czyli 73) określa grupę beaconnu. Wszystkie sygnały beaconnu w jednym sklepie mają tę samą liczbę.



Minor Number (2 bajty, tutaj: 000A, czyli 10) służy do identyfikacji poszczególnych beaconów. Dzięki temu klient wie gdzie jest dokładnie.

Wskaźnik mocy TX służy do określenia, jak blisko jest np. smartfon od beacona. Podawana informacja może być natychmiastowa i przybliżona (blisko/daleko/poza zakresem) lub bardziej precyzyjna, po przeliczeniu na metry lub stopy. Wskaźnik mocy TX (dopełnienie do 2 C5, czyli 197, odejmując od 256 197 otrzymujemy 59 co oznacza, że moc sygnału mierzonego w odległości 1 m od urządzenia wynosi -59 dBm (decybeli mocy). Ponieważ wraz z odbieranym sygnałem otrzymujemy wskaźnik mocy sygnału radiowego RSSI (ang. Received Signal Strength Indication) to znając RSSI w odległości 1 m można obliczyć dokładną odległości. System iOS ma tę procedurę wbudowaną. Oczywiście przeszkody, takie jak meble czy ludzie mogą sygnał osłabić, więc pomiar odległości może być obarczony błędem.

Ogromną zaletą Beaconów jest możliwość zarządzania zasięgiem nadawania. Dzięki dynamicznej konfiguracji mocy nadajnika można zaprogramować sieć beaconów, że jeden, przy wejściu, będzie miał zasięg 60 metrów, natomiast drugi, przy konkretnym towarze będzie miał zasięg 1 metra. Przy właściwej konfiguracji beacon może działać na jednej baterii nawet przez 2 lata.

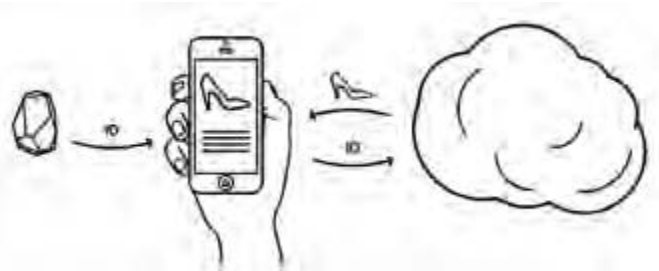
Unikatowy identyfikator uniwersalny (ang. Universally Unique Identifier, UUID) to niepowtarzalny ciąg znaków generowany za pomocą znanej m.in. z kryptografii funkcji skrótu (hash). Intencją wprowadzenia UUID było umożliwienie identyfikacji informacji w systemach rozproszonych bez znaczącej koordynacji centralnej. W tym kontekście słowo *unikalny* należy w tym przypadku rozumieć jako „prawie niepowtarzalny”, a nie „niepowtarzalny”, ponieważ przy skończonej długości ciągu znaków możliwe jest, że dwa różne elementy systemu mają ten sam identyfikator (kolizja *hash*).

Konstrukcja beacona (na przykładzie firmy Estimote.com)



Rys. 4. Budowa beacona Estimote. Źródło: Estimote Inc.
Fig. 4. Construction of Estimote beacons. Source: Estimote Inc.

Technicznie rzecz biorąc beacon Estimote jest bardzo małym komputerem. Ma silny 32-bitowy procesor ARM Cortex M0 z 256kB pamięci flash, akcelerometr, czujnik temperatury i co najważniejsze – dwukierunkowe niskoenergetyczne inteligentne łącze radiowe Bluetooth niskiej energii (BLE, Bluetooth Smart. Łącze to jest w nowoczesnych smartfonach, a także w takich inteligentnych urządzeniach jak Google Glass, Fitbit i zegarkach Smartwatch.



Rys. 5. Inicjowana transmisja danych z chmury. Źródło: Estimote Inc.

Fig. 5. Initiated data transmission from cloud. Source: Estimote Inc.

Smartfon może odebrać sygnał z więcej niż jednego beacona w tym samym czasie, gdyż, jak już wspomniano, każdy nadaje własny identyfikator. Jeśli jest ich trzy lub więcej telefon może obliczyć odległość od każdego nadajnika i oszacować położenie odbiornika, jak niegdyś marynarze na morzu. Aplikację tę można zapisać w systemie operacyjnym (zarówno iOS i Android), aby stale odbierała sygnały. Jeśli telefon jest w zasięgu beacona odbiera jedno powiadomienie nawet jeśli aplikacja ta nie jest uruchomiona.

Powrót do Nearables czyli Internetu Rzeczy

Twórcy beaconów *Estimote* w 2014 roku stworzyli kolejny rodzaj sensorów. To niewielkie sensory *Estimote Stickers*, które można nakleić na praktycznie każdy obiekt, nadając mu lo-



Rys. 6. Nearables, czyli stickery Estimotes. Źródło: Estimote Inc.
Fig. 6. Nearables. Estimote Stickers. Source: Estimote Inc.



kalizację, dane dotyczące ruchu i np. temperaturę. Można np. zarejestrować drogę i parametry jazdy rowerem przyklejając mały czujnik do kierownicy albo ramy rowerowej. Sensor przyklejony do doniczki może przypominać o podlewaniu. Sklepy mogą wykorzystywać *Estimote Stickers* do otagowania swoich towarów.

Beacony to produkt dla lokali. *Sticker* to produkt dla rzeczy, czyli dla obiektów fizycznych. Poprzez ich naklejenie rzecz staje się inteligentna i wykrywalna. *Estimote Sticker* to naklejka, wewnątrz której jest mała płytką nadajnikiem sygnału BLE do 50 metrów, domyślnie do około 10 metrów. Naklejki mają również czujnik przyspieszenia i temperatury. Naklejki są odporne warunki zewnętrzne, choć np. silny deszcz może zmienić siłę sygnału, a krańcowo niskie temperatury mogą zmniejszyć żywotność baterii.

Aplikacja *Estimote Stickers* może być rozwijana za pomocą istniejącego już oprogramowania *Estimote iOS SDK* (ang. Software Development Kit). Podstawowa różnica między beaconem a stickerem polega na tym, że zamiast UUID i liczb Major oraz Minor definiuje się rodzaj naklejki. *Estimote Stickers* przekazują następujące dane:

- Rodzaj naklejki (na przykład lodówka, pies, komputer itd.)
- ID naklejki (wartość liczbową)
- orientacja w przestrzeni
- ruch we współrzędnych x, y, z
- temperatura
- moc sygnału (wykorzystywana do obliczania odległości)
- poziom naładowania baterii, i
- wersja oprogramowania

Zakończenie

Wbrew pozorom handel detaliczny może w rozpowszechnianiu Apple *iBeacon* grać relatywnie niewielką rolę, głównie z tego względu, że technologia ta znajduje coraz więcej innych zastosowań. Dużym znaczenie ma zwłaszcza możliwość oznaczania (tagowania) dowolnych przedmiotów, które dzięki temu niej można łatwo lokalizować. Ma to zastosowanie nie tylko w firmach, fabrykach, ale także służbie zdrowia. Dzięki niej każdy sprzęt można w dowolnym momencie odnaleźć i stwierdzić jego dostępność w danym czasie.

Inne możliwości wykorzystywania beaconów są dostępne już dziś, ale na przeszkodzie stoi mentalność i przyzwyczajenia ludzi. Na przykład beacony rozmieszczone w każdym domu mogłyby skutecznie lokalizować np. dzieci czy zwierzęta. Technika ta może też w przyszłość utrudnić kradzieże, bo "otagowany" produkt będzie można łatwo zlokalizować. Już sama próba wyniesienia go poza wyznaczony obszar może skończyć się interwencją ochrony. Trudno wyobrazić sobie tagowanie bułek, ale niewielkiego sprzętu AGD, RTV czy komputerowego już tak.

Potencjał nowych zastosowań tej techniki wcale nie musi przyćmiewać tego, co dziś można z nią robić w handlu detalicznym lub różnego rodzaju instytucjach. Będą także i kłopoty.

W połowie ubiegłego roku firma zajmująca się reklamą zewnętrzną zainstalowała za zgodą właściwych urzędów 500 beaconów w budkach telefonicznych Manhattanu. Natychmiast pojawiły się protesty, że urzędnicy te będą nie tylko wysyłały reklamy do przechodniów, ale także gromadziły informacje na temat zachowań czy lokalizacji użytkowników. Jakkolwiek tym podejrzaniom zaprzeczyła natychmiast firma instalacyjna oraz producent urządzeń, władze miasta nie dały wiary tym zapewnieniom. Już kilka godzin po nagłośnieniu w internecie informacji o zamontowaniu *beaconów* burmistrz Nowego Jorku polecił je usunąć jako zagrożenie dla prywatności mieszkańców miasta.

Literatura

- [1] R. Czajkowski, W. Nowakowski: Technologie komunikacji cyfrowej bliskiego zasięgu, *Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania* nr 2/2015.
- [2] W. Nowakowski: Z małej chmury duża mgła (obliczeniowa), *IT w administracji*, nr 3/2015, Presscom, ISSN 1898-3227.
- [3] <http://itwadministracji.pl/numery/marzec-2015/z-malej-chmury-duza-mgla-obliczeniowa.html>
- [4] <http://estimote.com>
- [5] <http://mamstartup.pl/aktualnosci/4686/polskie-wspolczesne-wynalazki-estimote-beacons>
- [6] Etherington D.: Estimote Wants To Pioneer „Nearables” With New Stickers Beacon Hardware, <http://techcrunch.com>. TechCrunch. Retrieved 29 August 2014.
- [7] http://www.imm.org.pl/imm/plik/inne-histkomp50_nn113.pdf.