POLITECHNIKA ŁÓDZKA

Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki

Instytut Automatyki

**PRACA DYPLOMOWA MAGISTERSKA**

Projekt i realizacja systemu Internet Rzeczy w oparciu o chmurę obliczeniową

(Design and implementation of Internet of Things System bases on computing cloud usage)

Marcin Jahn

214331

Opiekun pracy:

dr inż. Jarosław Kacerka

Łódź, Lipiec 2018

Spis treści

[1 Wstęp 2](#_Toc520130780)

[1.1 Cel i zakres pracy 3](#_Toc520130781)

[1.2 Przegląd rozwiązań obecnych na rynku 5](#_Toc520130782)

[1.2.1 IFTTT 5](#_Toc520130783)

[1.2.2 Microsoft Flow 6](#_Toc520130784)

[1.2.3 Ubidots 6](#_Toc520130785)

[2 Bibliografia 8](#_Toc520130786)

# Wstęp

Internet Rzeczy (ang. *IoT – Internet of Things*) to termin, który w ostatnich latach zyskał wielką popularność - słyszał o nim niemal każdy. Nawet osoby niezwiązane profesjonalnie z technologią kojarzą go i są w stanie mniej więcej wyjaśnić na czym polega. Wynika to z faktu, że dziedzina Internetu Reczy cieszy się obecnie ogromnym zainteresowaniem - zarówno ze strony producentów sprzętu elektronicznego, jak i jego nabywców. Powodem tego trendu jest fakt, że idea Internetu Rzeczy okazuje się być przydatna w ogromnej ilości zastosowań. Obecnie implementacje IoT znaleźć można w szerokiej gamie produktów konsumenckich oraz w zastosowaniach profesjonalnych, w przemyśle. WSTAWIĆ INFO O JAKICHŚ BADANIACH. Mimo popularności samego terminu, warto w niniejszej pracy, która traktuje przecież o budowie systemu IoT, przedstawić definicję Internetu Rzeczy. Powinno to stanowić pewnego rodzaju fundament, na podstawie którego wyjaśniane będą założenia i funkcjonalność opisywanego projektu.

Okazuje się, że nie jest łatwo przedstawić definicję, która w pełni opisywałaby zagadnienie. Jako dowód tego niech posłuży 86-stronicowy dokument przygotowany przez IEEE (ang. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) [1]. Publikacja ta została stworzona jako próba przedstawienia czym jest IoT, z różnych punktów widzenia. Spośród setek definicji, które zawiera, wybrane zostały dwie, które w moim odczuciu trafnie i wystarczająco opisują temat:

The Internet of Things (IoT) consists of things that are connected to the Internet, anytime, anywhere. In its most technical sense, it consists of integrating sensors and devices into everyday objects that are connected to the Internet over fixed and wireless networks. The fact that the Internet is present at the same time everywhere makes mass adoption of this technology more feasible. Given their size and cost, the sensors can easily be integrated into homes, workplaces and public places. In this way, any object can be connected and can ‘manifest itself’ over the Internet. Furthermore, in the IoT, any object can be a data source. This is beginning to transform the way we do business, the running of the public sector and the day-to-day life of millions of people. [2]

The Internet of Things refers to the unique identification and ‘Internetization’ of everyday objects. This allows for human interaction and control of these ‘things’ from anywhere in the world, as well as device-to-device interaction without the need for human involvement. [3]

Ostatecznie więc, na podstawie przedstawionych cytatów, można wyróżnić kilka punktów, które charakteryzują system Internetu Rzeczy:

* obecność „rzeczy” (urządzeń, sensorów, itd.), które mają stałe połączenie z Internetem;
* łatwość obsługi oraz dostępność elementów składających się na system;
* każda końcówka systemu stanowi źródło danych;
* sterowanie urządzeń przez Internet, bez bezpośredniego kontaktu człowieka;
* możliwość komunikacji między urządzeniami.

W związku z tym, że IoT może być definiowane na tak wiele sposobów, nie dziwi różnorodność oferowanych rozwiązań, które z tej idei korzystają. Jednocześnie jednak można zwrócić uwagę na fakt, że sama etykieta ‘IoT’ niewiele mówi nam o tym jakie dodatkowe funkcjonalności oferuje dany produkt. Czy chodzi o wysyłanie danych telemetrycznych? Czy może dane urządzenie potrafi komunikować się z innymi urządzeniami? A może jeszcze coś innego? Internet Rzeczy może reprezentować szeroki wachlarz rzeczywistych możliwości danego urządzenia i sam opisywany termin jest zbyt ogólny by był wystarczający do opisu konkretnego produktu czy usługi. W związku z powyższym, kolejny podrozdział ma na celu wyjaśnienie czym właściwie ma być rezultat niniejszej pracy magisterskiej.

## Cel i zakres pracy

Celem pracy jest zaprojektowanie oraz praktyczna realizacja architektury systemu Internet of Things (IoT) bazującego na wykorzystaniu chmury obliczeniowej. System ma umożliwić tworzenie wirtualnych połączeń pomiędzy urządzeniami sterującymi oraz wykonawczymi. Każde z urządzeń zostanie stworzone w oparciu o mikrokontroler wyposażony w łączność wi-fi, w celu komunikacji obustronnej z częścią systemu znajdującą się w chmurze. System powinien pozwolić na dostęp wielu użytkowników, gdzie każdy ma swoją własną pulę urządzeń oraz zestaw reguł z nimi związanych. Konfiguracja urządzeń powinna odbywać się poprzez dedykowaną dla rozwiązania aplikację, dostępną z poziomu smartfona/tabletu bądź komputera.

Powyższy akapit to opis pracy przedstawiony przy zgłaszaniu tematu dla Komisji. Wymaga on jednak pewnego rozszerzenia.

Budowany system (dalej często nazywany „platformą”) ma bazować na wykorzystaniu chmury obliczeniowej. Oznacza to, że główna funkcjonalność i logika projektu ma być umieszczona „w chmurze”, czyli na zewnętrznych serwerach, których utrzymaniem i ciągłością działania zajmuje się dostawca usług chmurowych. Zadaniami części chmurowej są:

* zapis danych, które przesyłane są z urządzeń podłączonych do Internetu;
* pośredniczenie w komunikacji między urządzeniami.

Drugi z wymienionych punktów jest rezultatem wymagania, aby końcówki systemu miały możliwość przesyłania między sobą informacji. Każde z urządzeń powinno posiadać pewien określony zbiór właściwości. Właściwości te, to konkretne cechy urządzenia opisujące jego stan. Istotą systemu jest możliwość łączenia poszczególnych właściwości różnych urządzeń, aby wpływały na siebie. Określenie tychże właściwości to część procesu modelowania urządzeń, czyli zbudowania listy wymagań na temat tego, jakie cechy powinny charakteryzować dany typ urządzenia. Więcej na temat modelowania można przeczytać w rozdziale „Modelowanie urządzeń” na stronie xx. Generalnie idea polega na tym, aby użytkownik miał możliwość tworzenia połączeń między wybranymi urządzeniami – w taki sposób, że jedno staje się sterownikiem, a inne aktuatorem. Ważną kwestią jest fakt, że połączenia takie powinny być możliwe do określenia w relacji wiele-do-wielu, to znaczy dowolna ilość urządzeń może sterować dowolną ilością innych urządzeń.

Opis przedstawiony na początku informuje, że każde z urządzeń powinno być oparte o mikrokontroler (wyposażony w łączoność wi-fi). Jednak w trakcie realizacji projektu, pomysł ten został rozszerzony – jako urządzenie rozumiany jest dowolny „element” będący w stanie podłączyć się do platformy. Może to więc być nie tylko mikrokontroler, ale także np. aplikacja komputerowa, która z wykorzystaniem pewnych bibliotek programistycznych może uzyskać dostęp do systemu. W pracy przyjęta została nomenklatura, według której każda „rzecz” podłączona do systemu jest urządzeniem – niezależnie od tego czy jest to fizyczny mikrokontroler, czy program komputerowy.

Użytkownicy systemu powinni mieć możliwość dokonywania jego konfiguracji – dotyczy to głównie definiowania połączeń między własnymi urządzeniami. W tym celu należało stworzyć aplikacje dostępowe, za pośrednictwem których użytkownik mógłby się zalogować z dowolnej platformy (PC (Windows/Linux), Mac, iOS, Android). Lepszym w utrzymaniu rozwiązaniem byłoby jednak utworzenie jednej aplikacji, która byłaby dostępna niezależnie od platformy jaką posiada użytkownik. Taka realizacja była możliwa dzięki obecności uniwersalnych i responsywnych technologii webowych.

Poszczególne części, które ogólnikowo zostały przedstawione w poszczególnych akapitach powyżej, zostaną znacznie bardziej szczegółowo opisane w następnych rozdziałach. Autor pracy traktował jej realizację jako okazję do poznania nowych narzędzi i zagadnień, w związku z czym starał się przedstawić proces tworzenia projektu z uwzględnieniem poczynionych obserwacji na ten temat.

Ze względu na fakt, że owocem pracy jest pewien produkt/usługa, należało go jakoś nazwać. W dalszej części pracy pojawiać się więc będzie określenie *MJIoT*, które autor wybrał jako wspomnianą nazwę. Pochodzi ono od inicjałów autora (MJ) oraz członu IoT.

## Przegląd rozwiązań obecnych na rynku

Zanim przejdę do opisu własnej implementacji systemu Internetu Rzeczy, warto poświęcić chwilę na zapoznanie się z rozwiązaniami, które są obecnie dostępne.

### IFTTT



Rysunek . Logo usługi IFTTT

IFTTT (If This Then That) to platforma, która powstała w 2011 roku. Jej funkcjonalność polega na tworzeniu połączeń między wybranymi usługami przy wystąpieniu określonych warunków. Przykładowo, można zdefiniować połączenie między serwisem pogodowym a usługą mailową, w taki sposób, aby zawsze w przeddzień deszczowej pogody, użytkownik był o niej informowany. Siła rozwiązania polega na tym, że w tworzenie poszczególnych, dostępnych użytkownikowi, serwisów, zaangażowały się liczne firmy. Przykładem jest Google, które udostępnia usługi związane, między innymi, z Google Assisstant czy YouTube.

Jakiś czas temu, po zdobyciu popularności, do listy dostępnych serwisów dołączone zostały urządzenia (m. in. żarówki, przyciski). Pozwoliło to IFTTT stać się w wielu przypadkach rozwiązaniem z kategorii Smart Home, czyli automatyki domowej.

Omówione rozwiązanie było jedną z głównych inspiracji mojego projektu. Idea łączenia różnych usług/przedmiotów ze sobą, według upodobania użytkownika, jest bardzo ciekawym pomysłem. Pewnym minusem platformy jest jednak fakt, że jest to rozwiązanie zamknięte – użytkownik ma dostęp jedynie do serwisów i akcji, które przeszły proces certyfikacji IFTTT i zostały udostępnione globalnie. Tworzenie własnych urządzeń nie jest możliwe, zamiast tego należy kupić gotowe, dosyć drogie komponenty przygotowane przez firmy trzecie.

IFTTT jest niewątpliwie rozwiązaniem innowacyjnym i ciekawym. Jest to usługa komercyjna, która oferuje gotowe rozwiązania, bez możliwości tworzenia własnych komponentów systemu.

### Microsoft Flow



Rysunek . Logo usługi Microsoft Flow

Powstały w 2016 roku serwis Flow jest niewątpliwie odpowiedzią firmy Microsoft na przedstawiony wcześniej IFTTT. Zasada działania projektu jest praktycznie ta sama, jednak dostępność usług, które można ze sobą łączyć jest, w porównaniu do IFTTT, dosyć niewielka. Microsoft Flow został umieszczony w niniejszym zestawieniu, aby pokazać, że koncepcja łączenia ze sobą różnych serwisów/produktów jest tematem, którym interesują się obecnie największe korporacje świata technologii.

Szukając informacji na temat podobnych rozwiązań okazuje się, że, oprócz opisanych, dostępnych jest wiele mniejszych rozwiązań, które bazują na tym samym schemacie.

### Ubidots



Rysunek . Logo platformy Ubidots

Kolejna z omawianych usług to, w przeciwieństwie do poprzednich, rozwiązanie kierowane głównie do przemysłu. System ten umożliwia kolekcję oraz wizualizację danych. Wyróżnia się mnogością dostępnych bibliotek programistycznych oraz łatwością dostosowania rozwiązania do swojej marki. Oprócz tego istnieje możliwość ustawienia powiadomień (mail, sms, itp.) w reakcji na określone zdarzenia.

Ważną kwestią w przypadku tego systemu jest jego cena. W przypadku potrzeby podłączenia do 60 urządzeń, koszt wynosi $99 miesięcznie – jest to usługa oferowana na zasadzie subskrypcji. Cena rośnie wraz z ilością urządzeń, które posiada klient.

Dwie pierwsze z przedstawionych ofert są bardzo podobne. Różnią się jednak znacznie od rozwiązania trzeciego (Ubidots), które skupia się na zbieraniu danych z podłączonych urządzeń i wizualizacji ich. Udowadnia to jedynie, że świat IoT jest bogaty w różne spojrzenia na to, czym tak naprawdę Internet Rzeczy jest. Wybrane rozwiązania nie zostały zaprezentowane przypadkowo. Projekt będący owocem niniejszej pracy stanowi próbę połączenia obu z przedstawionych scenariuszy:

* łączenie z sobą różnych „rzeczy”;
* gromadzenie danych z każdej z „rzeczy” i ich wizualizację.

# Usługi chmurowe

Istotnym jest by przybliżyć czytelnikowi czym są usługi chmurowe. Stanowią one dużą część projektu MJIoT, zostały zresztą wspomniane w samym tytule pracy.

Chcąc omówić temat tego podrozdziału, najlepiej chyba odwołać się do definicji zagadnienia sformułowanej przez jednego z największych graczy na tym rynku – firmę Amazon:

Cloud computing is the on-demand delivery of compute power, database storage, applications, and other IT resources through a cloud services platform via the internet with pay-as-you-go pricing [4]

## Dostępne serwisy

Usługi chmurowe można więc najprościej określić jako zasoby informatyczne do wynajęcia. Zasoby te udostępniane są jako konkretne serwisy, najpopularniejsze z nich to np.:

* maszyny wirtualne,
* serwery baz danych bądź inne opcje przechowywania danych,
* pakiety biurowe,
* systemy wizualizacji danych

Nie sposób wymienić wszystkich możliwych serwisów, gdyż każdy dostawca tego rodzaju rozwiązań stara się zaproponować coś, czego nie posiada konkurencja (bądź coś co byłoby lepsze). Obecnie mamy do czynienia z sytuacją, gdzie na rozwój chmur przeznaczane są ogromne inwestycje i w niedługich odstępach czasu pojawiają się kolejne nowości. Wystarczy np. śledzić wiadomości w kanale informacyjnym firmy Microsoft, by dowiedzieć się, że mniej więcej co kilka tygodni oferta platformy Azure (usługi chmurowej w ofercie Microsoftu) wzbogacana jest o nowe funkcjonalności.

Istotną cechą usług chmurowych jest metoda naliczania opłat. Zazwyczaj dostępne są dwie opcje:

* stała subskrypcja na określoną kwotę pieniężną, której nie można przekroczyć,
* tzw. Pay-As-You-Go, czyli płatność kwoty zgodnej z rzeczywistym użyciem.

Zaletami stosowania modelu chmurowego w stosunku do wcześniejszych są przede wszystkim:

* przeniesienie odpowiedzialności za utrzymanie infrastruktury na inny podmiot,
* możliwość większego skupienia się na budowie właściwego rozwiązania,
* łatwość skalowania rozwiązania w przypadku zmiany potrzeb na zasoby,
* dostępność ogromnej ilości serwisów w jednym miejscu – często z możliwością łatwej komunikacji między nimi.

Uważam, że ostatni punkt jest bardzo ważny. Dostawcy usług chmurowych, ze względu na silną konkurencję, starają się oferować swoje usługi w sposób, który jest jak najłatwiejszy do wykorzystania przez klienta. Oznacza to m. in. łatwość konfiguracji, która przekłada się bezpośrednio na mniejszy czas na nią poświęcony. Czas ten można przeznaczyć na dodatkowy rozwój własnego rozwiązania, co może przełożyć się na jego lepszą jakość czy konkurencyjność. Obecnie w informatyce mamy do czynienia z ogromną popularnością architektury mikro-serwisów, które idealnie wpisują się w warunki oferowane przez dostawców usług chmurowych. Izolacja poszczególnych komponentów aplikacji możliwa jest poprzez oddelegowanie oddzielnych zasobów/serwisów do obsługi konkretnego elementu. Połączenie tychże komponentów ze sobą jest znacznie ułatwione, jeśli znajdują się one na tej samej platformie. Często takie połączenia wymagają jedynie wybrania z listy konkretnych usług, które mają się komunikować – odpowiedzialność za zapewnienie poprawnej współpracy między nimi leży więc w dużej części po stronie dostawcy usługi, ponownie zwalniając konkretnego jej klienta z części obowiązków.

## Dostawcy usług chmurowych

Oferowanie usług chmurowych wiąże się z ogromnymi inwestycjami. W związku z tym nie dziwi, że najwięksi gracze w tej dziedzinie to firmy, które istniały często na długo zanim nastąpiła „rewolucja” chmurowa. Magazyn Forbes wylistował ich wg przychodów (dane za ostatni kwartał 2017 roku) [5]:

1. IBM Watson ($5,5B)
2. Microsoft Azure ($5,3B)
3. Amazon AWS ($5,1B)
4. Salesforce IoT Cloud ($2,68B)
5. Oracle IoT ($1,5B)
6. SAP IoT ($1,24B)
7. Google Cloud ($1B)

Warto zastanowić się, czym wyróżniają się poszczególni dostawcy, aby być w stanie podjąć decyzję nt. platformy, o którą oparty zostanie projekt.

### IBM Watson

Oferta korporacji IBM wyróżnia się przede wszystkim dużym naciskiem na uczenie maszynowe. Jest więc ona przeznaczona do rozwiązań, które mają bazować na „inteligentnym” operowaniu na danych wejściowych. Przykładowe wykorzystanie to m. in.:

* chatboty potrafiące przeprowadzić naturalną rozmowę z człowiekiem,
* analiza różnego rodzaju danych

IBM Watson został przeze mnie odrzucony we wczesnym etapie planowania projektu ze względu na inny sposób rozumienia Internetu Rzeczy. Wizja IBM skupia się przede wszystkim na analizie danych z wykorzystaniem zaawansowanego uczenia maszynowego, co nie jest częścią mojego projektu. Ogromne zyski firmy IBM wskazują jednak, że przyjęli oni słuszny kurs rozwoju swojej platformy, prawidłowo odczytując zapotrzebowanie rynku.

### Microsoft Azure

Firma Microsoft znana jest z wielu inicjatyw związanych z informatyką, nie mogło zabraknąć jej również w tym zestawieniu. Platforma Microsoft Azure jest obecnie źródłem największego dochodu firmy i stanowi cel jej największych inwestycji. Spośród zalet tego usługodawcy można podkreślić:

* Ogromną ilość oferowanych usług, w tym IoT Hub,
* Gwarantowana dostępność na poziomie ok. 99,9% [6],
* Dostępność interfejsów programistycznych dla wielu środowisk/języków, przede wszystkim: .NET, Python, Java, NodeJs,
* Możliwość korzystania z platformy z opcją płatności Pay-As-You-Go.

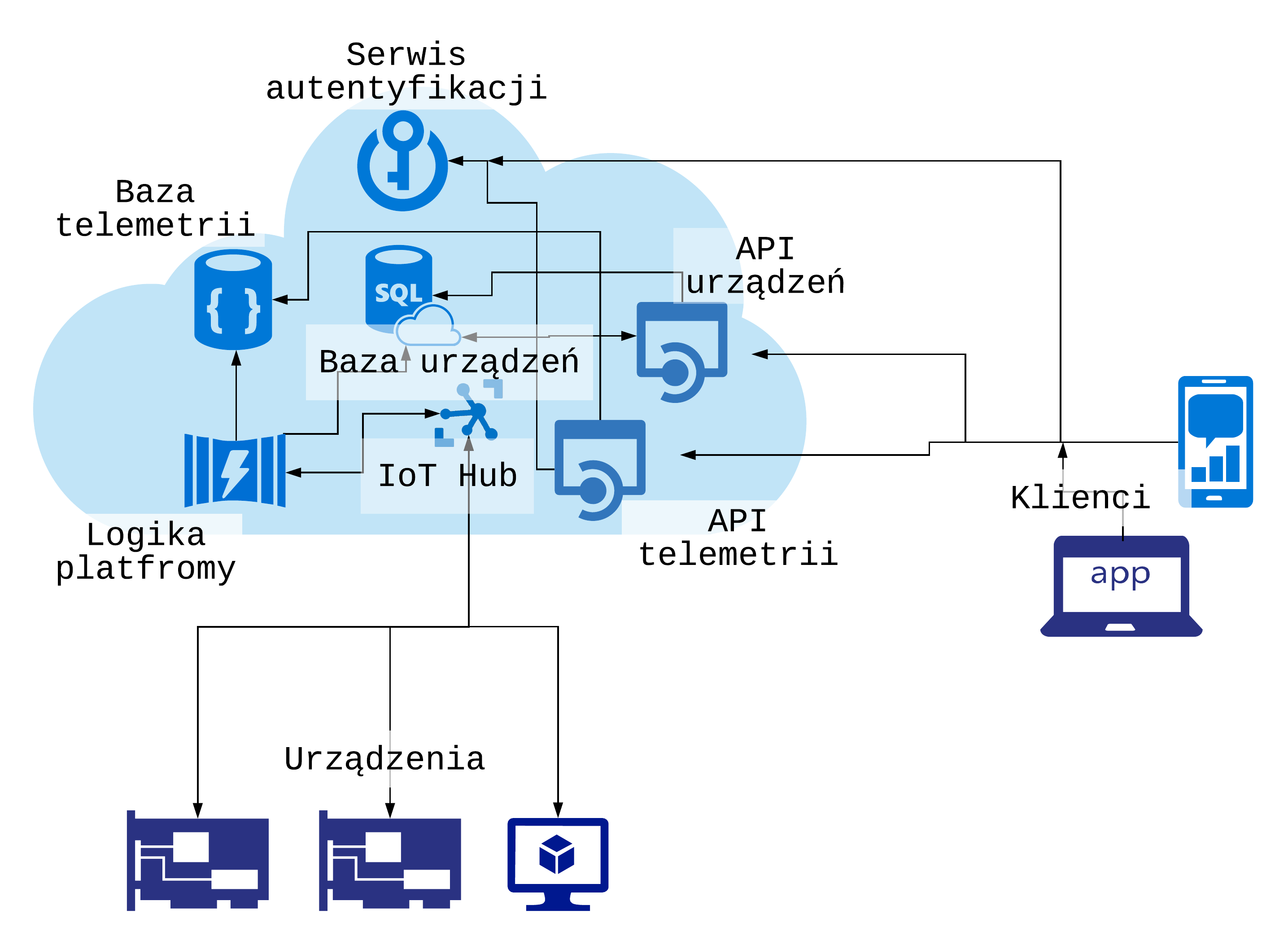
W przeciwieństwie do oferty IBM, propozycja Microsoftu zawiera niezbędne komponenty do realizacji projektu MJIoT. Ważną dla mnie kwestią jest dostępność usług związanych z IoT (IoT Hub, który omówiony zostanie w dalszej części pracy) oraz dobre wsparcie dla programistów w postaci pakietów SDK (ang. *Software Develpment Kit*) oraz dokumentacji.

### Amazon AWS

# Ogólne przedstawienie projektu

Wiedząc czym jest Internet Rzeczy oraz usługi chmurowe i jakie możliwości oferują, możemy przejść do właściwego opisu projektu, którem poświęcona jest niniejsza praca. W niniejszym rozdziale zaprezentowana zostanie lista komponentów z jakich składa się system, wraz ze schematem, który prezentuje architekturę całej platformy.

## Schemat platformy



Rysunek . Schemat platformy MJIoT

Powyższy schemat jest uproszczonym, ogólnym spojrzeniem na platformę. Każdy z przedstawionych komponentów jest podpisany. Strzałki odchodzące od poszczególnych elementów wskazują komponenty, z których dany element korzysta w celu wykonania swojej funkcji. Wspomniane uproszczenie schematu wynika z faktu, że każdy ze zilustrowanych komponentów można podzielić na mniejsze części, których prezentacja na obecnym etapie nie ma sensu, ponieważ niniejszy rozdział stanowi ogólne przedstawienie tychże komponentów.

## Komponenty umieszczone w chmurze

Powyższy schemat prezentuje komponenty z jakich składa się platforma MJIoT. W lewej-górnej części widoczny jest „rdzeń” platformy, czyli część chmurowa, która zawiera kluczowe komponenty, bez których całość nie miałaby możliwości działać.

# Bibliografia

[1] <https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf>

[2] “The Internet of Things: In a Connected World of Smart Objects” (Accenture & Bankinter Foundation of Innovation, 2011)

[3] HP Security, Miessler, 2014

[4] <https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing/>

[5] <https://www.forbes.com/sites/bobevans1/2018/04/09/microsoft-amazon-and-ibm-which-cloud-powerhouse-will-top-q1-revenue-charts/#2872148814dc>

[6] https://azure.microsoft.com/en-us/support/legal/sla/summary/