

Metoda rejestracji i wizualizacji ruchu urządzenia mobilnego

Maciej Kulig*, Jakub Smółka

Politechnika Lubelska, Instytut Informatyki, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Polska

Streszczenie: Artykuł przedstawia możliwość wykorzystania urządzeń mobilnych do rejestracji i wizualizacji ruchu. Przeprowadzone badania dotyczą urządzeń z systemem Android. Na potrzeby badań została napisana aplikacja, która umożliwia odczyt danych z sensora przyspieszenia oraz magnetometru w trzech osiach X, Y i Z. Badania zostały dokonane na dwóch urządzeniach o podobnych parametrach. Wybrane wyniki zostały przedstawione w postaci tabel.

Słowa kluczowe: urządzenia mobilne; rejestracja ruchu; akcelerometr

*Autor do korespondencji

Adresy E-mail: kulig.maciej@pollub.edu.pl, jakub.smolka@pollub.pl

A method for logging and visualization of mobile device motion

Maciej Kulig*, Jakub Smółka

Politechnika Lubelska, Instytut Informatyki, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Polska

Abstract. The article presents the possibility to use mobile devices for recording and visualizing motion. Research focuses on Android devices. The study was written application for mobile devices that allows reading data from the magnetic sensor and acceleration sensor in three axes X, Y and Z. The tests were made on two devices with similar characteristics. Selected results are presented in the tables.

Keywords: mobile devices; acceleration sensor; logging motion device

*Corresponding author:

E-mail addresses: kulig.maciej@pollub.edu.pl, jakub.smolka@pollub.pl

1. Wstęp

W ciągu ostatnich lat popularność urządzeń mobilnych nieustannie rośnie [1,2]. Urządzenia te w życiu człowieka odgrywają coraz większą rolę. Dzięki bardzo szybkiemu rozwojowi technologii i nieustannej miniaturyzacji dzisiejsze urządzenia mobilne są wyposażone w wiele czujników tj.: czujnik zbliżeniowy, akcelerometr, magnetometr, żyroskop, czujnik światła i wiele innych. Z każdym rokiem rośnie liczba aplikacji dostępnych na urządzenia które wykorzystują czujniki w urządzeniach mobilnych [3,4,5]. Czujnik przyspieszenia jest wykorzystywany np.: do sterowania postacią w grach czy sterowania autem. Istnieją też ciekawsze zastosowania akcelerometru np.: wykrywanie zdarzenia upadku [6]. Magnetometr jest wykorzystywany w różnego rodzaju wirtualnych kompasach. Zaimplementowana aplikacja pozwala na rejestrację przyspieszenia jakie działało na urządzenie w trzech osiach x, y i z. Aby móc dokonać pomiarów potrzebny jest dostęp do sensorów wbudowanych w urządzenie.

Dostęp do sensorów na platformie Android jest zapewniony poprzez implementację odpowiedniego interfejsu znajdującego się w systemie. Dane które system przekazuje do zaimplementowanego interfejsu opakowane są w obiekt `SensorEvent`. Zgromadzone dane zostały zaprezentowane na wykresie liniowym z bezpłatnej biblioteki `GraphView`. Biblioteka ta jest napisana w języku Java oraz jest rozpowszechniana na zasadzie licencji `GPLv2` dzięki czemu

można swobodnie ją modyfikować i wykorzystywać w aplikacjach [7].

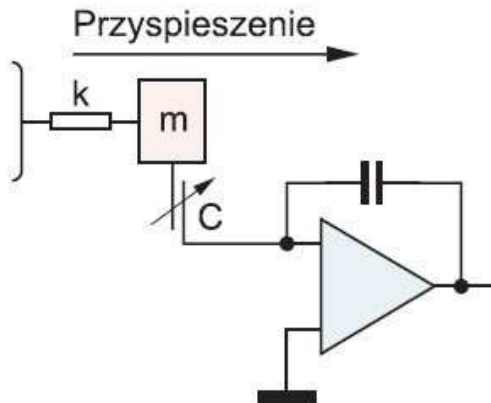
W artykule przedstawiono możliwość rejestracji i wizualizacji ruchu w urządzeniach mobilnych z systemem operacyjnym Android. Aplikacja została zainstalowana na dwóch urządzeniach mobilnych - telefonie i tablecie. Oba urządzenia posiadały podobne parametry techniczne oraz sensory tych samych producentów. Przedstawione zostały wyniki zgromadzone przy pomocy opracowanej aplikacji.

2. Budowa i wykorzystanie akcelerometru i magnetometru w urządzeniach mobilnych

Zdecydowana większość urządzeń mobilnych jest wyposażona w akcelerometr i magnetometr. Akcelerometr jest to elektromechaniczne urządzenie, które pozwala mierzyć siły przyspieszenia w trzech osiach. Na rynku występuje wiele rodzajów akcelerometrów, większość z nich to akcelerometry piezoelektryczne, które charakteryzują się dużymi rozmiarami i nie nadają się do coraz to mniejszych urządzeń mobilnych. W roku 1979 na uniwersytecie Stanforda stworzono pierwszy akcelerometr w technologii MEMS (od ang. microelectromechanical system) [8]. Akcelerometry tego typu są wykorzystywane w wielu dziedzinach np.:

- medycyna – pompy infuzyjne, cewniki mierzące ciśnienie krwi,
- motoryzacja – czujniki w poduszkach powietrznych, ESP (elektroniczny program stabilizacji), czujniki ciśnienia w kołach,

- c) fotografia – optyczna i elektroniczna stabilizacja obrazu,
- d) sport i rozrywka – krokomierniki, aplikacje mierzące aktywność.



Rys. 1. Schemat ideowy akcelerometru z masą bezwładną[8]

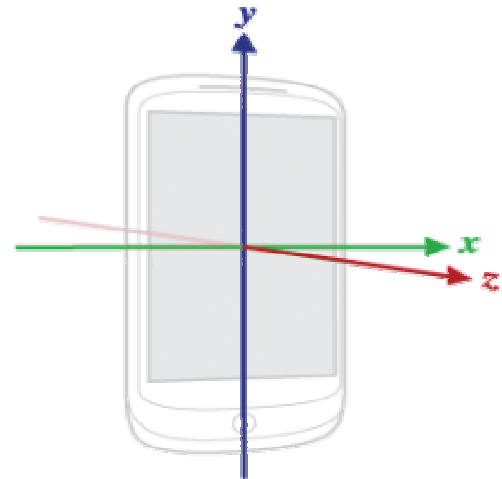
Na rysunku 1 przedstawiono schemat ideowy z masą bezwładną. Najważniejszym elementem tak zaprojektowanego akcelerometru jest masa bezwładna, która jest przymocowana na sprężystych belkach, sprawuje ona rolę elektrody w układzie kondensatora pomiarowego [8]. W następstwie przemieszczenia się wyżej wymienionej masy zmienia się pojemność a co za tym idzie zmienia się napięcie wyjściowe, które w następnym kroku jest przetwarzane przez przetwornik A/C.

Magnetometry czyli inaczej sensory pola magnetycznego są projektowane w oparciu o kilka zjawisk fizycznych, których wybór zależy od charakterystyki mierzonego pola magnetycznego. Można przyjąć że najbardziej popularnym magnetometrem jest czujnik indukcyjny, ponieważ jest to w istocie cewka w której indukowane napięcie zależy od indukcji zmiennego pola magnetycznego. Najczęściej jest wykorzystywany do centrowania map tak aby mapa znajdowała się w pozycji pokrywającej się z kierunkami świata.

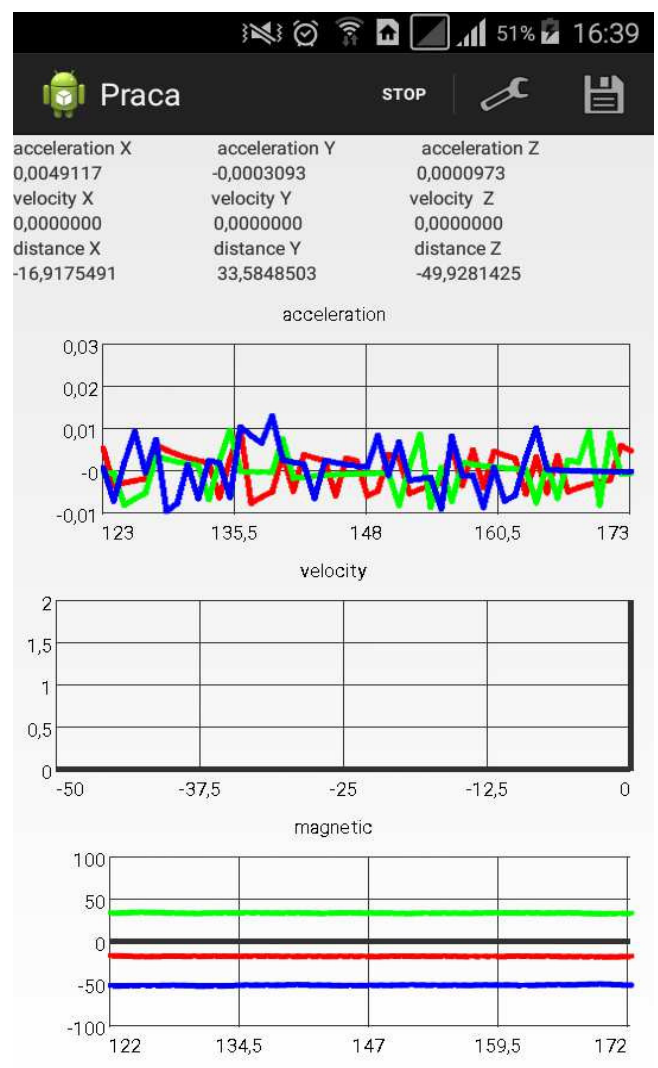
Warto tutaj wspomnieć że pomiary dokonywane na urządzeniach z systemem Android dokonywane są względem układu współrzędnych urządzenia. Układ współrzędnych telefonu przedstawiony został na rysunku 2.

Ważnym aspektem jest też dokładność i czułość tych sensorów. Urządzenie w stanie spoczynku leżące na biurku wskazywało wartości przyspieszenia rzędu $\pm 0.03 \frac{m}{s^2}$ dla tabletu i $\pm 0.02 \frac{m}{s^2}$ dla telefonu.

Następnym ważnym elementem jest czułość oraz podatność na zakłócenia pochodzące z zewnętrznych źródeł. Oba te sensory są bardzo czułe i każdy najmniejszy ruch powoduje zmianę wartości mierzonego sygnału. Na rysunku 3 przedstawiono odczyty z sensorów na urządzeniu, które znajdowało się w spoczynku tzn. leżało nieruchomo na biurku.



Rys. 2. Układ współrzędnych urządzenia z którego korzysta API sensorów[9].



Rys. 3. Wskazania sensorów podczas spoczynku

3. Aplikacja

Na potrzeby prowadzonych badań została napisana aplikacja na platformę Android, która umożliwia pomiar przyspieszenia. Zaimplementowano w niej dwie metody całkowania numerycznego - metodę Heuna i metodę Verlata

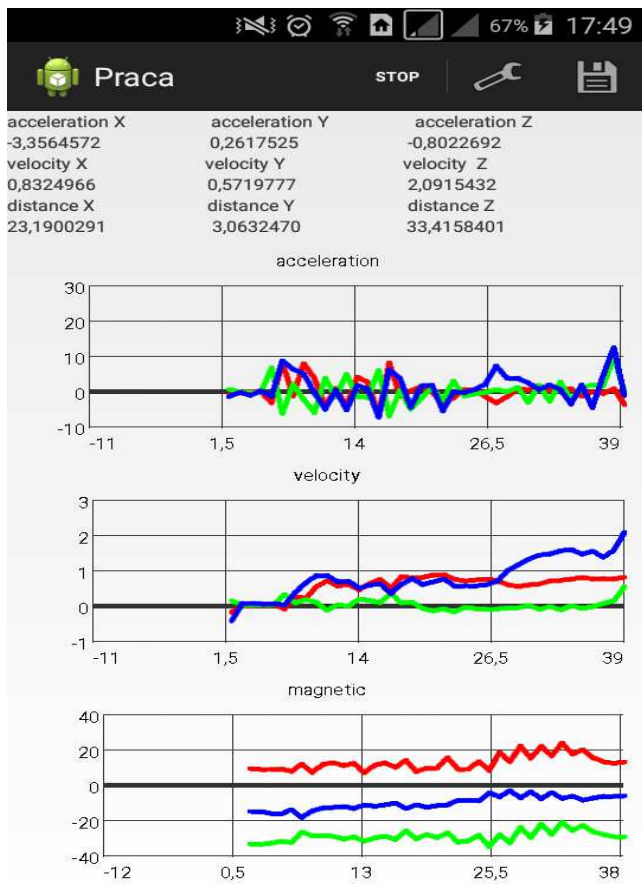
[10,11]. Obie metody posłużyły do przeliczenia drogi przebytej przez urządzenie. Aplikacja pomiarowa wykorzystuje dwa rodzaje sensorów akcelerometr i magnetometr. Dane z magnetometru są niezbędne do przeliczenia wartości sygnału przyspieszenia z układu współrzędnych urządzenia na układ współrzędnych świata.

Stworzona w ramach badania praca umożliwia użytkownikowi wybór wcześniej wspomnianych metod całkowania oraz częstotliwości próbkowania.

Standardowo w systemie Android są dostępne cztery częstotliwości próbkowania [12]:

- a) NORMAL – 5Hz
- b) UI – 16,66 Hz
- c) GAME – 50 Hz
- d) FASTEST – 100Hz

Android umożliwia też ustawienie własnego odstepu pomiędzy rejestracją kolejnych zdarzeń [13]. Aplikacja umożliwia użytkownikowi zapisanie zgromadzonych danych do pliku CSV. Dane odczytane z sensorów są w czasie rzeczywistym prezentowane na wykresach oraz polach tekstowych, które znajdują się nad wykresami. Na rysunku 4 przedstawiono przykładowy ekran główny aplikacji.



Rys. 4. Ekran główny aplikacji

Na rysunku 2.1 przedstawiono przykładowy zrzut ekranu podczas pomiaru. Jak widać główny ekran można podzielić na dwie części górną i dolną. Górna część składa się z pól

tekstowych, w których w czasie rzeczywistym są prezentowane dane. Natomiast dolna część składa się z trzech wykresów, na których w sposób graficzny są przedstawione dane odczytane z sensorów z których można wydzielić trzy wykresy liniowe zaczynając od góry:

- a) wykres przyspieszenia
- b) wykres prędkości
- c) wykres pola magnetycznego

4. Przykładowe odczyty

Jedną z hipotez rozpatrywanych przez autorów jest możliwość wykorzystania stworzonej aplikacji do rejestracji i wizualizacji ruchu urządzeń mobilnych. Badania zostały przeprowadzone na dwóch urządzeniach mobilnych z systemem Android. Producentem telefonu jest firma Samsung wiodący gracz na rynku smartfonów. Telefon jest urządzeniem ze średniej półki co może sugerować lepszej jakości podzespoły i dokładniejsze odczyty sensorów. Natomiast tablet pochodzi od firmy LG, model to G PAD 8.0, urządzenie jest niższej jakości niż telefon. Oba urządzenia posiadają podobne parametry i sensory tych samych producentów. Parametry sensorów różniły się maksymalnym zakresem, rozdzielczością [14]. Dane na temat sensorów odczytane z urządzeń zostały przedstawione w tabeli 3.1.

Pierwsze pomiary były dokonane względem współrzędnych świata a następnie te same badania zostały powtórzone w układzie współrzędnym urządzenia (tzn. bez przeliczania na współrzędne świata). Każdy z pomiarów był dokonany dla obydwu zaimplementowanych metod całkowania numerycznego.

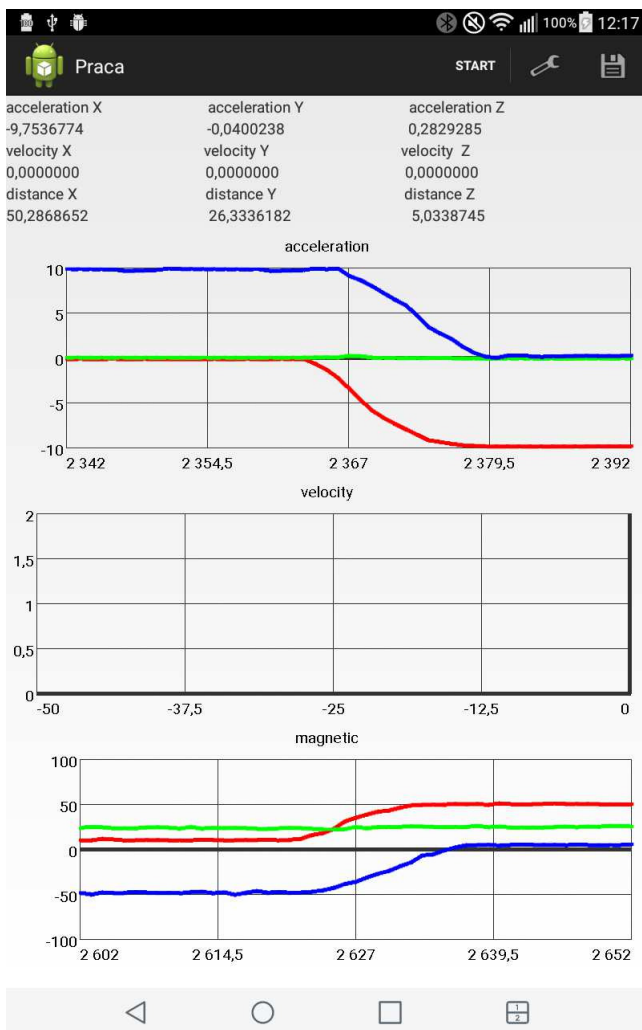
Pomiary były dokonywane na gładkiej powierzchni na dystansie 50 i 100 cm. Każde badanie było powtórzone kilkakrotnie a w tabelach wynikowych zostały przedstawione wyniki średnie z pięciu prób.

Tabela 1. Parametry sensorów obu urządzeń[14,15]

Samsung Galaxy A3	LG G Pad 8
akcelerometr	
producent: Bosch Sensortec	producent: Bosch
wersja: 1	wersja: 1
maksymalny zakres: 19,6133003235 $\frac{m}{s^2}$	maksymalny zakres: 39,2400054932 $\frac{m}{s^2}$
rozdzielczość: 0,0095768068 $\frac{m}{s^2}$	rozdzielczość: 0,0766143799 $\frac{m}{s^2}$
natężenie prądu: 0.13 mA	natężenie prądu: 0.13 mA
magnetometr	
producent: Bosch Sensortec	producent: Bosch
wersja: 1	wersja: 1

maksymalny zakres: 2000,00 μT	maksymalny zakres: brak danych
rozdzielczość: 0,0599999987 μT	rozdzielczość: brak danych
natężenie prądu: 6.0 mA	natężenie prądu: 0.5 mA

Pomiary były dokonywane na gładkiej powierzchni na dystansie 50 i 100 cm. Każde badanie było powtórzone kilkakrotnie a w tabelach wynikowych zostały przedstawione wyniki średnie z pięciu prób.



Rys. 5. Wykres podczas obracania telefonu

Na rysunku 5 przedstawiono wykres, na którym widać jak na początku pomiaru urządzenie znajduje się w spoczynku i pozycji „naturalnej” (wyświetlaczem skierowanym ku górze) a następnie jest obracane na prawy bok. Widać jak na wykresie siła przyspieszenia ziemskiego, która działa wzdłuż osi Z (kolor niebieski na wykresie) zmienia wartość z ok $10 \frac{m}{s^2}$ do wartości 0 a wartość wzdłuż osi X (na wykresie kolor czerwony) zmienia swoją wartość od 0 do $-10 \frac{m}{s^2}$.

Jak widać na trzecim wykresie pole magnetyczne też ulega zmianie rośnie ono w dwóch osiach X i Z natomiast w osi Y

pozostaje ono bez zmian tak jak wartość prędkości która przez cały wykres jest równa 0.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki pomiarów przemieszczenia wzdłuż osi X na dystansie 50 cm. Każdy z pomiarów trwał ok dwóch sekund urządzenia były przesuwane wzdłuż blatu biurka powoli żeby wykluczyć wszystkie błędy pochodzące z gwałtownych ruchów.

Tabela 2. Pomiar wzdłuż osi X na dystansie 50cm

Urządzenie	Rzeczywisty dystans [m]	Dystans obliczony [m]	Metoda całkowania	Częstotliwość [Hz]
LG G Pad	0,5	0,4538314	Heun	5
		0,21345827		16,66
		0,08707613		50
		0,013238691		100
		0,6939494	Verlat	5
		0,16029789		16,66
		0,07883833		50
		0,08735664		100
Samsung A3	0,5	0,46926934	Heun	5
		0,2477175		16,66
		0,043609627		50
		0,026183326		100
		0,5060962	Verlat	5
		0,14744999		16,66
		0,04510415		50
		0,009412151		100

Jak widać w wynikach przedstawionych w tabeli 2, wartości najbliższe rzeczywistemu przemieszczeniu były pomiary obliczone na podstawie pomiarów wykonanych z częstotliwością 5Hz. Różnica pomiędzy rzeczywistym przemieszczeniem a przemieszczeniem obliczonym wyniosła ok 5cm co stanowi bardzo dobry wynik. Reszta wyników znacząco odbiega od rzeczywistego przemieszczenia. Najgorsze wyniki uzyskano przy próbkowaniu z najwyższą częstotliwością., Obliczone przesunięcia nie przekroczyły nawet 10% rzeczywistego przemieszczenia. Takie różnice mogły być spowodowane zakłóceniami magnetometru który wskazywał błędne dane co powodowało błędy w dalszych obliczeniach.

Podczas pomiarów na dystansie 100 cm wszystkie pomiary i obliczenia odbiegały od rzeczywistych. Dla najmniejszej wartości próbkowania 5Hz odległość obliczona na podstawie wskazań akcelerometru i magnetometru wyniosła ponad 200 cm więc jak widać dystans przebyty przez urządzenie był dwukrotnie mniejszy od obliczonego. Obliczenia dla pozostałych częstotliwości były bardzo podobne do wartości obliczonych przy krótszym dystansie.

5. Wnioski

W niniejszym artykule przedstawiona została aplikacja mobilna zaimplementowana na platformę Android. Głównym celem aplikacji było zarejestrowanie i wizualizacja wskazań z sensora przyspieszenia w trzech osiach X, Y i Z. Zgromadzone w ten sposób dane pomogły potwierdzić przydatność czujników wbudowanych w urządzenia mobilne przy rejestracji i wizualizacji ruchu. Po wykonaniu badań i analizie wyników można stwierdzić że pomiar odległości ruchu urządzeń mobilnych na podstawie wskazań z czujnika przyspieszenia (akcelerometru) oraz magnetometru jest niemożliwy. Warto tutaj wspomnieć że czujniki wbudowane w urządzenia mobilne są bardzo czułe i wychwycą nawet najmniejszy ruch, jednak są też bardzo podatne na zakłócenia pochodzące z urządzeń zewnętrznych.

Wskazania akcelerometru urządzenia które znajdowało się w spoczynku wahało się w przedziale $\pm 0,03 \frac{m}{s^2}$. Podczas badań zauważono że najbardziej podatny na zakłócenia jest magnetometr, dlatego też powinno się posilkować odczytami z sensora obrotu oczywiście o ile dane urządzenie taki posiada. Dużym zaskoczeniem podczas badań okazały się pomiary przy najwyższej częstotliwości, wydawać by się mogło że większa częstotliwość przełoży się na większą precyzję, jak się później okazało pomiary z najwyższą częstotliwością próbkowania najbardziej odbiegały od rzeczywistego przemieszczenia.

O ile dane zgromadzone podczas pomiaru nie nadają się do wizualizacji ruchu to można je wykorzystać w inny sposób np.: do sterowania postacią w grze, sterowania samochodem, detekcji obrotu urządzenia itp. Jakość i cena urządzenia nie znalazły odzwierciedlenia w wynikach. Obie zaimplementowane metody całkowania numerycznego dawały podobne rezultaty w związku z czym nie da się jednoznacznie odpowiedzieć na pytanie która z tych metod była lepsza.

Literatura

- [1] Historia systemu Android, <http://androidnow.pl/historia-systemu-android/> [07.03.2016]
- [2] Android, the world's most popular mobile platform, <http://developer.android.com/guide/basics/what-is-android.html> [22.05.2016]
- [3] Collins Ch., Galpin M., Kaepler M.: Android w praktyce. Helion. Gliwice 2012.
- [4] Conder S., Darcey L.: Programowanie aplikacji mobilnych na urządzenia przenośne. Helion, Wydanie drugie, Gliwice 2011.
- [5] Gartner Says Smartphone Sales Surpassed One Billion Units in 2014, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2996817> [03.04.2016]
- [6] Paulo Sergio De Brito Andre: Accelerometers: Principles, Structure and Applications. Electrical Engineering Developments Physics Research and Technology, 2013. Computer Animation algorithms and techniques
- [7] Google ujawnił specyfikację platformy Android, http://www.computerworld.pl/news/131045_2/Google.ujawnil.specyfikacje.platformy.Android.html [22.06.2016]
- [8] Żyroskopy i akcelerometry MEMS w elektronice użytkowej, <http://elektronikab2b.pl/technika/12098-zyroskopy-i-akcelerometry-mems-w-elektronice-uzytkowej#.V7FfeJiLRQ> [23.05.2016]
- [9] Sensors Overview, https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html [01.03.2016]
- [10] JT – Automatyka i programowanie, <http://www.jtjt.pl/calowanie-rownan-rozniczkowych> [30.03.2016]
- [11] Metody komputerowe (2003/2004), http://www.se.put.poznan.pl/almamater/wyklady/metody_komputerowe_03-04/ [08.06.2016]
- [12] Android Developers, <https://developer.android.com> [23.06.2016]
- [13] AndroidLand, <http://androidland.pl/sdk/struktura-systemu-android-2/> [11.02.2016]
- [14] Licenses | Android Open Source Project, <https://source.android.com/source/licenses.html> [04.05.2016]
- [15] LG G Pad 8.0 V490 Dane techniczne telefonu :: mGSM.pl, <http://www.mgsm.pl/pl/katalog/lg/gpad8.0v490/LG-G-Pad-8.0-V490.html> [4.06.2016]
- [16] Samsung Galaxy A3 SM-A3009 Galaxy A3 LTE, SM-A300Y, SM-A300FU, SM-A300FZ, SM-A300M, SM-A300Y Dane techniczne telefonu :: mGSM.pl, <http://www.mgsm.pl/pl/katalog/samsung/galaxy3sma3009/Samsung-Galaxy-A3-SM-A3009.html> [04.06.2016]