

# Monitorovanie a vyhodnocovanie fyziologických procesov človeka [StresMonitor]

Dokumentácia k inžinierskemu dielu

---

Vedúci tímu: Ing. Katarína Jelemenská, PhD.

Členovia tímu: Bc. Tomáš Bako, Bc. Martin Baláž, Bc. Matúš Brandýs, Bc. Patrik Husár,  
Bc. Patrik Krupa, Bc. Matúš Matula, Bc. Kristián Ostatník, Bc. Peter Vašek

Akademický rok: 2017/2018

# OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	GLOBALNE CIELE.....	2
2.1	Ciele pre zimný semester .....	2
3	CELKOVÝ POHĽAD NA SYSTÉM.....	4
3.1	Architektúra systému.....	4
3.2	Dátový model .....	5
4	MODULY SYSTÉMU .....	6
4.1	Serverová časť.....	6
4.1.1	Analýza.....	6
4.1.2	Návrh.....	6
4.1.3	Implementácia.....	7
4.2	Android aplikácia .....	8
4.2.1	Analýza.....	8
4.2.2	Návrh.....	9
4.2.3	Implementácia.....	10
4.2.4	Testovanie .....	11
4.3	Webová aplikácia .....	12
4.3.1	Analýza.....	12
4.3.2	Návrh.....	12
4.3.3	Implementácia.....	12
4.3.4	Testovanie .....	13
	ZDROJE.....	14

# 1 ÚVOD

Dokumentácia k inžinierskemu dielu je dokument, ktorý opisuje technickú časť projektu Monitorovanie a vyhodnocovanie fyziologických procesov človeka (StresMonitor). Projekt je vytváraný v rámci predmetu Tímový projekt tímom 23 s názvom StressBusters. Ako samotný názov projektu naznačuje, zaoberáme sa monitorovaním rôznych fyziologických procesov človeka, ktoré následne spracovávame a vizuálne zobrazujeme na rôznych zariadeniach. Správnym vyhodnotením údajov je možné odhaliť stres alebo iné neprirodzené chovania tela. Celková architektúra systému nie je triviálna, preto tento dokument prináša celkový pohľad na inžinierke dielo a odráža náležitosti návrhu a vývoja jednotlivých častí projektu. Jednotlivé kapitoly približujú systém na rôznych úrovniach abstrakcie. V nasledujúcej kapitole sú opísané globálne ciele a ciele pre zimný semester, ktoré sa počas prvých 5 šprintov snažíme splniť. Tretia kapitola obsahuje celkový pohľad na systém, jeho architektúru a dátový model. Štvrtá kapitola popisuje jednotlivé moduly systému a to serverovú časť, mobilnú a webovú aplikáciu. Dokument vo viacerých častiach obsahuje aj UML diagramy pre lepší obraz systému.

## 2 GLOBÁLNE CIELE

Veľa z nás je často nadmerne fyzicky alebo psychicky zaťažovaných, čo môže viesť k stresu. So stresom sa stretávame v rôznych oblastiach života, či už v školskom, v pracovnom alebo aj rodinnom prostredí. Stres sa často zanedbáva, pričom sa predpokladá, že nadmerné množstvo stresu môže byť príčinou mnohých zdravotných ťažkostí a to aj tých závažnejších, ako sú rakovina, respiračné, či kardiovaskulárne choroby. Preto hlavným cieľom nášho projektu nie je len upozorniť používateľa v prípade veľkých výkyvov hodnôt, ale aj zabrániť negatívnym následkom na zdraví človeka.

Na základe zadania projektu a stretnutí s produktovým vlastníkom sme zhrnuli globálne ciele do niekoľkých bodov, ktoré sa budeme snažiť naplniť do stanoveného termínu, t.j. do konca druhého semestra v prvom ročníku inžinierskeho štúdia. Cieľom projektu je:

- vytvorenie aplikácie inteligentného bezdrôtového biomonitingu,
- navrhnutie inovatívnych metód na meranie (meranie so spätnou väzbou), prenos a spracovanie nameraných údajov, špecifické pre vybranú aplikáciu,
- implementovanie a experimentálne overenie prototypu aplikácie.

Keďže náš tím je rozsiahly, rozhodli sme sa vytvoriť okrem mobilnej aplikácie aj webovú s podporou serveru, ktorá bude umožňovať používateľovi väčšie možnosti práce s dátami a ich vizualizáciou. Tieto globálne ciele sú definované všeobecne, preto sa ich špecifikovanie nachádza v nasledujúcich podkapitolách na jednotlivé semestre.

### 2.1 Ciele pre zimný semester

Náš tím sa skladá z 8 členov, ktorí dovtedy spoločne nepracovali na žiadnom väčšom projekte. Z toho dôvodu je potrebné vyriešiť niekoľko organizačných záležitostí, ako výber verziovacieho a manažovacieho nástroja, komunikáciu v tíme alebo rozdelenie úloh členom tímu. Toto sa stalo prvým cieľom pre zimný semester, ktorý sa budeme snažiť vyriešiť čo najskôr počas prvých spoločných stretnutí, aby mohol tím napredovať správnym smerom.

Cieľom projektu nie je pokračovanie a rozšírenie existujúcej aplikácie, ale vytvorenie nového produktu podľa špecifikácie produktového vlastníka. Tým sa projekt stáva netriviálnym a viac rozsiahlym, čo má za následok vynaloženie väčšieho úsilia na analýzu a návrh architektúry systému alebo metód na spracovanie dát.

Z dôvodu rozsiahlej analýzy v zimnom semestri bude kladený menší dôraz na implementáciu. Cieľom bude vytvorenie len základnej kostry aplikácií so základnými funkciami a komunikáciou medzi nimi. Takto vytvorené aplikácie v spojení s analýzou problémovej oblasti, budú tvoriť základ pre ďalší vývoj modulov systému v letnom semestri.

V rámci zimného semestra sme si s produktovým vlastníkom vytýčili tieto ciele:

- vytvorenie webového sídla tímu,
- analyzovanie interpretácie dát zo zariadení,
- navrhnutie funkcií na spracovanie a vyhodnotenie dát,
- navrhnutie dátového modelu a vytvorenie databázy,
- implementácia servera,
  - zber a ukladanie dát do databázy,
  - základné spracovanie a odoslanie dát do aplikácií,
- implementácia mobilnej a webovej aplikácie so základnými funkciami
  - komunikácia so serverom (prenos dát na server a zo servera),
  - registrácia a prihlásenie používateľa,
  - základná vizualizácia dát.

Tieto ciele by mali byť naplnené do konca zimného semestra.

### 3 CELKOVÝ POHĽAD NA SYSTÉM

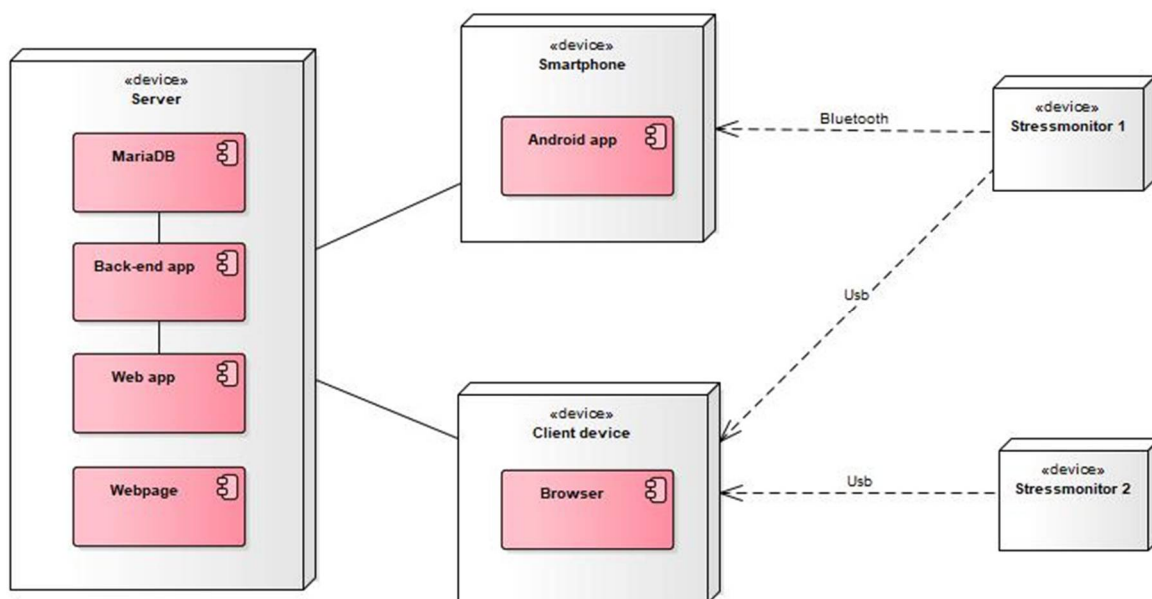
Táto kapitola obsahuje celkový pohľad na technickú stránku nášho projektu. Jednotlivé podkapitoly obsahujú postupne navrhnutú architektúru systému a dátový model. Ďalšie časti budú priebežne pridávané po ich navrhnutí a implementovaní.

#### 3.1 Architektúra systému

Architektúru systému sme sa rozhodli rozdeliť na 3 časti a to na server, mobilnú aplikáciu a webovú aplikáciu. Architektúra predstavuje formu architektúry klient-server.

Meracie zariadenia pre snímanie fyzikálnych charakteristík kože dokážu odoslať dáta rôznym spôsobom, buď pomocou Bluetooth alebo pomocou USB portu. V rámci nášho projektu pracujeme najmä s prvým zariadením, pretože podporuje aj Bluetooth aj USB, ale obsahuje aj viacej snímačov, z ktorých vieme získať dáta. Nameraných dát je veľké množstvo, preto ukladanie a spracovanie na mobilnej alebo webovej aplikácii nie je vhodné. Z tohto dôvodu je server základom nášho systému. Server obsahuje aplikačnú logiku s databázou MariaDB, v ktorej sú uložené všetky informácie o používateľovi a dŕtach nameraných rôznymi senzormi. Bližší popis databázy a dátového modelu je v nasledujúcej podkapitole.

Komunikácia medzi serverom a aplikáciami je realizovaná pomocou REST API. Klient po prijatí dát zo zariadenia tieto dáta odošle na server, ktorý ich spracuje a uloží do databázy. Opačne, ak chce klient zobrazíť namerané dáta, server vyberie podľa požiadavky dáta z databázy, spracuje ich a odošle späť do zariadenia. Získané dáta sú na zariadení vhodne vizualizované a používateľ môže byť informovaný o svojom stave alebo strese. Globálny pohľad na architektúru systému zobrazuje nasledujúci obrázok 1:

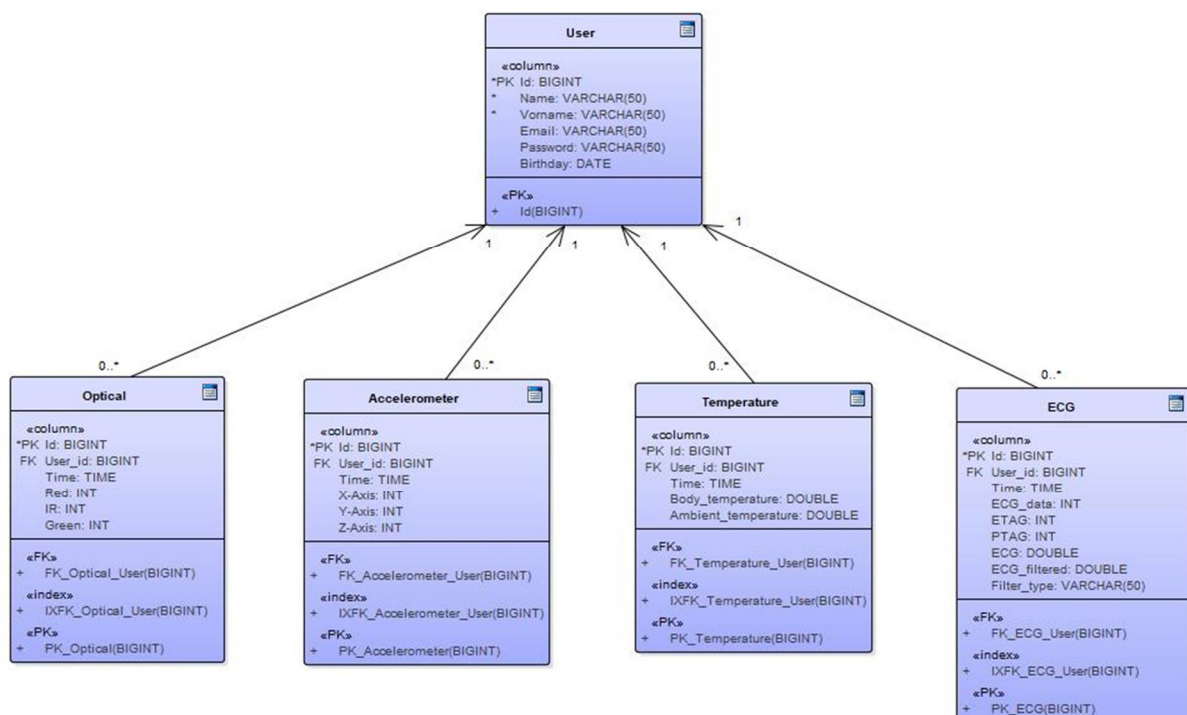


Obrázok 1: Celkový pohľad na systém

## 3.2 Dátový model

Na serveri sú dáta uložené v databáze MariaDB. Na základe analýzy sme navrhli dátový model, ktorý je zobrazený na obrázku 2. Entity sú medzi sebou prepájané vzťahmi. Jednotlivé entity sú definované nasledovne:

- **User** – údaje o používateľovi, ktorý sa zaregistroval do systému pomocou aplikácie,
- **Optical** – údaje z optického senzora,
- **Accelerometer** – údaje z akcelerometra,
- **Temperature** – údaje z teplomera,
- **ECG** – údaje z elektrokardiografu.



Obrázok 2: Dátový model

## 4 MODULY SYSTÉMU

Ako už bolo spomínané v predchádzajúcej kapitole, systém je rozdelený na 3 časti: server, mobilná aplikácia a webová aplikácia. V tejto kapitole sú bližšie špecifikované jednotlivé moduly. Ku každému z nich je uvedený popis ohľadom analýzy, návrhu, implementácie a testovania.

### 4.1 Serverová časť

#### 4.1.1 Analýza

Server, ktorý máme k dispozícii je postavený na virtuálnom stroji. Virtuálny stroj ponúka viacero výhod na rozdiel od fyzického stroja. Jedna z najväčších výhod je to, že dokážeme meniť parametre hardvéru daného virtuálneho stroja. V prípade, že je nedostatok pamäte, alebo dochádza k zaplneniu diskového priestoru je možné tento priestor jednoducho navýšiť. Ako ďalšia výhoda je schopnosť robiť tzv. „snapshot“. Snapshot nám umožňuje zaznamenať aktuálny stav virtuálneho stroja. Ak by v budúcnosti došlo k nejakej komplikácii alebo strate dát, tak práve využitím snapshot-u dokážeme urobiť rýchlu obnovu dát k určitému bodu v čase.

#### 4.1.2 Návrh

Na virtuálnom serveri je nainštalovaný operačný systém Ubuntu 17.04. Veľkosť operačnej pamäte je 2 GB, plus swap pamäť o veľkosti 1 GB. Celková veľkosť pevného disku (perzistentné úložisko) je 20 GB. Aby na serveri mohli bežať paralelne viaceré aplikácie, tak sme využili technológiu Docker.

Docker poskytuje ďalšiu vrstvu abstrakcie a automatizácie virtualizácie na úrovni operačného systému. Je to nástroj určený na uľahčenie vytvárania, nasadzovania a spúšťania aplikácií pomocou kontajnerov. Kontajnery umožňujú vývojárovi zabaliť aplikáciu so všetkými potrebnými časťami, ako sú napríklad knižnice a iné závislosti, do jedného balíka. Vďaka kontajneru je možné aplikáciu nasadiť na ľubovoľnom inom zariadení Linux bez ohľadu na to, aké nastavenia boli na zariadení, ktoré sa používalo na vytváranie aplikácie.

Na komunikáciu jednotlivých aplikácií so serverom sme sa rozhodli použiť architektonický štýl **REST**, pri ktorom sú jednotlivé správy vymieňané pomocou JSON notácie.

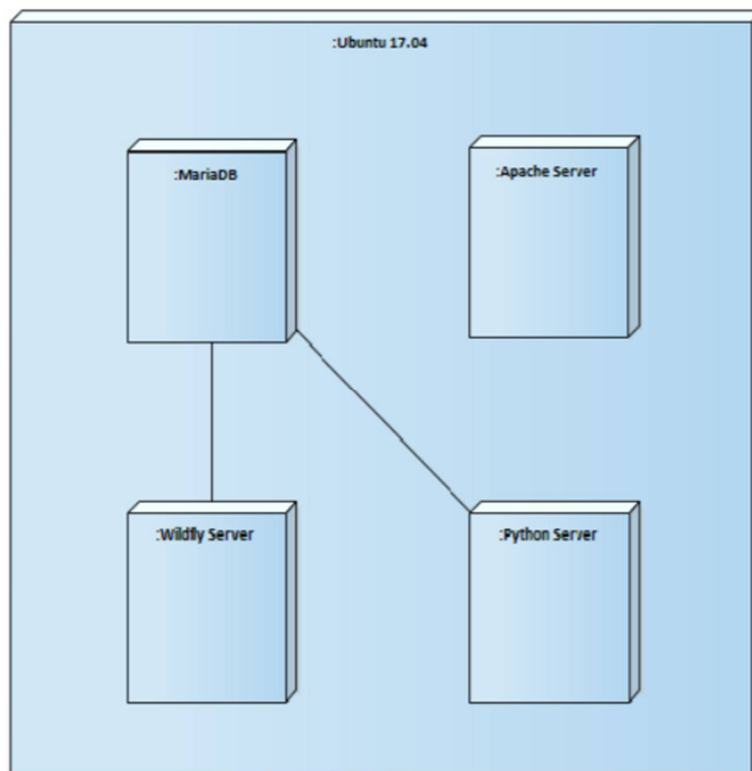
Ak sa používateľ dopytuje po údajoch z databázy, tak prostredníctvom API jednoduchým volaním **GET** funkcie je možné získať potrebné údaje. Taktiež, ak aplikácia bude chcieť ukladať zozbierané informácie na server, tak zavolaním funkcie **PUT** je možné tieto dáta perzistentne uložiť do databázy.



### 4.1.3 Implementácia

Na serveri bežia viaceré Docker kontajnery pomenované ako:

- **apache2** – slúži ako server, na ktorom beží tímová stránka,
- **python\_django** – slúži ako python server, na ktorom beží webová aplikácia StressBusters,
- **mariadb** – slúži ako databázový server,
- **phpmyadmin** – slúži ako webové rozhranie na prístup k databáze,
- **wildfly** – slúži ako server komunikujúci s Android aplikáciou.



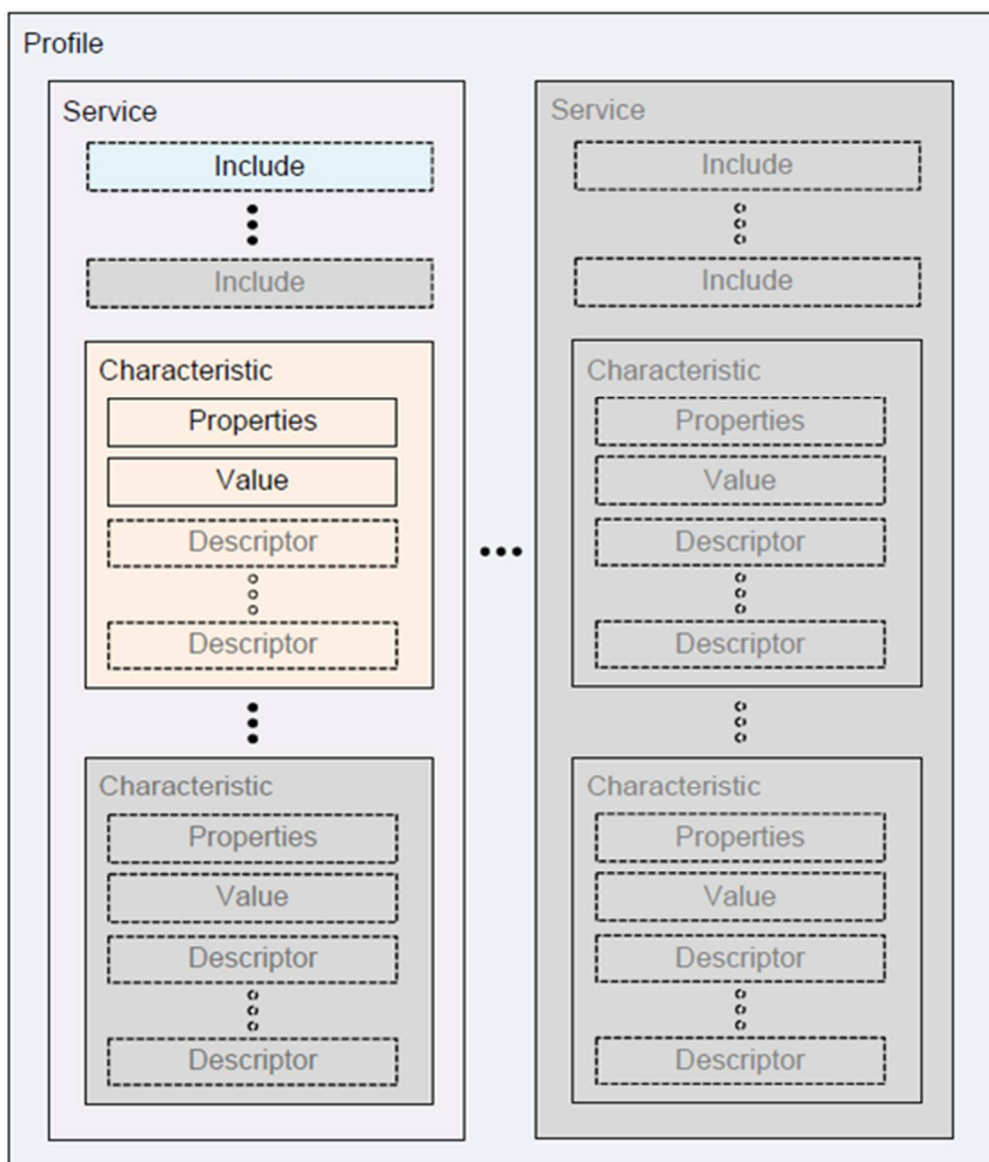
Obrázok 3: Diagram rozmiestnenia servera

## 4.2 Android aplikácia

### 4.2.1 Analýza

#### Bluetooth Low Energy

**Bluetooth LE** (Low Energy) je bezdrôtová komunikačná technológia, ktorá oproti klasickej Bluetooth technológii má nižšiu spotrebu energie. Je využívaná najmä v nositeľných (wearables) zariadeniach. Nie všetky zariadenia disponujúce s Bluetooth rozhraním podporujú túto technológiu.



Obrázok 4: GATT Profile Hierarchy [1]

Výmena údajov prebieha prostredníctvom **GATT** (Generic Attribute), ktoré sú založené na **ATT** (Attribute Protocol). "Používa hierarchickú dátovú štruktúru" [1]. Najvrchnejšia vrstva je profile, pod ňou sa nachádzajú services, ktoré ďalej obsahujú characteristics a tie ešte obsahujú descriptors. Services zoskupujú viaceré súvisiace atribúty ako napríklad **Device Information**, **Blood Pressure** alebo **Heart Rate**. "Charakteristiky sú údaje, ktoré zodpovedajú konkrétnemu internému stavu zariadenia alebo stavu prostredia, ktoré zariadenie môže odmerať použitím senzorov. Charakteristiky sa skladajú z viacerých častí. Majú typ, hodnotu, vlastnosti a nejaké povolenia." [2] Tie môžu predstavovať údaje ako Model Number, Blood Pressure Measurement alebo Heart Rate Max. V descriptors sa nachádzajú už len samotné metadáta. Všetky tieto údaje sú identifikovateľné prostredníctvom univerzálneho identifikátora UUID (Universal Unique Identifier).

Android ponúka svoje vlastné API na prácu s Bluetooth LE (Low Energy) zariadením. To poskytuje metódy na objavenie dostupných zariadení, pripojenie k nim, načítanie a zápis údajov.

### **Maxrefdes100 referenčná aplikácia**

Na stránke produktu sa nachádzajú zdrojové kódy k referenčnej Android aplikácii. Jej úlohou je pripojenie mobilného zariadenia k doske cez Bluetooth LE (Low Energy) a zobrazenie získaných údajov. Pri spustení sa na prvej aktivite (obrazovke) zobrazí možnosť vyhľadania Bluetooth LE zariadení. Po pripojení k doske je zobrazená nová aktivita (obrazovka), ktorá graficky reprezentuje údaje získané zo zariadenia.

Komunikácia aplikácie so zariadením je zabezpečená prostredníctvom služby Bluetooth, ktorá má na starosti správu pripojenia s doskou a priebežne získavanie nameraných údajov. Keď nastane nová udalosť informuje o tom hlavnú aktivitu prostredníctvom broadcast správy a tá ju následne spracuje.

Aplikácia je schopná získať údaje z viacerých senzorov nachádzajúcich sa na zariadení. Sem patria:

- horný teplotný senzor,
- spodný teplotný senzor,
- akcelerometer,
- tlakový senzor,
- ECG.

V budúcnosti sa očakávajú ešte údaje z pulzoximetra.

### **4.2.2 Návrh**

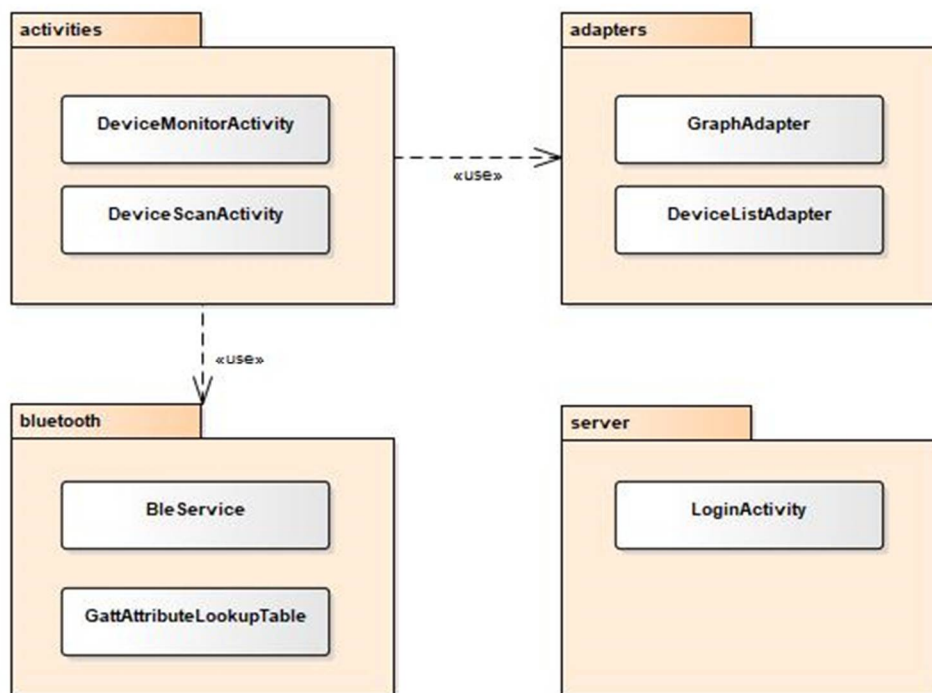
Mobilná aplikácia bude slúžiť najmä na získavanie údajov zo servera alebo priamo zo zariadenia. Tieto údaje bude schopná aj vizualizovať prostredníctvom prehľadných grafov.

Na to aby mohla aplikácia pristupovať k údajom uloženým na serveri, je tiež potrebné zabezpečiť prihlasovanie používateľa.

### 4.2.3 Implementácia

V rámci aplikácie je zdrojový kód rozdelený do niekoľkých balíkov, ktorými sú:

- **server** – obsahuje triedy na komunikáciu so serverom ako napríklad prihlasovanie,
- **bluetooth** – obsahuje službu zabezpečujúcu komunikáciu so zariadením,
- **adapters** – nachádzajú sa v nej adaptéry zabezpečujúce buď grafickú reprezentáciu údajov alebo zobrazenie zoznamu zariadení,
- **activities** – obsahuje samotné aktivity aplikácie, ktoré sú zobrazované používateľovi.



Obrázok 5: Diagram balíkov

Komunikácia aplikácie so zariadením je zabezpečená prostredníctvom **Android Bluetooth Low Energy API**. Na vyhľadávanie dostupných Bluetooth LE zariadení je využívaná metóda **startLeScan** s časovačom na zastavenie, ktorá vracia všetky dostupné zariadenia. O pripojenie k vybranému zariadeniu sa stará služba **BLEService**, ktorá má na starosti správu pripojenia a získavanie údajov. O každej novej udalosti informuje prostredníctvom broadcast správ. Tie zachytí aktivita **DeviceMonitorActivity** prostredníctvom **BroadcastReceiver** a následne ich spracuje. Na vizualizáciu údajov je využívaný **GridView API**, ktorá umožňuje jednoduchú vizualizáciu údajov prostredníctvom svojich

metód. Podporuje aj zobrazenie údajov z viacerých zdrojov v rámci jedného grafu, čo je využívané napríklad pri akcelerometri, ktorý pracuje s tromi údajmi, ktoré predstavujú jednotlivé osy x, y, z. Veľká časť funkcionality je prevzatá z referenčnej aplikácie, ktorá ponúka aj viaceré metódy na spracovanie údajov ako výpočet srdcového rytmu alebo teploty zo vstupných údajov, prepočet teploty zo stupňov Celzia na stupňov Fahrenheitu.

#### ***4.2.4 Testovanie***

Testovanie správnosti fungovania aplikácie prebiehalo použitím referenčnej dosky počas vývoja. Úspešne získala potrebné údaje, ktoré spracovala do vizuálnej formy. Výsledné diela boli ešte testované vopred dohodnutým členmi tímu, ktorí zároveň robili aj kontrolu zdrojového kódu.

## 4.3 Webová aplikácia

### 4.3.1 Analýza

Kvôli veľkému množstvu nameraných hodnôt a ich analýze prichádza otázka, kde spracovávať údaje. Prenášanie veľkého množstva dát zo servera ku klientovi, ktoré by sa spracovávali na strane klienta, je rovnako diskutabilné ako aj prípad, kedy by sme spracovávali žiadosti od veľkého počtu klientov na strane servera, ktorý musí ukladať nové údaje od mobilných aplikácií zároveň.

### 4.3.2 Návrh

Webová aplikácia slúži na výmenu údajov medzi používateľom a serverom. Mala by byť schopná registrácie nových používateľov, prihlasovania a odhlasovania, ale hlavne vizualizácie a analyzovania nameraných hodnôt používateľa krátkodobo aj dlhodobo. Riešením na otázku v analýze je navzorkovanie dát tak, aby došlo k minimálnej strate informácií, ktoré sa z nich dajú získať, ale zároveň aby sa dalo čo najviac zredukovať množstvo dát, ktoré je potrebné preniesť.

### 4.3.3 Implementácia

Na implementáciu sme sa rozhodli použiť framework **Django** na rýchli vývoj webových aplikácií. Vývoj v Django väčšinou prebieha v jazyku **Python**, ale dizajn mu dodávajú **HTML** a **CSS**, pričom sa môže využiť aj framework **Bootstrap**. Po problémoch s nasadzovaním na server sme sa dohodli využiť softvér **Docker**. Je to nástroj na vytváranie kontajnerov (podobné virtuálnym obrazom - image), ktoré ak človek rozchodí u seba na počítači, tak pomocou pár príkazov, môže vytvorený projekt testovať alebo nasadzovať na serveri alebo na inom počítači.

Inicializácia webovej aplikácie prebiehala založením nového projektu v Django. Na to, aby sa dal vytvoriť docker-ovský image, bolo potrebné nainštalovať izolované python-ovské prostredie **Virtualenv** a manažéra balíkov **pip**, ktorý pomocou príkazu **freeze** vytvorí zoznam všetkých potrebných závislostí, ktoré sa nachádzajú vo virtuálnom prostredí. Postupnosť krokov, ktoré sa musia vykonať na vytvorenie image-u sa popisuje v súbore **Dockerfile**. Súbor **docker-compose.yml** definuje ako sa majú rôzne kontajnery správať, napríklad v našom prípade komunikácia databázy s webovou aplikáciou.

Nová funkčnosť sa vytvára príkazom **django startapp <meno>**, ktorá vytvorí kosťu pre danú funkcionality. Vizualne prvky k danej funkcionalite (napr. formátovaný formulár pre login) sa definujú v adresári **templates** s tým, že sa tam vytvorí adresár s rovnakým menom, ako je meno funkčnosti.

Komunikácia so serverom bude implementovaná pomocou frameworku **Django-REST**.

#### ***4.3.4 Testovanie***

Testovanie prebiehalo pomocou Docker-u. Po vytvorení kontajneru a dokončení implementácie boli súbory nahrané na Git a zodpovedný člen tímu za code review vykonal testovanie. Testovanie zahŕňalo stiahnutie súborov, vyskúšanie vytvorenia a rozbehnutia kontajneru na vlastnom počítači. Následne kontroloval vytvorené zdrojové kódy a nové pridané funkcie.

## ZDROJE

[1] – *Bluetooth: GATT overview* [online]. [cit. 10.11.2017]. Dostupné na:  
<https://www.bluetooth.com/specifications/gatt/generic-attributes-overview>

[2] – Wooley, M. *Bluetooth blog: A Developers Guide To Bluetooth* [online]. 10. Aug. 2016 Dostupné na: <http://blog.bluetooth.com/a-developers-guide-to-bluetooth>