

# KIV/BSS - zadání semestrální práce

Martin Úbl

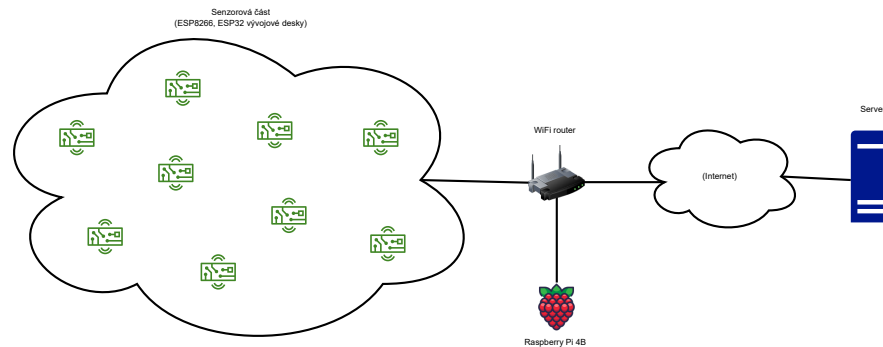
2022/23

Tento dokument shrnuje zadání semestrální práce pro akademický rok 2022/23. Dokument obsahuje téma popsané tak, aby se bylo možné v určitých aspektech odchýlit, obzvláště pokud to implementace nebo situace vyžaduje. V dokumentu jsou však zvýrazněny pomocí symbolu **▲** sekce povinné, které se v realizaci zadání musí objevit v požadované podobě.

## 1 Rámec

Síť se skládá ze třech integrálních částí:

1. sensorová část (Wireless Sensor Network, WSN)
2. okrajová část (Edge)
3. vnější část, Internetová (Cloud)



Obrázek 1: Schéma sítě

### Senzorová část

V sensorové části se nachází heterogenní množina komunikujících sensorových uzlů (*mote*), které jsou vybaveny určitou sadou senzorů, rádiovým modulem a baterií. Úkolem této části je:

1. sbírat heterogenní množinu dat – teplota, vlhkost vzduchu, úroveň osvětlení, kvalita ovzduší, ...
2. detekovat události – otřes, výpadky, ...
3. a další

V této části jsou kladeny vysoké nároky na minimalizaci spotřeby elektrické energie.

## Okrajová část

Okrajová část (Edge) je taková část řešení, která obsahuje zařízení s *neomezeným* přísunem elektrické energie a nemusí tak nutně dbát na minimalizaci spotřeby. Obsahuje typicky prvky jako je směrovač, Edge computing uzly a jiné.

Úkolem této části je:

1. překlenovat senzorovou část a „vnější“ síť (např. Internet)
2. řídit senzorovou síť
3. filtrovat data
4. předzpracovávat data před jejich odesláním do cloudu
5. odesílat data do cloudového úložiště

### 1.1 Vnější část

Vnější část, nebo také část Internetová je taková část, která má teoreticky neomezený přístup elektrické energie, vysoký výkon a vysokokapacitní úložiště. Předpokládáme tedy, že všechna data, která opustí senzorovou, resp. okrajovou část, skončí právě zde. Tady se typicky data ukládají do vybraného druhu databáze, analyzují se, a front-endová část se pak stará o vizualizaci. Volitelně pak může být napojena na systém upozornění, který varuje při vzniku kritické události. Dále umožňuje v omezené míře komunikovat se senzorovou částí pro on-demand měření.

Úkolem této části tedy je:

1. přijímat a ukládat data
2. vizualizovat data
3. analyzovat data pokročilými algoritmy (AI, ML, počítačové vidění, ... dle druhu a dle aplikace)

## 2 Zadání

Navrhněte a implementujte takové řešení, které pomocí množiny senzorových uzlů bude provádět v rozumné míře měření vybraných neelektrických veličin a postará se o jejich propagaci sítí až do serveru v Internetu.

▲ Vaše řešení bude obsahovat jak senzorovou, okrajovou, tak vnější část sítě. Vytvoříte tedy:

1. firmware pro sensorové uzly
2. protokolový zásobník pro sensorovou část
3. aplikaci pro okrajový uzel
4. serverového daemona pro server ve vnější síti, který bude data přijímat a ukládat
5. vizualizaci nasbíraných dat jednoduchou formou

▲ Mezi měřeními a analyzovanými veličinami bude:

- teplota vzduchu
- vlhkost vzduchu
- úroveň osvětlení

▲ Dále bude možné detekovat následující události:

- vadný senzor nebo uzel
- vybitá baterie (resp. baterie se brzy vybije)
- krádež sensorového uzlu

## 2.1 Sensorová část

Firmware sensorického uzlu se pokuste navrhnout tak, aby bylo možné modulárně rozšiřovat množinu měřených veličin. Implikuje to tedy návrh a implementaci jakéhosi frameworku, který bude na aplikační vrstvě shraňovat data a jednotnou, definovanou formou je odesílat dál.

▲ Počítejte s tím, že každý uzel vidí jen omezenou množinu jiných uzlů (vždy však alespoň jeden sousední, ne nutně okrajový). Navrhněte proto linkový protokol pro objevování a evidenci sousedních uzlů. Tento protokol bude umožňovat dynamické přidávání uzlů – nestačí tedy, když se na začátku inicializuje s aktuálním stavem sítě.

Linkový protokol je první zastávka při řešení spotřeby elektrické energie. Dbejte při návrhu důraz na minimalizaci spotřeby bez větší újmy na efektivitě přenosu.

▲ Omezená viditelnost uzlů implikuje i existenci síťového protokolu. Implementujte způsob, jakým bude možné směřovat data od sensorového uzlu do okrajové části s co možná nejmenším množstvím přeskoků. Volitelně využijte kromě počtu přeskoků i jiné dostupné údaje – např. sílu signálu, odezvu, případně pokud se rozhodnete uzly dle nějakého klíče uspořádat (např. hierarchicky), tak i toto uspořádání.

## 2.2 Okrajová část

▲ V okrajové části implementujte daemona pro poskytnuté zařízení, který bude přijímat data ze sensorické části a posílat je do části vnější, již protokoly klasického TCP/IP zásobníku.

Můžete zpracovat i prvotní filtraci dat. Ta může spočívat v analýze jednotlivých datových proudů a detekci anomálií vybraným algoritmem. Jednoduchým příkladem detekce nežádoucích výkyvů může být např. spočítání změny teploty za určitý časový úsek, a pokud je tato změna větší, než by bylo reálně možné, půjde pravděpodobně o špatné měření, vadný senzor nebo jiný jev, který si zaslouží pozornost.

Vzhledem k tomu, že Edge computing je pojem, který v současnosti výrazně rezonuje ve světě IoT a sensorových sítí, tak se do jeho oblasti dostaly i různé algoritmy strojového učení a umělé inteligence. Pro detekci anomálií tak můžete zahrnout i vybrané technologie z této branže.

## 2.3 Vnější část

▲ Server ve vnější části nakonfigurujte tak, aby byl schopen přijímat data z okrajových uzlů již standardními protokoly – nabízí se využít klasický TCP/IP zásobník a například protokol MQTT, který je rovněž standardem.

▲ Na serveru umožněte ukládání dat do vybrané databáze, která je vhodná pro tento účel. V základu to může být klidně DBMS MySQL, PostgreSQL a jiné, ovšem existují určitě vhodnější alternativy pro ukládání časových řad.

▲ Server rovněž vybavte způsobem, jak data vizualizovat. Použijte již hotová řešení, jako je např. Grafana. Umožněte vizualizovat data ve standardní podobě jako časovou řadu, ale i formou přehledu (např. denní a týdenní průměr a tak podobně).

Opět můžete volitelně implementovat i algoritmy pokročilejšího rázu – nabízí se například stahování dat z veřejných zdrojů a hledání korelace. V této oblasti můžete být libovolně kreativní, dbejte ale na to, aby výsledek byl prakticky použitelný a nešlo o nucenou featuru.

Příkladem může být například hledání korelace mezi naměřenými teplotami a vlhkostmi ovzduší s počasím v dané oblasti.

## 2.4 Dotazování

▲ Důležitou vlastností sensorových sítí je i sběr dat on-demand, tedy na vyžádání. Implementujte proto tedy způsob, jakým se ze serveru dotázat celé sensorové sítě na nějakou agregovanou množinu dat. K tomuto využijte okrajový uzel, který bude požadavek přijímat a sensorové uzly řídit.

Dotazem může být například „Kolik senzorů má teplotu vyšší než 20 stupňů?“, případně „Jaká je aktuální průměrná teplota?“.

### 3 Dokumentace

▲ Řešení důkladně zdokumentujte, a to jak z pohledu síťových protokolů, tak implementačních aspektů. Pro formalizaci vlastních protokolů použijte některý ze standardních popisů (např. ASN.1). Součástí bude i programátorská dokumentace, mj. zahrnující postup překladač a nahrání software/firmware do cílového prostředí.

▲ Důležitou součástí dokumentace je měření. To bude zahrnovat:

- měření spotřeby el. energie v senzorických uzlech
- měření síťového provozu
- měření odezvy přes celý průměr sítě (od nejvzdálenějšího uzlu po server)

Naměřené hodnoty diskutujte a pokuste se odhadnout, jak dlouho bude na jedno nabití baterie senzorický uzel možné provozovat za průměrného využití sítě.

Důkladně popište i to, proč jsou výsledky takové, jaké jsou – tedy zda odpovídá měření tomu, co jste navrhli a implementovali.

### 4 Poznámky

K řešení můžete použít již dostupná řešení, avšak musíte jim detailně rozumět. Pokud použijete nějakou knihovnu pro realizaci konkrétního protokolu, očekává se, že budete protokolu rozumět a budete umět zdůvodnit tuto volbu včetně všech náležitostí relevantních k realizaci sensorové sítě.

Ideální by bylo, kdyby Vaše řešení bylo otestováno i v reálných podmínkách, tj., senzory bychom umístili např. do kanceláří a okrajový uzel na kraj sítě nebo do UC-326/327. Toto řešení by pak po dobu například jednoho týdne provádělo měření.

Vaše řešení budete prezentovat v celé míře na posledním cvičení. Detaily budou doplněny během semestru.