

# Inteligentní systém pro anonymní detekci počtu osob v místnosti

Bc. Jan Tichý <jan.tichy@tul.cz>, Ing. Lenka Kosková-Třísková Ph.D.

Tato práce se zabývá návrhem inteligentního systému, který pomocí měření profilu koncentrace oxidu uhličitého umožňuje určit počet osob v místnosti. Aplikace je založena na vestavěném IoT zařízení s operačním systémem FreeRTOS a propojením s cloudovými službami od Amazon Web Services. Naměřená data o CO<sub>2</sub> se ukládají do NoSQL databáze. Výpočet množství osob se provádí na straně serveru pomocí Lambda funkce. Data jsou následně dostupná z webového prostředí.

**Klíčová slova:** Oxid uhličitý, internet věcí, FreeRTOS, Amazon Web Services, NoSQL

## Úvod

Hlavním cílem práce byla tvorba zařízení, které bude schopné na základě naměřených dat koncentrace oxidu uhličitého spočítat počet osob v místnosti.

Prvním úkolem bylo provést rešerši metod měření koncentrace CO<sub>2</sub> a následně i výpočet osob v daném prostředí z techno hodnot. Pro detekci osob v místnosti lze aplikovat několik základních metod. Dají se použít například PIR čidla pro detekci pohybu, videokamera, respektive infrakamera v kombinaci s algoritmem pro rozpoznávání obrazu, měření emise rádiových vln z elektronických zařízení, počet přihlášených osob na školních počítačích, anebo pomocí koncentrace oxidu uhličitého.

Při hledání odborných článků pro výběr správné metody pro výpočet jsem narazil na mnoho projektů, všechny se shodně odkazovali na list „CO<sub>2</sub>-Based Occupancy Detection for On-Line Outdoor Air Flow Control” od autorů S. Wang a X. Jin [1]. V jejich práci se zabývali právě měřením aktuálního počtu lidí v prostoru na základě změn koncentrace oxidu uhličitého v prostředí. Vycházeli z hmotnostní rovnice úbytku a přírůstku vzduchu díky vzduchotechnice. Nejdůležitější byl dodatek k práci, který obsahoval popis veškerých veličin působících ve výpočtu a jejich jednotek. Tato informace byla v ostatních člancích vynechána.

$$n_{occ}C_{prodpp} + m_{vent}\dot{C}_{vent} - m_{vent}C_R = V \frac{dC_R}{dt} = 0$$

Dále bylo mým úkolem navrhnout systém, který pomocí vestavěného zařízení bude schopen měřit

koncentraci oxidu uhličitého a zároveň bude možné data odeslat na cloudové úložiště od firmy Amazon.

Posledním úkolem bylo systém doplnit o zobrazovací systém, kde budou ukázány výsledky měření. Jako doplněk jsem v rámci magisterského projektu k vybranému vývojovému kitu doplnil maticový displej pro zobrazování dat koncentrace oxidu uhličitého a množství osob v učebně.

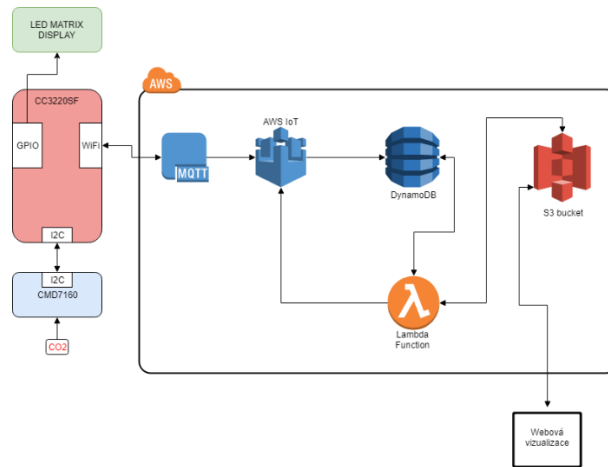


Schéma 1 - Blokové schéma projektu [2][2]

## Metodika

V první části projektu jsem provedl analýzu. Nejprve jsem rozebral metodiku a praktické využití měření oxidu uhličitého. Následně jsem se zaměřil na správný výběr hardwaru, který tvoří celý měřicí systém.

Pro měření plynu jsem použil optický infračervený senzor. Tato metoda, v porovnání s elektrochemickou a polovodičovou, vykazovala lepší vlastnosti. Výhodou je stálost měření v závislosti na stáří čidla, dostatečný rozsah měřených hodnot v rozsahu 100–5000 ppm.

Pro výběr vývojové desky se stanovila tato kritéria. Podpora operačního systému *FreeRTOS*, velikost paměti RAM alespoň 100 kB, internetová konektivita (Wi-Fi nebo LAN), podpora sběrnic UART a I<sup>2</sup>C, cena do 2 500 a podpora cloudu od firmy Amazon. Tato kritéria splnila deska od firmy Texas Instrument s mikrořadičem CC3220SF.

Vývoj aplikace probíhal postupně. Napřed jsem zapojil a nakonfiguroval vývojový kit a čidlo CO<sub>2</sub>. Vytvořil jsem úlohu, která se periodicky volá s určitou prioritou. Dále jsem navázal komunikaci s IoT službou od Amazonu. Naměřená data jsem uložil do *NoSQL* databáze *DynamoDB*. Samotný výpočet množství lidí probíhá na naměřených datech přímo na serveru. Konkrétně v rozhraní Lambda funkce. Kde výpočet probíhá v *JavaScriptu*. Výhodou vývoje na cloudu od Amazonu je dostatečně podrobné a provázané API a dokumentace.

Posledním krokem před experimentální částí byla vizualizace. Tu jsem rozdělil na dvě části. První část je webové rozhraní, které je realizované na *AWS S3 Bucket* službě. Webové rozhraní se skládá z *Angular Bootstrap*, knihovny *Chart.js* pro vizualizaci dat v podobě grafu a SDK pro komunikaci s *AWS* cloudem. Druhá část je maticový displej. Ten je bez řadiče připojen k vývojovému kitu. Pro tuto část jsem od základu napsal celý řadič a grafickou knihovnu pro zobrazování textu na panelu.

Nakonec jsem měřicí systém zkoušel v učebně A10 na FM Technické univerzity v Liberci. Proběhla celkem 4 experimentální měření na ověření výpočtu osob při různých podmínkách. Otevření oken, otevření dveří či kombinace obojí.

## Výsledky a diskuze

Po proběhlých 4 experimentálních měření lze vyvodit, že výpočet osob v místnosti je spíše orientační. Výpočet je celkem citlivý na krátkodobé výkyvy hodnot. Pokud provedu výběr hodnot v případě velkého poklesu CO<sub>2</sub> vlivem otevření dveří nebo okna, tak to může vést ke zkreslení detekci osob. Výsledkem měření za stálých podmínek je znát lineární nárůst koncentrace plynu i v případě otevřeného okna. Je-li nárůst nebo sestup hodnot lineární, je odhad lidí v místnosti přesný.

Použití *AWS* služeb se z počátku zdálo jako dobrý nápad. Z používání uživatelů patří cloud *AWS* mezi první trojici nejpoužívanějších platforem. Během

vývoje jsem narazil na problém. Podpora mého vývojového kitu byla zrušena, a já musel v průběhu práce migrovat na novější model. Celkově vývoj cloudových služeb je velice dynamický a změny nejsou vždy zpětně kompatibilní.

## Závěr

Výsledkem práce byl funkční IoT systém pro sběr dat o koncentraci oxidu uhličitého, napojený na *AWS* služby. Měřicí zařízení má připojený maticový displej pro aktuální vizualizaci v místnosti.

Do budoucna se plánuje migrace na cloudové řešení od firmy *Matlab*, přechod vývojového kitu na mikrořadič od *ST* a rozdělení informační části s displejem a samotné měřicí zařízení. Dále by se měřicí zařízení mělo plně implementovat do prostředí a provést dlouhodobé měření.

## Poděkování

Rád bych poděkoval za vedení mé práce Ing. Lence Koskové-Třískové Ph.D., která mou práci vedla a byla nápomocna její realizaci radou.

Tato práce byla podpořena z projektu Studentské grantové soutěže (SGS) na Technické univerzitě v Liberci v roce 2019.

## Reference

- [1] WANG, Shengwei a Xinqiao JIN, 1998. CO<sub>2</sub>-Based Occupancy Detection for On-Line Outdoor Air Flow Control. *Indoor and Built Environment*. (3), 165-181. DOI: 10.1159/000024577. ISSN 1423-0070. Dostupné také z: <https://www.karger.com/Article/FullText/24577>
- [2] TICHÝ, Bc. Jan, 2018. Inteligentní systém pro anonymní detekci počtu osob v místnosti. Liberec. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Ing. Lenka Kosková Třísková, Ph.D.
- [3] FreeRTOS Kernel: Reference Manual [online], 2018. 1. Amazon Web Services [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://docs.aws.amazon.com/freertos-kernel/latest/ref/freertos-kernel-ref.pdf>
- [4] YIU, Joseph, 2014. The definitive guide to ARM® Cortex®-M3 and Cortex-M4 processors. Third edition. Amsterdam: Elsevier, Newnes. ISBN 978-0124080829.