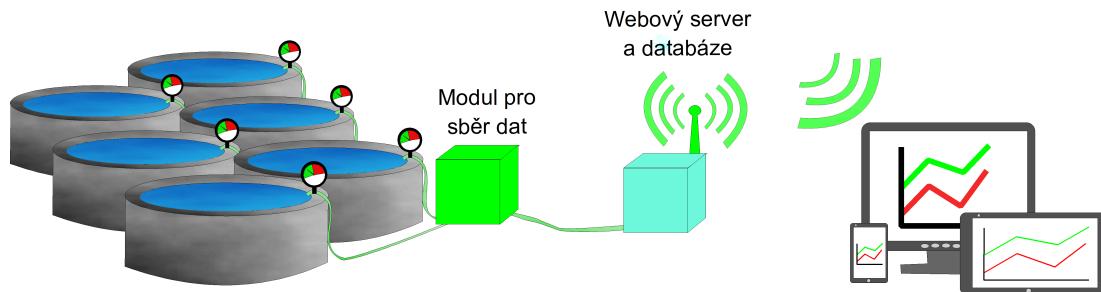


# FactoryMonitor

David Bažout\*, Daniel Kolínek\*\*



## Abstrakt

Cílem tohoto článku je představit začínající start-up FactoryMonitor. Naším produktem je monitorovací a řídící systém vytvořený na míru potřeb zákazníka. Nesnažíme se o převratné inovační řešení, využíváme stávající technologie, snažíme se s nimi nakládat efektivně a poskytnout zákazníkovi cenově dostupné a minimalistické řešení.

Systém umožňuje sbírat hodnoty ze širokého spektra senzorů umístěných i ve fyzicky vzdálených lokalitách, ukládání historických hodnot, přehlednou vizualizaci na míru konkrétnímu zákazníkovi, automatizované i manuální ovládání vzdálených výstupů a přístup k chytrým statistikám.

Součástí projektu je průzkum možností a návrh architektury hardwarové i softwarové realizace celého systému. Načerpané teoretické znalosti se nám podařilo proměnit v reálné a fungující řešení monitorovacího systému. Vedením konstruktivní diskuze se zákazníky získáváme stále spoustu nových informací a hledáme nové cesty ke zlepšení výsledného produktu.

**Klíčová slova:** Automatizace — Sběr dat — Vizualizace — Informační systém

**Připojené materiály:** Propagační materiál, Lean Canvas

\* xbazou00@stud.fit.vutbr.cz, Faculty of Information Technology, Brno University of Technology

\*\* xkolin05@stud.fit.vutbr.cz, Faculty of Information Technology, Brno University of Technology

factorymonitorinfo@gmail.com, FactoryMonitor

## 1. Úvod

Monitorovací a řídící systémy nacházejí uplatnění v široké oblasti průmyslu. Existující řešení mohou být pro některé zákazníky zbytečně nákladná a v praxi nepoužitelná. Zákazník dostane to co chtěl, ale často není nasazená technologie úměrná jeho potřebám a zůstává nevyužita.

Alternativu mohou představovat levnější krabicová řešení, u kterých má ale zákazník omezené možnosti pro přizpůsobení produktu vlastním potřebám. Tato řešení mohou vyžadovat alespoň částečné technické znalosti, nebo vynaložení nemalých finančních nákladů

v případě realizace instalace specializovanou montážní firmou.

Náš produkt poskytuje velice flexibilní řešení vytvořené na míru konkrétnímu zákazníkovi za rozumných pořizovacích nákladů. Toho jsme schopni docílit chytře navrženým a vysoce znovupoužitelným zdrojovým kódem, který umožňuje efektivní realizaci specifických přání zákazníka. Druhým pilířem našeho řešení je minimalistická ale zároveň dostačující hardwarová konfigurace.

I přes vysokou univerzálnost systému a možnost uplatnění v mnoha odvětvích považujeme za důležité zaměřit se a hlouběji porozumět problémům konkrétní

skupiny zákazníků. V současné době zaměřujeme na potřeby intenzivního chovu ryb.

Základní prvky našeho řešení tvoří vstupní periferie pro získávání hodnot ze senzorů a síť propojující vstupní jednotky s hlavní řídící jednotkou. Informace získané ze sítě senzorů jsou uchovávány v databázi a poté zobrazovány v přehledném informačním systému vytvořeném na míru zákazníka. Do systému je možné přistupovat vzdáleně pomocí internetového připojení odkudkoliv pomocí webového prohlížeče.

V dalších sekcích se dozvítíte více technických podrobností o zvolené technologii, použité komunikaci, či vyvýjeném informačním systému. Nedlouhou součástí článku je i průzkum trhu a popis typického životního cyklu instalace.

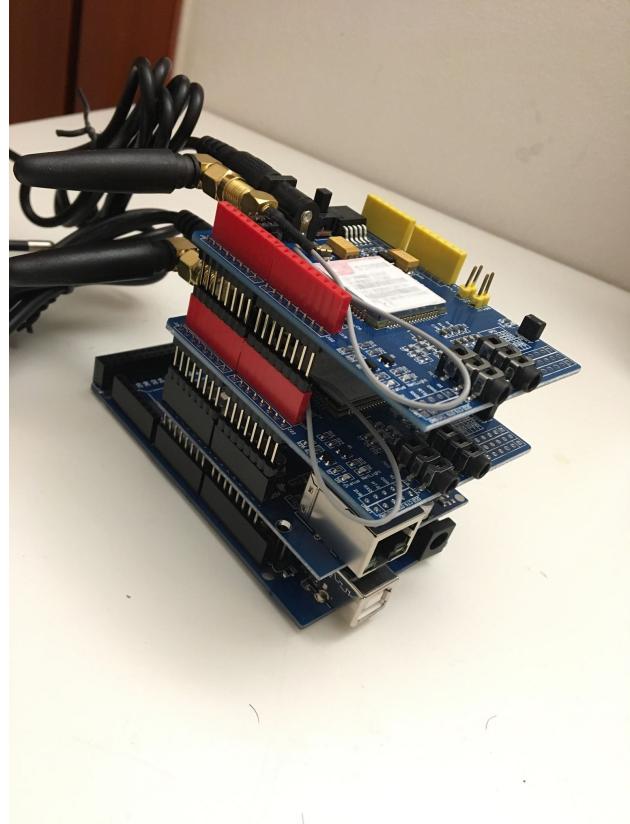
## 2. Architektura a hardwarový návrh systému

Technologické výrobní procesy se vyznačují množstvím nejrůznějších hodnot, které je nutné v pravidelných intervalech získávat ze senzorů. Senzor je komponenta realizující převod elektrických (elektrické napětí a proud) i nenelektrických veličin (teplota, vlhkost, koncentrace kyslíku, pH, ..) na počítačově zpracovatelnou podobu. Vstupní periferie našeho systému umožňuje komunikovat se senzory pomocí protokolu MODBUS, proudové smyčky 4-20mA nebo napětí v rozsahu 0 - 5V.

Při návrhu periferie pro získávání hodnot ze senzorů je třeba myslet na nároky prostředí, kde bude technologie použita. U příliš dlouhého vedení vzniká riziko chyby přenosu vlivem rušení z okolí, přílišný odpor dlouhého vodiče nebo nedostupnost napájecího zdroje v blízkosti senzoru. V prostředí může být vysoká vlhkost nebo jiné podmínky nepříznivě ovlivňující korozi vodičů. Chytrý návrh může u rozsáhlejšího provozu ušetřit spoustu finančních prostředků na pořízení, instalaci a provoz měřící soustavy.

Aby zde byla možnost dalšího zpracování naměřených hodnot, vzniká nutnost vytvoření centrální jednotky sdružující data z menších periferií. Pro ukládání naměřených hodnot je vhodné využít specializovaných databázových serverů [1], které umožňují efektivní práci s vysokými objemy dat. Aby nedocházelo ke zbytečné komunikaci mezi centrální jednotkou a vstupními periferiemi, centrální jednotka posílá v případě potřeby dotazy na aktuální situaci na senzorech.

Zásadní problém představuje vhodný komunikační kanál pro komunikaci mezi centrální jednotkou a vstupními periferiemi. V úvahu připadají možnosti bezdrátové komunikace (Wi-Fi, Bluetooth, rádiové rozhraní pro 433MHz, ..) nebo komunikace po kabelu



Obrázek 1. Prototyp vstupní periferie.



Obrázek 2. Jednodeskový počítač Raspberry Pi.

(RS232, RS485, USB, ..). Bezdrátová komunikace usnadňuje nároky na instalaci celého systému, ale je více náchylná na rušení z okolí, ztrátu spojení a odladění spolehlivé implementace. Ztráta spojení se senzorem může v tomto případězpůsobit velké škody a složitější implementace negativně ovlivňuje pořizovací náklady systému. Z těchto důvodů byla alespoň v počátečních fázích projektu zvolena komunikace po kabelu. Využití komunikace typu ethernet lze vytvořit rozsáhlou síť navzájem komunikujících senzorů umístěných i na fyzicky oddělených místech. Ethernetové kably umožňují bezpečný přenos bez nutnosti použití opakovače až do vzdálenosti 100m. Jejich další výhodou je možnost aplikace technologie PoE pro napájení

senzorů v místech nedostupnosti zdroje napětí a celkového zjednodušení instalace.

Komunikaci mezi centrální jednotkou a vstupními periferiemi realizuje vlastní komunikační protokol navržený pro účely tohoto systému. Protokol umožňuje do vstupní periferie zasílat zprávy s různým významem (dotaz na hodnotu, příkaz k nastavení výstupní hodnoty, příkaz k odeslání zprávy SMS) a parametry doplňující význam příkazu (cílové telefonní číslo, číslo pinu s připojeným senzorem). Po zpracování příkazu odpovídá periferie odesláním výsledku, případně informuje o úspěchu prováděné operace.

Podle předchozího rozboru je vhodné monitorovací systém rozdělit na vstupní periferii v podobě mikrokontroléra a výkonnější počítač s možností spuštění operačního systému unixového typu. Jednou z nejrozšířenějších vývojových platform pro vývoj nízkoúrovňových zařízení je platforma Arduino.[2]

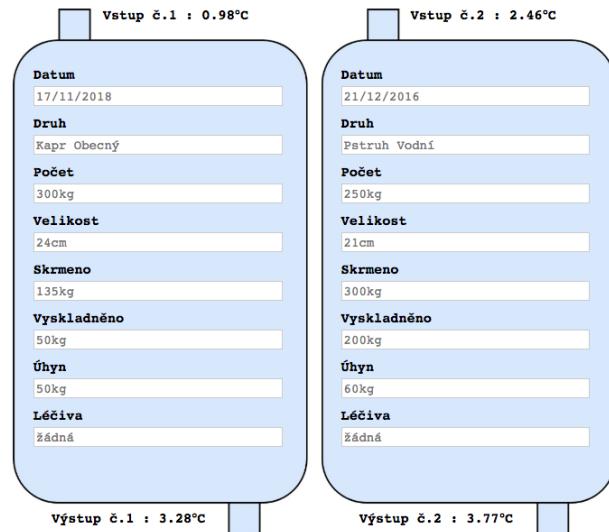
Tato platforma umožňuje pracovat s analogovými a digitálními vstupy, komunikovat po síti typu ethernet, v případě potřeby lze využít schopnosti komunikace po sériové lince a v neposlední řadě je s touto platformou spojena celosvětová komunita sdílející množství knihoven a levně dostupná hardwarová rozšíření. V našem případě jsme platformu Arduino rozšířili o modul pro komunikaci po síti ethernet a GSM moduly umožňující zasílaní SMS zpráv. Celá platforma je napájena formou PoE po ethernetovém kabelu. Na obrázku 1 je fotografie jednoho z testovaných prototypů vstupní periferie.

Úlohu centrální stanice realizuje v současné době celosvětově proslulý jednodeskový počítač Raspberry Pi [3], jehož podoba je ilustrována na obrázku 2. Vyznačuje se dostatečným výkonem pro provoz databázového a webového serveru, možností připojení monitoru, myši a klávesnice, což umožňuje levnou realizaci řídící stanice na pracovišti. Další výhodou je možnost přístupu pomocí vzdálené plochy, řešení potíží a aktualizace SW podle nových požadavků zákazníka.

### 3. Návrh znovupoužitelného SW

V případě, že nechceme zákazníkům nabízet obecná a krabicová řešení a jednou z našich priorit je zachování osobního přístupu, je zde nutnost navrhnout velice dobré znovupoužitelný kód. Problém vizualizace, práce s databází a komunikace se sítí periferií byla rozdělena do samostatných modulů v známém prototypovacím jazyce Python. S pomocí téhoto modulu lze později jednoduše a rychle vytvořit produkt se specifickými požadavky zákazníka.

Modul zjednodušující úlohu vizualizace[4] umožňuje pomocí webového serveru vytvářet obrazovky



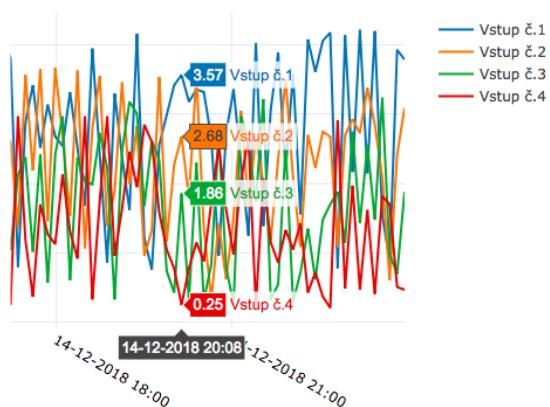
**Obrázek 3.** Ukázka části schématu provozu s integrovaným informačním systémem. [4]

pro schéma provozu, procházení historických hodnot formou přehledných grafů, zobrazování statistických údajů, hlídání kritických hodnot měřených veličin a automatické nebo manuální ovládání výstupů.

Zobrazování naměřených hodnot v reálném čase lze ve schématu provozu specifikovat pouze definováním souřadnic pro výpis. Vše ostatní zajišťují funkce modulu. Na obrázku 3 je ukázka výzevu schématu provozu pro našeho prvního zákazníka. Tímto způsobem lze vytvořit i složitější schéma v krátkém čase. K vytvoření interaktivních grafů vhodných pro uživatele postačí specifikovat název grafu a zvolit senzory, jejich data se mají vizualizovat. Ukázka je na obrázku 4. Podobně jednoduchým způsobem probíhá vytváření dalších obrazovek.

Modul pro komunikaci se sítí periferií zajišťuje abstrakci připojeného senzoru nebo výstupního pinu. Senzor je systému specifikován IP adresou periferie a číslem pinu, ke kterému je připojen. Doplňující informace umožňují správnou interpretaci příchozích dat na straně serveru. Abstrakce senzoru využívá implementace modulu pro práci s databází[1] a zajišťuje veškeré operace s historií hodnot. Stejným způsobem je systému definován i dálkově ovládaný výstupní pin.

Vzhledem k častým požadavkům na specifickou funkcionalitu systému není příliš vhodné snažit se veškeré požadavky pokrýt uživatelským rozhraním, ve kterém by si systém uživatel konfiguroval své pomocí. Za mnohem efektivnější považujeme změny v chytré napsaném zdrojovém kódu.



**Obrázek 4.** Interaktivní grafy. [4]

#### 4. Využití sesbíraných hodnot

Samotným sesbíráním hodnot ze senzorů, uložením do databáze a základní vizualizací pomocí webového rozhraní možnosti monitorovacího systému končit nemusí a v konkurenčních produktech je toho často opomíjeno.

Jednou z možností je výpočet nové hodnoty agregací hodnot získaných ze senzorů. Pro ilustraci mohu uvést příklad, kdy jsou chovatelem monitorovány úrovně koncentrace kyslíku a teploty v nádržích pro chov ryb. Hodnoty monitorovaných veličin ovlivňují optimální krmnou dávku. Procházením statistických údajů lze tuto hodnotu přesně stanovit optimalizovat náklady na krmiva a zvýšit výnosy chovu.

Další z možností je využít množství cenných dat ze senzorů k hledání nových a zajímavých souvislostí a využít je k získání nových znalostí. Toho by mohlo být docíleno návrhem vhodné architektury a trénování modelu konvoluční neuronové sítě. Zvýšení objemu dat by mohlo napomoci využití historie u více zákazníků. Jedná se ale spíše o zajímavou myšlenku a je potřeba ji podrobněji prozkoumat a rozvíjet.

#### 5. Porovnání s konkurencí

Je samozřejmé, že se v každém odvětví najde firma, která již podobný produkt vyrábí. V našem případě se k našemu řešení nejvíce přibližuje firma Proximos, která se ovšem specializuje na výrobu, sklady, laboratoře, či restaurace. Proximos obsahuje řídící jednotku s nainstalovaným softwarem pro sběr, zápis a vyhodnocování naměřených hodnot. Řídící jednotka komunikuje se sondami prostřednictvím počítačové sítě ETHERNET (drátově, bezdrátově), elektrické sítě 230V/50Hz nebo kabelově po sběrnici RS 485. Ovšem, jak je řečeno v úvodu, naše nynější specializace se týká chovných stanic pro ryby, obsahuje možnost úpravy

systému na míru i s různými funkcemi navíc, které by mohli chovatelé využít. Proximos dále neposkytuje možnost řízený výstupů, které mohou být v našem případě dávkovače potravy, či vzduchování vody.

Growduino je zařízení pro kompletní a hlavně vzdálené monitorování a automatické řízení uzavřených pěstebních prostor, jako jsou indoor pěstírny či skleníky a je díky svým funkcionalitám velmi vhodné i pro aquaponické systémy. Jejich řešení jsou jednoduchá, podobná tomu našemu. Zákazníci se ale při instalaci systému nevyhnou nutnosti technických znalostí a není zde možnost doplnění specializovaných funkcí na míru zákazníka.

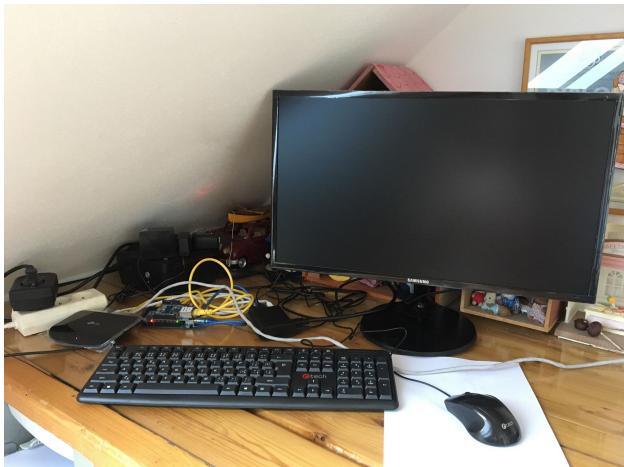
Poslední alternativou, na kterou jsme při průzkumu trhu narazili, jsou monitorovací a řídící systémy založené na programovatelných logických automated (PLC). Jedná se o embedded zařízení uzpůsobená pro účely monitoringu, řízení a automatizace. Zařízení jsou odolná pro instalace v nepříznivých podmínkách a vyznačují se i vysokou spolehlivostí. Jejich nevýhodou je poměrně vysoká cena a nutnost implementace řídícího SW.

#### 6. Od kontaktování zákazníka až po instalaci

Podíváme-li se na současná řešení komunikace mezi pracovníky chovných stanic a způsoby vedení záznamů měřitelných údajů, nastává zde problém nepřehlednosti v nasbíraných datech. Často jsou data zapisována do záznamovém archu a zaměstnanci se musí často mezi sebou na důležité informace doptávat. V mnoha případech se lze setkat se situací, kdy jsou měřené hodnoty nepřehledně zobrazovány na mnoha zařízeních rozmístěných v provozu, ale neexistuje místo, kde by byla veškerá data přehledně zobrazena. Pokud je vše zapisováno do záznamového archu, neexistuje transparentní přehled o situaci v chovu a vedení je nutno dojíždět na kontroly.

Prvním krokem jak cokoliv prodat je kontakt s potenciálním zákazníkem. Nejlepší je vždy osobní kontakt, kdy potenciálního zákazníka z našeho okolí přímo navštívíme, nabídnete jim náš produkt. U zákazníků z větší dálky jsme zvolili kontakt pomocí telefonátu, kdy stručně popíšeme náš produkt. Po projevení zájmu, následně zasíláme email s podrobnějšími informacemi.

Dalším krokem je diskuse ohledně podoby celého systému. Cílem je zjistit, co přesně zákazník potřebuje měřit a s jakou přesností potřebuje mít dané hodnoty. Sledováním zákazníka při práci získáváme důležité informace o tom, jaké funkce jsou pro něj klíčové. Nějaké požadavky může vyslovit zákazník sám, jiné mu díky důkladné znalosti možností systému navrhu-



**Obrázek 5.** Testování kompletní PC sestavy.

jeme. Dle náročnosti výsledných požadavků je určena cena a začne úprava systému pro daného zákazníka. Následuje návrh celého systému, implementace nové funkcionality a jeho realizace.

Posledním krokem je instalace měřícího systému a předání hotového, nainstalovaného a nastaveného produktu zákazníkovi. Prodej samozřejmě není posledním krokem. Oprava chyb ze strany našeho měřícího systému je samozřejmostí. Poskytujeme samozřejmě i možnost rozšíření systému o jiné senzory, či funkce informačního systému. Na obrázku 5 se nachází kompletní PC sestava vhodná pro umístění do kanceláře chovatele. Její pořizovací náklady jsou velice příznivé.

## 7. Závěr

V tomto dokumentu jsme představili náš produkt, kterým je měřící systém vyvíjený na míru dle specifických požadavků zákazníka. Není tedy nikdy dopředu známo, jak bude výsledný systém u zákazníka vypadat. V současné době máme dokončenou základní kostru celého systému s funkcionalitou umožňující plné nasazení v reálných podmínkách a na první instalace se již chystáme. Rozhodně ale vidíme spoustu cest, kterými lze vylepšit spolehlivost, uživatelskou přívětivost nebo cenovou hladinu a systém chceme dále vyvíjet. Naše budoucí práce se bude ubírat směrem k získání zákazníků, propagace a flexibilním úpravám produktu podle potřeb na trhu. I když se naše nynější práce specializuje na oblast intenzivního chovu ryb, do budoucna bychom rádi nezůstali pouze u jediné specializace.

## Literatura

- [1] Regina O Obe and Leo S Hsu. *PostgreSQL: Up and Running: a Practical Guide to the Advanced Open Source Database.* "O'Reilly Media, Inc.", 2017.
- [2] Massimo Banzi and Michael Shiloh. *Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform.* Maker Media, Inc., 2014.
- [3] Eben Upton and Gareth Halfacree. *Raspberry Pi user guide.* John Wiley & Sons, 2014.
- [4] Plotly Technologies Inc. Collaborative data science, 2015.