

# **Systém pro odbavování multimediálního obsahu, monitoring a řízení interaktivních exponátů**

Návrh technického řešení

verze 1.0  
26.6.2024

Pro příspěvkovou organizaci:

Moravian Science Centre Brno  
Křížkovského 554/12, 603 00 Brno  
IČ: 29319498, DIČ: CZ29319498

zpracoval:

Jan Stejskal  
Voříškova 567/8, 623 00 Brno  
IČ: 76299376, DIČ: CZ8502074273

# Obsah

Současné technické řešení.....	3
Řešení závad.....	3
Cíle navrhovaného řešení.....	3
Stručný popis navrhovaného řešení.....	3
Odbavování multimediálního obsahu.....	4
Řídící elektronika.....	5
Serverová aplikace řízení expozice.....	5
Správa obsahu.....	6
Komunikační protokol.....	6
Standardy.....	6
Topologie sítě.....	6
Dokumentace.....	6
Technické řešení expozičního systému.....	6
Odbavování multimediálního obsahu.....	7
Řídící elektronika.....	8
Serverová aplikace řízení expozice.....	9
Správa obsahu.....	9
Komunikační protokol.....	10

# Současné technické řešení

Interaktivní exponáty běží na několika typech kancelářských PC s již zastaralým OS Windows. Aplikace odbavující obsah jsou uzavřené, bez možnosti editace zdrojového kódu, bez dokumentace, vytvořené na míru pro každý jednotlivý exponát. Některé exponáty využívají licencovaný software. Čidla a další prvky uživatelské interakce jsou řešeny pomocí hardware a software různých výrobců, některé pro průmyslové použití (Siemens<sup>1</sup>, Advantech<sup>2</sup> a další), jiné specializované pro školní výuku (Vernier<sup>3</sup>). Pro nastavení a kalibraci se využívá různý software, chybí dokumentace a postupy. Dle výrobce a konkrétního použití se liší také kabeláž, řada exponátů využívá nestandardizované kabely. Inovované exponáty využívají rozličná nezdokumentovaná řešení využívající vývojové moduly<sup>4</sup>. Řada exponátů využívá síťovou infrastrukturu a serverové aplikace pro komunikaci mezi odbavovacím software uživatelskými vstupy. Exponáty nedisponují monitorováním stavu, jednotným systémem záznamu chyb ani jejich reportováním. Pro případnou obnovu software jsou drženy zálohy obrazů disků, jiný způsob zálohování dat současné řešení neumožňuje.

## Řešení závad

Absence monitoringu a reportování závad komplikuje zjištění závad, především pokud nastávají pouze za specifických okolností. Po zjištění závady je nutná diagnostika, odhalení příčiny závady. Diagnostika je stížená absencí dokumentace, popisu technologií. Závady hardware nelze řešit operativně, více typů hardware a výrobců omezuje možnost držení náhradního hardware skladem, některý hardware je třeba nahrazovat jiným řešením. Závady software, které nelze řešit obnovou ze zálohy, obvykle vyžadují úplnou náhradu novým řešením.

## Cíle navrhovaného řešení

- **Udržitelnost** (významné zkrácení doby řešení závad, dlouhá životnost použitého hardware, nahraditelnost zařízení kus za kus, automatizace, nezávislost na konkrétních dodavatelích),
- **zastupitelnost** (nižší nároky na odbornost, významné snížení množství použitých technologií, definování postupů, dokumentace),
- **inovace** (otevřený systém, dostatečný výkon HW pro budoucí inovace).

---

1 <https://www.siemens.com/cz/cs/products/automation/systems/industrial/plc/logo.html>

2 [https://www.advantech.com/en-eu/products/remote-i-o/sub\\_1-2mlcjf](https://www.advantech.com/en-eu/products/remote-i-o/sub_1-2mlcjf)

3 <https://www.vernier.cz/uvod/rozcestnik>

4 <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/stable/esp32/hw-reference/esp32/get-started-pico-kit-1.html>

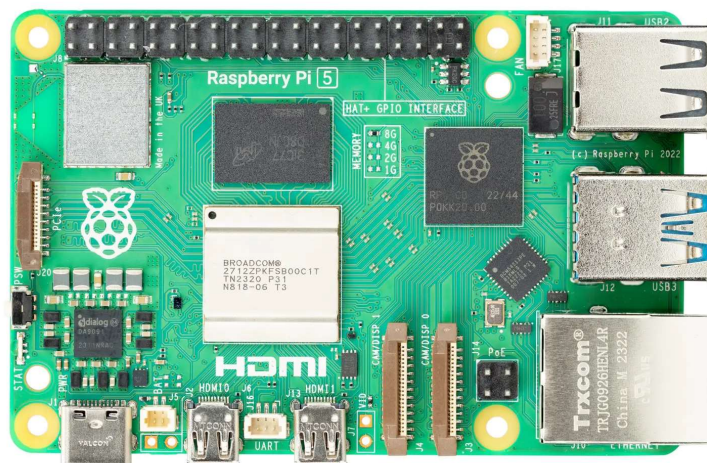
# Stručný popis navrhovaného řešení

Navrhované technické řešení se skládá z následujících částí:

- Hardware a software pro odbavování multimediálního obsahu,
- hardware a firmware řídící elektroniky a uživatelských vstupů,
- serverová aplikace monitoringu a řízení expozice,
- aplikace pro správu obsahu,
- komunikační protokol,
- zavedení standardů,
- topologie sítě,
- technická a zadávací dokumentace.

## Odbavování multimediálního obsahu

Pro odbavování multimediálního obsahu se použije jednotný hardware i software, všechny exponáty budou vybaveny totožným jednodeskovým počítačem (SBC<sup>5</sup>), open-source operačním systémem a totožnou aplikací. Data jsou uložena lokálně, aplikace si automaticky kontroluje novější verzi na serveru a umí se v případě potřeby sama aktualizovat.



Aplikace zajišťující zobrazení obsahu využívá webové technologie. Nekompilovaný zdrojový kód je čitelný a nezávislý na dodavateli a vývojových prostředích. Díky tomu lze editovat dle potřeby i s odstupem několika let.

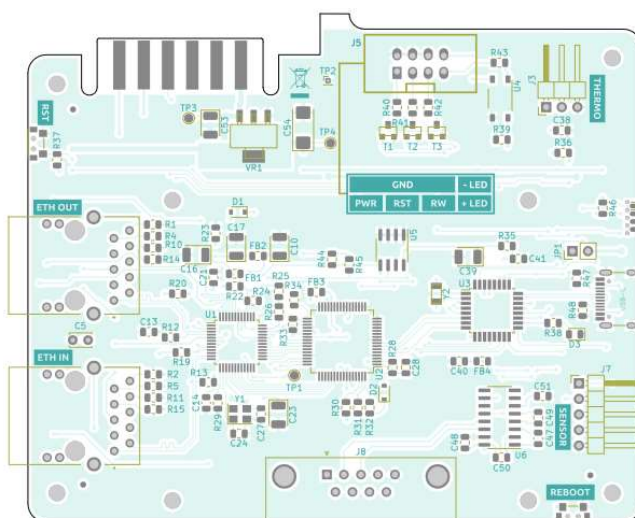
Jednotný hardware i systém a jeho konfigurace umožňuje v případě závady výměnu kus za kus kýmkoliv. Zálohy systému a obsahu exponátu nejsou potřeba pro každý exponát samostatně, drží se pouze záloha systému na SD kartě, která je pro všechny exponáty stejná. Data exponátu jsou uložena na serveru, odkud se automaticky stáhnou.

## Řídící elektronika

Zakázkový hardware, který zajišťuje napájení, řízení napájení, zapínání, vypínání, restart a monitoring stavu připojeného SBC. Dále umožňuje připojení čidel a prvků uživatelské interakce. Systém monitoruje stav exponátu a vlastní stav a komunikuje se serverem.

Všechny exponáty jsou vybaveny totožným řídicím systémem, připojená mohou být různá čidla. Případná závada lze řešit výměnou kus za kus kýmkoliv, systém si sám stáhne konfiguraci ze serveru dle exponátu, ke kterému je připojen.

Komunikace a napájení řídicího systému je řešeno přes Ethernet s POE+, systém dále zajišťuje připojení k síti i napájení i připojenému SBC. Toto řešení eliminuje potřebu nové kabeláže a napájecích zdrojů.



## Serverová aplikace řízení expozice

Zobrazuje stav všech exponátů na několika úrovních, umožňuje monitorovat stav odbavovacího hardware, řídicí elektroniky, všech připojených čidel a vstupů, projektorů a dále stav software exponátů. Loguje síťovou komunikaci, reportuje závady.

Umožňuje plné řízení exponátů na sw i hw úrovni, což eliminuje nutnost fyzické přítomnosti a interakce s hardware exponátu.

Dále umožňuje zasílání notifikací na exponáty, lze tak návštěvníky informovat o aktuálních akcích.

Systém umí shromažďovat statistická data o využívání exponátů jako jsou způsob a doba interakce, úspěšnost a podobně.

Uživatelské rozhraní je dostupné ve webovém prohlížeči i jako mobilní aplikace.

## **Správa obsahu**

Aplikace umožňuje úpravu obsahu jako jsou texty, obrázky, videa, jazykové mutace a další všech multimediálních exponátů a to prostřednictvím uživatelského rozhraní bez nutnosti programování. Aplikace umožňuje verzování a plánování publikování obsahu.

Aplikace dále umožňuje změnu barev uživatelského rozhraní všech multimediálních exponátů například v návaznosti na speciální akce jako Vida After Dark a podobné.

Toto řešení eliminuje potřebu programátora pro každou byť i drobnou úpravu obsahu.

## **Komunikační protokol**

Všechny části expozičního systému jsou propojeny v síti a využívají jednotný standardizovaný komunikační protokol. Komunikace může být z bezpečnostních důvodů šifrovaná. Zavedení jednotného standardu eliminuje obtížnou diagnostiku při odhalování závad v síťové oblasti.

## **Standardy**

Zavedení standardů je klíčové pro snadnou orientaci v expozičním systému a umožňuje snazší zastupitelnost při řešení závad i při inovacích. Příkladem může být komunikační protokol, kdy větší množství různých protokolů a všechny proprietární protokoly budou nahrazeny jedním standardizovaným protokolem.

Snazší údržbu a řešení závad umožní sjednocení standardů u kabeláže a dalšího hardware, kde se lze omezit pouze na Ethernet, HDMI, USB a standardizované kabelové svazky čidel.

## **Topologie sítě**

Všechny exponáty, řídicí systém a čidla budou v jedné samostatné expo síti s podporou POE+. Do této sítě bude přístup přes VPN. Takové řešení umožňuje plnou kontrolu nad síťovou komunikací, která není narušována jinými nesouvisejícími zařízeními. Současně je zcela oddělená od firemní sítě, což zvyšuje bezpečnost celého řešení.

## **Dokumentace**

Součástí navrhovaného řešení je technická dokumentace, která popisuje všechny součásti expozičního systému, hardware, software, komunikaci. Definuje pracovní postupy a umožňuje snadnou zastupitelnost.

Zadávací dokumentace pak definuje technologie a standardy, které expoziční systém využívá a vytváří tak srozumitelné zadání a podmínky implementace pro případné externí dodavatele.

# Technické řešení expozičního systému

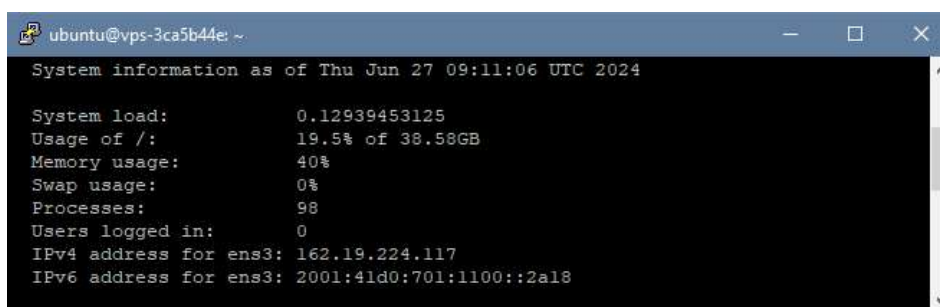
## Odbavování multimediálního obsahu

Odbavování obsahu zajišťuje jednodeskový počítač Raspberry Pi 5. Jedná se o malý, levný počítač s dostatečným výkonem pro všechny současné exponáty i pro inovované nebo nové exponáty s vyššími nároky na výkon. Raspberry má dlouholetou podporu od výrobce a velkou komunitu uživatelů po celém světě. Výrobce udává plánovanou produkci do ledna 2036<sup>6</sup>.

Díky malým rozměrům a poměrně nízkým nárokům na napájení lze RPi umístit v těsné blízkosti projektorů, monitorů atd. Což eliminuje tahání HDMI kabelů na větší vzdálenosti.

Operační systém Raspberry Pi OS je 64bitový systém založený na Debianu. Pro účely expozice se použije verze Lite bez grafického uživatelského rozhraní. Grafické uživatelské rozhraní má vysoké nároky na paměť a výkon a obsahuje množství balíčků a software, který není potřebný. Grafické rozhraní nahradí Ubuntu-frame<sup>7</sup> založený na Wayland, který je vyvíjený přímo pro účely embedded zařízení.

Pro vzdálený přístup bude k dispozici SSH a SCP.



```
ubuntu@vps-3ca5b44e: ~  
System information as of Thu Jun 27 09:11:06 UTC 2024  
  
System load:          0.12939453125  
Usage of /:           19.5% of 38.58GB  
Memory usage:         40%  
Swap usage:           0%  
Processes:            98  
Users logged in:      0  
IPv4 address for ens3: 162.19.224.117  
IPv6 address for ens3: 2001:41d0:701:1100::2a18
```

Pro zobrazení aplikace, uživatelského rozhraní a samotného obsahu exponátu, se použije WPE Webkit<sup>8</sup>, což je implementace jádra webového prohlížeče Webkit určená pro embedded zařízení. WPE má plnou hardwareovou akceleraci, což umožňuje pracovat s grafickými prvky náročnými na výkon (dekódování videa ve vysokém rozlišení, vykreslování partikul, WebGL a podobně). WPE poskytuje vzdálený debug, díky čemuž lze snadno řešit závady i v případě, že nebude dostupná diagnostika v expoziční aplikaci.

Pro servírování webového obsahu využijeme Lighttpd<sup>9</sup>, rychlý a bezpečný webový server.

Všechny zmíněné technologie jsou open-source s velkou komunitou uživatelů a jsou aktivně vyvíjeny.

Samotná exponátní aplikace bude využívat webové technologie jako jsou Javascript, HTML a CSS. Tyto programovací jazyky jsou jazyky skriptovací, jejich zdrojový kód se

<sup>6</sup> <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi5/raspberry-pi-5-product-brief.pdf>

<sup>7</sup> <https://mir-server.io/ubuntu-frame>

<sup>8</sup> <https://gitlab.com/glancr/wpe-webkit-snap>

<sup>9</sup> <https://www.lighttpd.net/>

nekompile, což znamená, že nejsou závislé na vývojovém prostředí. Jsou zpětně kompatibilní, případné nové verze nezpůsobí nefunkčnost starších aplikací v nich napsaných. Zdrojový kód je čitelný a je přímo součástí exponátu, což eliminuje problémy s případnými aktualizacemi.

Exponátní aplikace se bude skládat z několika částí, grafického uživatelského rozhraní, které bude pro všechny exponáty jednotné. Dále z komunikační části, která zajišťuje komunikaci se serverem, řídicí elektronikou, dalšími exponáty. Slouží k monitorování stavu a řízení. Poskytuje data z čidel a dalších uživatelských vstupů. I tato část je pro všechny exponáty shodná a bude zhotovena formou tříd/funkcí, které budou součástí mustru. Jednotné budou také konfigurační soubory grafického prostředí, změnou parametrů lze snadno, bez programování, dosáhnout změny vzhledu. Využitelné pro různé typy akcí jako například Vida After dark.

Aplikace umožňuje zobrazení notifikací, lze tak informovat návštěvníky o probíhajících akcích nebo jiných událostech.

Poslední část je samotný obsah exponátu, což může být kombinace textů, obrázků, videí, animací, her a podobně. Tato data budou uložena lokálně na SD kartě nebo disku, ale také na serveru, odkud se exponát může automaticky aktualizovat v případě existence nové verze. Aplikace umí spočítat vlastní hash a porovnat ho s verzí na serveru, díky tomu se data stahují pouze v případě existence novější verze.

Navrhované řešení umožňuje snadnou výměnu hardware kus za kus v případě závady. Systém na SD kartě je pro všechny exponáty totožný a to včetně aplikací. Potřebné konfigurace a data se automaticky stáhnou ze serveru. Není nutné udržovat zálohy všech exponátů.

## Řídicí elektronika

Řídicí elektronika je víceúčelové zařízení. Slouží k:

- napájení připojeného RPi
  - řídicí elektronika je napájena přes POE+ (standard IEEE 802.3at) nebo ze síťového adaptéru, RPi je připojeno k 5V větvi přes header
- řízení připojeného RPi (řízení napájení, zapnutí, vypnutí, restart, zámek zápisu)
- řízení projektoru (zapnutí, vypnutí s chlazením lampy, monitoring stavu, například životnost lampy)
  - komunikace přes AT příkazy po RS232
- zajišťuje Ethernetové připojení pro sebe a další připojené zařízení díky integrovanému Ethernet switchi
- umožňuje připojení čidel, tlačítek a jiných prvků pomocí sběrnic I2C, SPI, UART



- umožňuje připojení k RPi přes USB v režimu USB HID a emulovat gamepad<sup>10</sup> (logické vstupy 0/1, analogové vstupy -1.0 až 1.0 s přesností až 18 desetinných míst nebo 0.0 až 1.0), klávesnici nebo myš s nativní podporou v exponátní aplikaci
- možnost řízení osvětlení
- MIDI

Vhodný mikroprocesor pro toto zařízení je RP2040 od stejného výrobce jako Raspberry Pi. Výrobce předpokládá produkci do ledna 2041<sup>11</sup>. Ve srovnání s jinými mikroprocesory má RP2040 velmi příznivou cenu, pod 19 Kč<sup>12</sup> za kus.

Firmware bude pro všechny řídicí desky totožný bez ohledu na způsob použití (řízení, čidla, USB device). Automaticky si stáhne konfiguraci ze serveru a dle toho upraví svoji funkci. To umožňuje v případě závady výměnu kus za kus bez nutnosti programování.

FW podporuje OTA aktualizace, může se tedy v případě potřeby aktualizovat po síti bez nutnosti fyzické přítomnosti v místě zapojení.

V síti komunikuje totožným protokolem jako všechny ostatní části expozičního systému.

## Serverová aplikace řízení expozice

PWA<sup>13</sup> aplikace pro monitoring a řízení expozice, zobrazuje stav všech multimediálních exponátů. Monitoruje se napájení, běh hardware, běh systému, běh aplikace, komunikace čidel, komunikace synchronizovaných zařízení a další. Nestandardní stav je automaticky reportován správci, což umožňuje včasné odhalení závad.

Uživatelské rozhraní zobrazuje všechny exponáty, stav, ovládací prvky a nástroje vzdálené správy. Díky řešení formou PWA lze aplikaci instalovat i na mobilních zařízeních a ovládat tak exponáty přímo z expozice.

Zajišťuje směrování komunikace přes Websockets, komunikaci loguje.

Zajišťuje sběr a zpracování dat pro statistiky a ukládá do databáze.

Server běží na Ubuntu server, nepřetržitý chod aplikace zajišťuje PM2<sup>14</sup>. Aplikace je napsaná v Nodejs, framework Express<sup>15</sup>. Databáze je typu SQL, MariaDB<sup>16</sup>.

## Správa obsahu

Aplikace pro správu obsahu exponátů má webové uživatelské rozhraní. Umožňuje pomocí WYSIWYG (blokový<sup>17</sup> nebo markdown<sup>18</sup>) editoru upravovat obsah jako jsou texty,

<sup>10</sup> [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Gamepad\\_API](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Gamepad_API)

<sup>11</sup> <https://datasheets.raspberrypi.com/rp2040/rp2040-product-brief.pdf>

<sup>12</sup> <https://cz.mouser.com/ProductDetail/Raspberry-Pi/SC09147?qs=T%252BzbugeAwjhSpdbCB4ve%252Bg%3D%3D>

<sup>13</sup> <https://web.dev/explore/progressive-web-apps>

<sup>14</sup> <https://pm2.keymetrics.io/>

<sup>15</sup> <https://expressjs.com/>

<sup>16</sup> <https://mariadb.org/>

<sup>17</sup> <https://editorjs.io/>

<sup>18</sup> <https://markitdown.netlify.app/>

jazykové mutace, obrázky, videa, animace a jiný obsah. Díky editoru lze úpravy provádět uživatelsky, bez nutnosti programování.

Změny obsahu se ukládají jako nové verze, kdykoliv se lze vrátit k verzi předchozí, spolupracovat na obsahu ve více lidech a podobně. Publikování lze plánovat, lze si tak připravit změny textů a v exponátech zobrazit až v zadaný den.

Obdobným způsobem lze upravovat i vzhled uživatelského rozhraní exponátů. CSS využívá externě definovaných proměnných<sup>19</sup>, díky tomu je možné snadno provádět změny u všech exponátů nebo skupin exponátů současně.

## Komunikační protokol

Pro komunikaci je zvolen protokol WebSocket<sup>20</sup> (standard RFC 6455), obousměrný přes TCP. Má nativní podporu ve všech webových prohlížečích a lze snadno implementovat do firmware řídící elektroniky.

Umožňuje odesílání dat na konkrétního klienta nebo na všechny klienty současně nebo vytvářet skupiny klientů. Umožňuje real-time streaming, což využijí exponáty, které mají více projekcí ze společného zdroje dat (například z kamery/mikroskopu). Umožňuje synchronizaci, lze tak spouštět určitý multimediální obsah současně nebo třeba v posloupnosti.

Data budou využívat JSON formát (standard ECMA-404, ISO/IEC 21778:2017). Data mohou být komprimována.

Komunikace může být šifrována.

---

<sup>19</sup> [https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS/--\\*](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS/--*)

<sup>20</sup> <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebSocket>