

PGE vizualizér s HW rozhraním a senzory (PGEV)

Dokumentace

ID: DCGI FZV 01/2022

Vyvinuto v rámci projektu:

Prezentace a ochrana 3D digitálních objektů v muzejních sbírkách

Program na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje
Národní a Kulturní Identity 2020

ID Projektu: **DG20P0OVV027**

Obsah

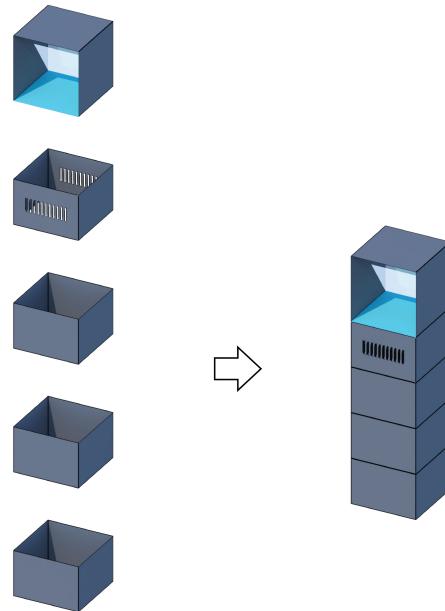
1	Obecný popis a funkce zařízení	3
1.1	Účel PGEV, popis a definice pojmu	3
2	Uživatelský popis - funkce a software	5
2.1	Funkce základního firmware PGEV	5
2.2	Scénáře použití PGEV	5
2.2.1	Ovládání gesty	5
2.3	Základní životní cyklus obsahu	7
2.3.1	Vytvoření prezentačního balíčku	7
2.3.2	Nahrání prezentačního balíčku	7
2.3.3	Spuštění a vypnutí prezentace	7
2.4	Popis a využití senzorů PGEV	8
3	Technický popis	9
3.1	Výrobní dokumentace konstrukce soklu	9
3.2	Elektronická výbava	9
3.2.1	Senzory	9
3.2.2	Aktivní prvky	9
3.2.3	Výstupní část - aktuátory	10
3.2.4	Kabeláž	10
3.2.5	Mechanické díly pro osazení elektroniky	10
3.3	Software	10
3.3.1	Popis základního software	10
3.3.2	Komunikace v rámci jednoho zařízení	11
3.3.3	Komunikace mezi EMT zařízeními	11
3.3.4	NTP Synchronizace	11
3.3.5	Komunikace s vnějším světem	12
3.3.6	Změny oproti IPW	12
3.4	Programátorská dokumentace	12
4	Návod k sestavení a oživení	13
4.1	Sestavení soklu	13
4.2	Osazení zařízení, kabeláže a senzorů	13
4.3	Oživení a komunikace s PGEV	13
4.3.1	Oživení	13
4.3.2	Nastavení	13
4.4	Inicializace a spuštění prezentačních balíčků	13
5	Přílohy	14

1 Obecný popis a funkce zařízení

1.1 Účel PGEV, popis a definice pojmu

Zařízení PGEV (Pepper's Ghost Effect Visualizer) je zobrazovací zařízení ve formě výstavního soklu, který umožňuje zobrazovat vizuální komponenty multimediálního obsahu na částečně propustném skleněném povrchu. Uživatel tak vidí jak prezentovaný obsah tak prostředí za zařízením. Princip systému využívajícího odraz světla od skleněného průhledného povrchu k vizualizaci je označován jako Pepperův Ghost efekt a byl využíván už v 19. století na divadelní scéně. Dnes je využit v řadě zařízení pro rozšířenou realitu (AR - augmented reality).

Zde popisovaný PGE Vizualizér je určen pro výstavy a expozice v paměťových institucích zejména pro zobrazování 3D objektů a 3D scén a je možné na něm zobrazovat i další typy multimediálního obsahu (obrázky, video). PGEV je navržen jako interaktivní zařízení, které umožňuje detekovat přítomnost návštěvníka a jeho gesta rukou. Systém vizualizéru rovněž umožňuje jeho propojení s dalšími zařízeními tohoto typu a na základě nastavení prezentací je pak možné, aby se tyto prezentace navzájem ovlivňovaly (například synchronizace obrazové galerie na jednom zařízení s videem běžícím na jiném zařízení). PGEV je rovněž možné synchronizovat s prezentacemi na jiných zařízeních než je PGE. V současné době podmínu kompatibility splňuje Interaktivní projekční stěnu ([IPS](#)).



Obrázek 1 Struktura konstrukce soklu tvořícího základ PGE Vizualizéru.

PGE Vizualizér má tvar soklu s modulární strukturou, která umožňuje měnit výšku soklu podle předpokládané kategorie návštěvníka (děti, dospělí, viz obr. 1). Sokl má půdorys 50x50cm a v plné konfiguraci výšku 190cm. V horním modulu je průzor 50x50cm reprezentující zobrazovací část, kde návštěvník vidí prezentaci. V jeho spodní hraně, tvořící senzorickou část, jsou umístěny senzory pro detekci pohybu a senzor pro detekci gest. Ve spodním modulu, představujícím řídící část, je umístěn řídící počítač. Konstrukce PGE vizualizéru je tvořena ALU profily a opláštěná deskami z materiálu dibond s černým matným povrchem, což umožňuje skrytí těla soklu na černém pozadí. Vizuální výstup



Obrázek 2 Finální podoba PGE Vizualizéru a popis jeho senzorů.

vizualizéru doplňuje audio výstup zprostředkovaný dvěma reproduktory umístěnými v modulu spolu se senzory (viz obr. 2).

PGE Vizualizér je navržen ke spouštění předem připravených prezentací. **Prezentace** vychází z definice 4 typických scénářů založených na čtyřech datových formách: 3D objekt, 3D scéna, Obrazová galerie, Video. Každá **datová forma** reprezentuje jiný způsob manipulace a jiný scénář interakce s divákem. Divák s každou prezentací komunikuje několika jednoduchými gesty (viz popis gest, 2.2.1), která mají významy podle použité aktuální datové formy. Prezentace je fyzicky reprezentována tzv. **prezentačním balíčkem**, který je vytvářen pomocí aplikace **Správce obsahu** (**Content Manager**), spravující vstupní data pocházející ze zdrojů využívaných danou paměťovou institucí. PGEV prezentuje vždy jen jednu formu v daný okamžik.

2 Uživatelský popis - funkce a software

2.1 Funkce základního firmware PGEV

Základní funkcí firmware PGEV je schopnost prezentovat uživateli vizuální a zvukový obsah s možností ovlivňovat průběh prezentace pomocí gest návštěvníka, případně pohybem všech návštěvníků v okolí PGEV. Obsah a průběh prezentace definuje výše zmíněný **prezentační balíček**.

Jedná se o soubor několika typů dat: vlastní zobrazovaná data, metadata popisující prezentovaný obsah a instrukce definující reakce PGEV na vnější události detekované pomocí senzorů. Tyto instrukce jsou pořizovány v aplikaci Správce obsahu (**Content Manager**). V PGEV jsou v průběhu prezentace generovány události pocházející od návštěvníků (prostřednictvím senzorů PGEV), které jsou přiřazeny k akcím prováděným v rámci firmware PGEV (např. otočení 3D modelu, pohyb ve 3D scéně, spuštění videa apod.). PGEV má k dispozici informace o poloze rukou některého vybraného návštěvníka nebo pohybu ostatních návštěvníků v okolí soklu. V prezentačním balíčku lze pak definovat, na které podněty (od návštěvníka nebo od ostatních zařízení PGEV a nebo **IPS** a jak bude PGEV reagovat při prezentaci obsažené v aktuálně nahraném balíčku. Dále jsou popsány jednotlivé scénáře prezentací.

2.2 Scénáře použití PGEV

2.2.1 Ovládání gesty

Jak již bylo zmíněno výše, prezentace s použitím PGEV jsou založeny na čtyřech základních datových formách: 3D model, 3D scéna, obrazová galerie a video. V jeden okamžik může být prezentována právě jedna datová forma a od ní se pak odvíjí konkrétní scénáře prezentace využívající informace ze senzorů vybraných použitým prezentačním balíčkem. V rámci scénářů je hlavním prostředkem pro komunikaci návštěvníka sada šesti gest (viz obr. 3). Gesta se provádějí převážně pohybem ruky v zápěstí cca 40-100 cm od kamery vizualizéru. Šesti základními gesty je mávnutí ruky do jedné ze čtyř stran - nahoru, dolů, vlevo, vpravo pro posun. A dále sevření ruky v pěst a opět pohybem do 4 stran je definována rotace a nastavením ukazováčku proti palci ruky a naznačením pohybu k sobě nebo od sebe pro změnu měřítka. Detekce mávnutí je nastavena tak, aby firmware rozpoznal dostatečně dlouhé mávnutí z přirozeného postoje návštěvníka. Seznam gest:

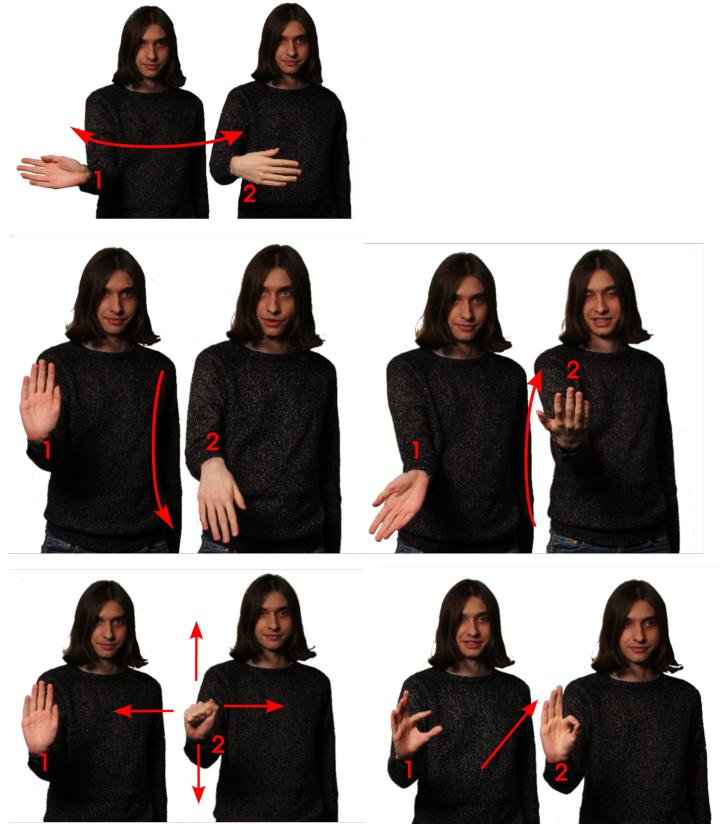
- posun ruky zprava doleva (SWIPE LEFT),
- posun ruky zleva doprava (SWIPE RIGHT),
- mávnutí rukou dolů (SWIPE DOWN),
- zvednutí ruky nahoru (SWIPE UP),
- uzavření dlaně v pěst a pohyb pěsti doleva, doprava, nahoru a dolu (DRAG),
- vytvarování ruky (ukazováček proti palci) tažení k sobě nebo od sebe (PINCH).

IR kamera senzoru je nastavena tak, aby zabírala zejména pozici ve výši hrudi, kde se předpokládá nejčastěji využívaný prostor pro interakci s PGEV. Návštěvník, který se objeví před PGEV vizualizérem pomocí těchto gest ovládá prezentaci. Pokud se před stěnou nachází více osob, PGEV vybere první nebo tu, kterou vidí nejblíže do chvíle, dokud neodejde ze zorného pole senzoru PGEV.

Podle typu prezentace daného datovou formou prezentačního balíčku bude probíhat komunikace návštěvníka s PGEV jedním z následujících způsobů:

3D model

Datová forma 3D model předpokládá prezentaci samostatného modelu objektu, který není doplněn žádným kontextem (např. artefakt, kámen, model zvířete apod.). Návštěvník může model ovládat sadou gest rozpoznávanou PGEV vizualizérem. Reakce prezentační aplikace PGEV je pro tento typ prezentace nastaven tak, že umožní návštěvníkovi model



Obrázek 3 Sada šesti gest pro ovládání PGE Vizualizéru (zleva doprava/shora dolů): 1. SWIPE LEFT/SWIPE RIGHT, 2. SWIPE DOWN, 3. SWIPE UP, 4. DRAG UP/DOWN/LEFT/RIGHT, 5. PINCH FORWARD/BACKWARD.

otočit nebo zvětšit/zmenšit. Na základě metadat provázejících model v prezentacním balíčku se mohou zobrazovat některé údaje popisující okolnosti vzniku modelu (autor, popis, apod.).

3D scéna

Tato datová forma je nejsložitější a slouží k prezentaci krajiny, kde mohou být umísťeny modely rostlin, zvířat, budov apod. Uživatel má obvykle možnost pomocí gest cestovat ve scéně (krok dopředu a zpět) mezi předem nastavenou sadou stanovišť definovaných vpředem v prostředí Správce obsahu ([Content Manager](#)). Uživatel provádí změny směru pohledu příslušným gestem (vlevo, vpravo). K výběru směru nebo bodu zájmu slouží gesta mávnutí rukou vlevo a vpravo, k pohybu vpřed mávnutí rukou zdola nahoru (viz Ovládání gesty, sekce [2.2.1](#)). Prezentace 3D scény slouží k realizaci virtuálních procházek návštěvníka různými prostředími.

Obrazová galerie

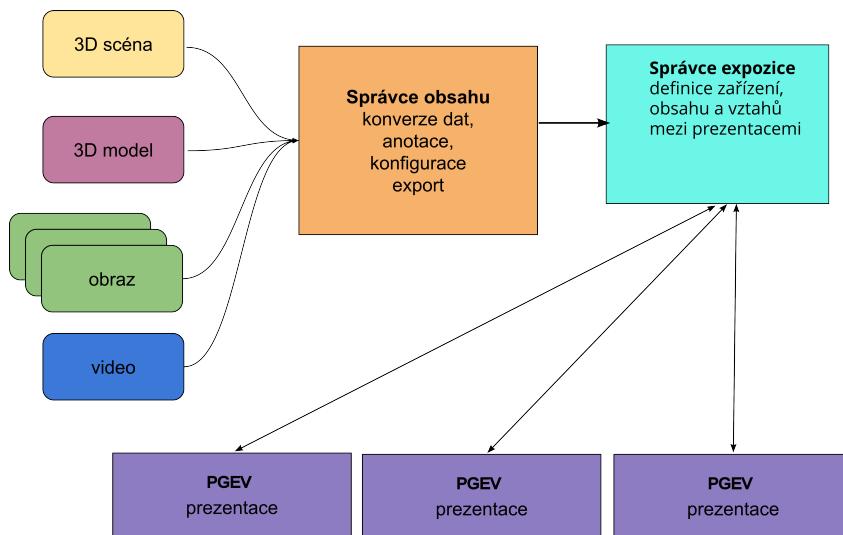
Obrazová galerie je forma sloužící k prezentaci rastrových obrázků. Návštěvníkovi se zobrazuje v podobě sady obrazů (fotografií) uspořádaných do sekvence, kterou lze listovat. Návštěvník v galerii může obrázky posouvat.

Video

Video představuje způsob prezentace umožňující návštěvníkovi video spustit nebo zastavit. Pro spuštění videa je možné využít senzor detekce pohybu, díky kterému PGEV automaticky spustí přehrávání videa v okamžiku, kdy zaznamená pohyb ve svém okolí.

2.3 Základní životní cyklus obsahu

Použití PGEV pro konkrétní prezentaci určitého obsahu je založeno na životním cyklu prezentačního balíčku (viz obr. 4). Jeho obsahem jsou definovány forma prezentace, způsob komunikace s návštěvníky i samotné téma prezentace. Životní cyklus prezentačního balíčku obsahuje následující fáze.



Obrázek 4 Schéma životního cyklu dat. Import, příprava prezentačního balíčku, zařazení do expozice a vlastní prezentace na zařízení.

2.3.1 Vytvoření prezentačního balíčku

Tato část životního cyklu je realizována zpravidla v prostředí Správce obsahu (viz Dokumentace Správce obsahu - [Content Manager](#)), což je aplikace umožňující tvorbu a správu prezentačních balíčků. Správce obsahu poskytuje nástroje pro proces konverze vstupních dat, jejich anotaci a definování událostí pro řízení interakce s návštěvníky. Výstupem tohoto procesu je konkrétní prezentační balíček, který je pak možné doplnit v další aplikaci (Správce expozice - [Exposition Manager Toolbox](#)) o informace, které jsou známé až po sestavení expozice. Prostřednictvím Správce expozice je prezentace zařazena do expozice a připravena k nahrání na vizualizér PGEV.

2.3.2 Nahrání prezentačního balíčku

Hotový prezentační balíček má formu archivního ZIP souboru. Po jeho exportu je balíček nahrán z prostředí Správce expozice na PGEV a zpracován firmwarem PGEV, čímž je připraven pro prezentaci.

2.3.3 Spuštění a vypnutí prezentace

Prezentace balíčku je spuštěna automaticky po připojení PGEV ke zdroji el. napájení. Tím se spustí hlavní počítač PGEV, firmware detekuje přítomnost aktuálního balíčku a spustí prezentaci balíčku.

Firmware PGEV je rovněž připraven pro komunikaci se systémem **CRESTRON**, který je v paměťových institucích (např. Národní muzeum) používán pro vzdálenou správu prezentačních zařízení a instalací. Díky tomuto protokolu je možné zařízení centrálně zapnout nebo vypnout.

2.4 Popis a využití senzorů PGEV

PGEV disponuje několika senzory, které je možné podle předchozího popisu v konkrétní prezentaci využít. Jedná se o IR kameru a detektor pohybu. Všechna nastavení týkající se využití a zapojení senzorů do prezentace se provádějí v prostředí Správce obsahu při sestavování prezentačního balíčku.

IR kamera IR kamera je umístěna v senzorické části PGEV pod spodním okrajem prezentačního modulu soklu a je využívána pro detekci gest návštěvníka. Tato funkce je základním komunikačním prostředkem mezi PGEV a návštěvníkem. Firmware PGEV rozpoznává 6 základních gest (viz sekce Popis gest [2.2.1](#)), přičemž v konkrétní prezentaci může a nemusí být konkrétní gesto využito.

Detektor pohybu PGEV disponuje PIR detektorem pohybu umístěným v přední stěně konstrukce soklu PGEV (senzorická část, viz obr. [2](#)). Jeho funkcí je rozpoznávat aktivitu návštěvníků v okolí soklu PGEV. V případě nulové aktivity je možné aktuální prezentaci zastavit nebo spustit šetřič zobrazovací jednotky apod.

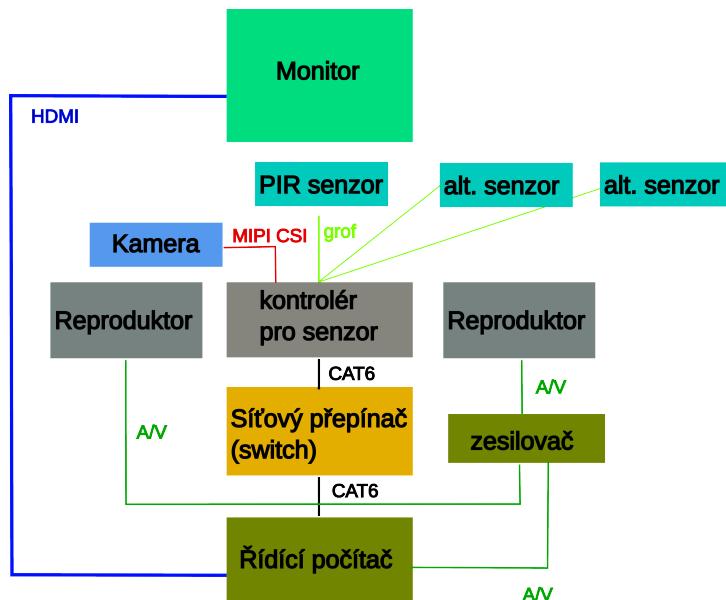
3 Technický popis

3.1 Výrobní dokumentace konstrukce soklu

Výrobní dokumentace je dostupná v příloze této dokumentace (5) ve formátu Fusion 360 (f3z). Obsahuje model konstrukce PGEV a plastových úchytů (pro uchycení kamery s PIR senzorem a úchyt pro zesilovač) určených pro 3D tisk.

3.2 Elektronická výbava

Sokl PGEV je osazen elektronickou výbavou, která umožňuje zobrazování multimedialního obsahu, komunikaci s návštěvníkem a komunikaci s centrálním řídícím programem (Exposition manager) zajišťujícím nahrávání obsahu a změny parametrů prezentace a komunikaci s ostatními zařízeními v expozici. Propojení komponent této výbavy je naznačeno na schématu viz obr. 5.



Obrázek 5 Schéma zapojení elektronických komponent a senzorů vizualizéru.

3.2.1 Senzory

Pro rozpoznávání gest rukou návštěvníka je použitý kamerový modul s IR filtrem Waveshare Raspberry Pi Camera H se senzorem OV5647 připojený k řídícímu počítači prostřednictvím Raspberry Pi a ethernetového rozhraní. Detekce pohybu je zajištěna PIR senzorem.

1. PIR senzor pro rozpoznávání pohybu
2. kamerový modul Waveshare - IR kamera

3.2.2 Aktivní prvky

Hlavní součástí elektronické výbavy je řídící počítač, na kterém běží firmware pro zpracování a prezentaci prezentačních balíčků. Prostřednictvím síťového přepínače (PoE switch) je k počítači připojen programovatelný kontrolér v podobě minipočítače Raspberry Pi použitý pro obsluhu PIR senzoru pro detekci pohybu a kamery pro detekci gest. Vedle těchto senzorů je v případě požadavku možné připojit další senzory přičemž je ale nutné doplnit kód v kontroléru (Raspberry Pi) pro čtení dat z přidaného senzoru a jejich zpracování v řídícím počítači (viz část 3.3 Popis software).

Data z kamery jsou kontrolérem předána do řídícího počítače, který pomocí neuronové sítě v datech vyhledá polohu ruky a rozpoznává konkrétní gesto provedené uživatelem.

- Počítač - PC formátu mITX ve skříni o velikosti VxŠxH 181x222x285 mm
 - procesor Ryzen 3 3100
 - 8GB RAM
 - disk 250 GB SSD
 - GPU Radeon RX570
 - připojení WiFi, Bluetooth
 - 2x USB-A 3.0 zepředu
 - 2x USB-A 3.1 vzadu
- Raspberry Pi4 4GB, 2x, Uctronics Gigabit USB-C PoE Splitter, připojení senzorů
- PoE, IEEE 802.3af, Switch 100Mbit 10-portový, Tenda TEF1110P-8-63W

3.2.3 Výstupní část - aktuátory

PGEV poskytuje vizuální a akustický výstup. Grafický výstup je zajištěn pomocí monitoru EIZO FlexScan EV2730Q-BK s poměrem stran 50:50 cm a rozlišením 1920x1920, který je uvnitř zobrazovacího modulu orientován nahoru a jeho obraz se odraží od skleněné desky pokryté odrazovou fólií, kterou pak pozoruje návštěvník. Monitor je připojen prostřednictvím HDMI portu k řídícímu počítači.

Zvukový výstup je zajištěn reprosoustavou tvořenou reproduktory Waveshare 8Ω 5W a zesilovačem připojeným ke zvukové kartě řídícího počítače.

3.2.4 Kabeláž

S ohledem na úsporu kabelů je kontrolér připojen pomocí ethernetového kabelu. Je zde využito PoE adaptéra podporujícího standard IEEE 802.3af - PoE (Power over Ethernet), díky kterému lze napájet zařízení s příkonem do 15,4W. Použitý způsob umožňuje napájení i komunikaci pomocí jednoho kabelu, čímž se minimalizuje celkové množství kabeláže v konstrukci soklu PGEV. Kabeláž je zobrazena na obr. 5.

3.2.5 Mechanické díly pro osazení elektroniky

Pro uchycení kamery, audio zesilovače, a kontroléru RPpi byly vymodelovány a vytiskány plastové úchyty. Tyto modely jsou součástí výrobní dokumentace ve formátu Fusion 360 (viz odkaz v příloze 5).

3.3 Software

3.3.1 Popis základního software

Základní software (firmware) PGEV řeší několik úloh současně a představuje centrální část řízení celého PGEV. První funkcí firmwaru jsou grafické transformace, konkrétně zrcadlení obrazu dle osy X (pomocí nastavení grafického systému Xorg), které vyplývá z odrazu obrazu přes polo-průhlednou fólií.

Firmware dále vytváří běhové prostředí pro prezentace. Obsahuje implementace základních datových typů scén, které jsou implementovány jako scény v prostředí Unity 3D a slouží jako komunikační mezičlánek u 3D scény. Zde přeposílá data ze senzorů a dalších EMT zařízení do 3D scény, přebírá data z 3D scény a přeposílá je ostatním zařízením a spravuje životní cyklus 3D scény.

Firmware přijímá a vyhodnocuje informace ze senzorů a transformuje je na vstupní informace pro běžící prezentační balíčky. Komunikace zde funguje na systému událostí posílaných přes TCP spojení dle protobuf definic (viz Google Protocol Buffers). Tyto události jsou mapovány buď na akce pro běžící balíček dle konfigurace, nebo je kód 3D scény a přídavné skripty mohou číst přímo. Firmware přeposílá akce a data ze senzorů ostatním zařízením (viz. sekce 3.3.2 vnitřní komunikace), řeší správu balíčků, stahuje nové balíčky a konfigurace a načítá a přepíná scény z balíčků. Firmware rovněž komunikuje se Správcem expozice a řídí inicializaci PGEV.

Hlavní počítač PGEV běží na platformě Linux (distribuce Debian verze 11) a firmware je implementován v prostředí jazyka C# pomocí grafického prostředí Unity verze 2021.3.12f1. Sdílená část firmware, která nezávisí na Unity, je také implementována v jazyce C# ve verzi .NET Standard 2.0 s ohledem na kompatibilitu s prostředím Unity. Novější verze .NET bude možné použít za předpokladu dostupnosti novějších verzí prostředí Unity nebo i jiných prostředí (Unreal apod.).

Na Raspberry Pi4 ovládající IR kameru a PIR senzor je nainstalován operační systém Raspberry Pi OS 11. Raspberry Pi4 používá knihovnu **libcamera** k ovládání kamery a streamování videa UDP protokolem na řídící počítač. Na řídícím počítači je spuštěna aplikace založená na Mediapipe. **Mediapipe** je framework od společnosti Google, který umožňuje využití neuronové sítě k rozpoznání polohy a následně gest ruky uživatele. Mediapipe závisí na knihovnách OpenCV and FFmpeg. Mediapipe ve videu detekuje pozice rukou a gesta (swipe left/right/up/down, drag a pinch), pozice a gesta následně odesílá přes TCP spojení dle protobuf definic.

Pro odbavení PIR senzoru je použitá aplikace **Node-RED**. Data ze senzoru jsou kvůli jeho citlivosti filtrována pomocí dolní propusti. Změny hodnot jsou dle protobuf definic posílány řídícímu počítači jako samostatné události.

3.3.2 Komunikace v rámci jednoho zařízení

PGEV přijímá data z lokálních senzorů umístěných v zařízení přes síťové rozhraní, které je oddělené od zbytku sítě. Všechny přijaté zprávy jsou pak odesílány do ostatních zařízení (viz Komunikace mezi EMT zařízeními skce [3.3.3](#)).

Další interní komunikací je přenos zpráv do 3D scény. Jelikož je 3D scéna koncipována jako samostatná aplikace, která může být implementována v libovolném prostředí, je připraven lokální naslouchající socket, kam se může scéna připojit a interagovat s EMT ekosystémem. Pokud je 3D scéna vytvořená v Unity, je již připravené SDK (vytvořené v rámci vývoje PGEV) zajišťující přenos událostí vyvolaných libovolným senzorem z firmwaru PGEV do samostatné aplikace 3D scény.

3.3.3 Komunikace mezi EMT zařízeními

Synchronizace více EMT prvků

Prvky expozice lze sloučit do jednoho většího zobrazovacího zařízení, které zobrazuje jednu scénu se synchronizovaným stavem. Každé zařízení vykresluje pouze příslušnou část scény, která je definovaná v synchronizačních datech posílaných ze Správce expozice.

Pro synchronizaci scény se používá stejný systém jako pro přenos dat ze senzorů, ale na odlišném síťovém rozhraní. Pro zajištění časové synchronizace se využívá protokol NTP (viz NTP Synchronizace, část [3.3.4](#)). Základní datové typy již obsahují synchronizační kód, ale 3D scény se musí synchronizovat pomocí explicitně vytvořených skriptů.

Přenos dat senzorů

EMT zařízení mohou reagovat i na data ze senzorů ostatních prvků expozice. Všechny lokální zprávy jsou zároveň přeposílány na centrální zařízení, které je rozesílá ostatním připojeným zařízením. Dále je také možné přeposílat zprávy přímo mezi zařízeními pomocí skriptového API. Stejný mechanismus je použitý i u NTP synchronizace.

3.3.4 NTP Synchronizace

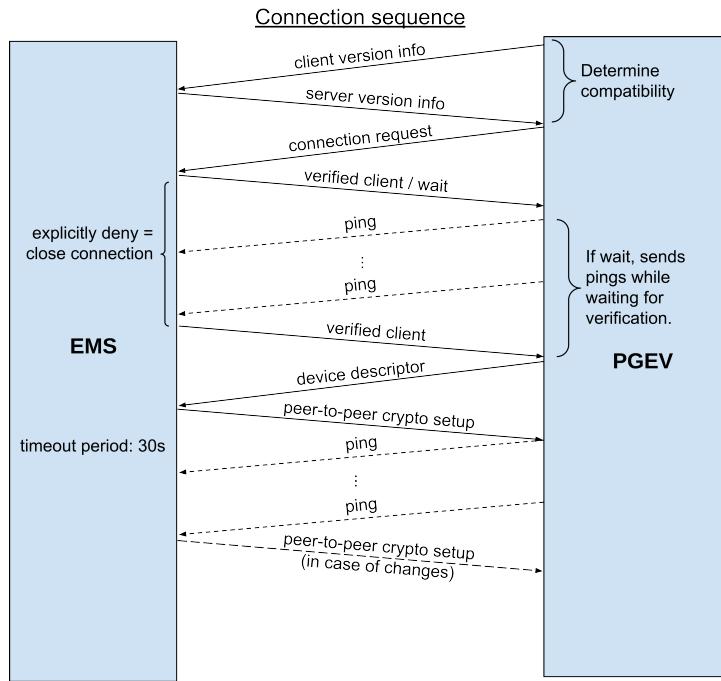
Pro účely synchronizace více EMT zařízení byla přidána možnost vykonávat synchronizované akce pomocí lokálního nebo externího NTP (Network Time Protocol) serveru, který poskytuje přesný čas všem připojeným zařízením.

Tuto synchronizaci je možné využít ve skriptech, nebo je již obsažená v základních datových typech, například pro synchronizaci pozice videa a rotace 3D objektu. Systém

funguje na bázi fronty s časovými značkami, kde pomocí stejného principu jako u komunikace mezi EMT zařízeními si prvky posílají zprávy, kdy se má příslušná akce provést.

3.3.5 Komunikace s vnějším světem

Po spuštění řídící Unity aplikace se PGEV pokusí navázat spojení se Správcem expozice. Po navázání spojení dojde k ověření identity zařízení přes webové rozhraní a následně se odešle konfigurace do PGEV. Celý proces komunikace je znázorněn v následujícím diagramu (obr. 6).



Obrázek 6 Zahajovací sekvence připojování PGEV zřízení ke Správci expozice.

Následně už PGEV pouze komunikuje s připojenými senzory a dalšími EMT zařízeními v expozici.

V rámci skriptů je možné navázat libovolné spojení s vnějším světem v závislosti na konektivitě sítě. Tato komunikace není nijak omezená a je čistě funkci C# standardní knihovny. Komunikace pomocí built-in Unity knihoven není oficiálně podporovaná.

3.3.6 Změny oproti IPW

Zásadní změna v návrhu od IPW (viz <https://github.com/iimcz/ipw-firmware>) je způsob přeposílání dat z lokálních senzorů. U IPW se jednalo o peer-to-peer síť, která se v průběhu testování ukázala jako příliš náchylná na chyby a délku připojování. V nové verzi je použitá architektura server-client, kde jedno EMT zařízení slouží jako centrální bod, ke kterému jsou všechna další zařízení připojena. Centrální zařízení pak přeposílá zprávy zbylým prvkům expozice. Všechny scény nyní detekují typ zařízení a dynamicky přidají specifické prvky jako kamery, povolují a zakazují korekční transformace a nastavují kompatibilní parametry scény.

3.4 Programátorská dokumentace

Dokumentace zdrojových kódů byla vytvořena v systému Doxygen a je dostupná zde a nebo v repozitáři projektu (viz [EMT_SDK_programatorska_dokumentace.pdf](#)).

4 Návod k sestavení a oživení

4.1 Sestavení soklu

Konstrukce soklu PGEV je složená ze 3 až 5 segmentů (viz obr. 1), které lze nasadit vertikálně jeden na druhý. V prvním modulu u podlahy je vysouvací zásuvka, v níž je uložen řídící počítač. Vrchní modul slouží jako zobrazovací část a modul pod ním obsahuje senzory. Počtem využitých modulů lze dosáhnout 3 různých výšek zobrazovacího modulu nad zemí (70, 105 a 140cm) pro různé kategorie návštěvníků.

Po sesazení soklu je pak možné upevnit řídící počítač do zásuvky spodního modulu a osadit monitor, krycí sklo a privátní fólii do senzorické části a na ní pak nasadit zobrazovací modul s polopropustným sklem.

4.2 Osazení zařízení, kabeláže a senzorů

IR kamera je umístěna ve výřezu v čelní straně senzorické části a je krytá tenkým IR filtrem. Pohybový senzor je spolu s IR kamerou umístěn v úchytu a je vsazen do otvoru nad IR kamerou. Úchyt obou senzorů je připevněn šroubem k ALU konstrukci senzorického modulu soklu. Reproduktory jsou vsazeny rovněž do čelní stěny senzorického modulu po jeho levé a pravé straně.

IR kamera je připojena plochým kabelem k Raspberry Pi4. Ostatní kabeláž je zapojena dle kapitoly o kabeláži (viz část 3.2.4).

4.3 Oživení a komunikace s PGEV

4.3.1 Oživení

Po sestavení soklu PGEV a osazení jednotlivých aktivních prvků, je možné PGEV oživit podle následujícího postupu:

1. Připojte do USB portu řídícího počítače klávesnici (ideálně bezdrátovou). Bude sloužit k provedení konfigurace PGEV.
2. Zapojte sokl do elektrické sítě.
3. Zapojte sokl do počítačové sítě pomocí ethernetové přípojky.
4. Zapněte hlavní počítač.
5. Po provedení postupu naběhne firmware zařízení, který detekuje dostupné senzory a přejde do režimu nastavení.

4.3.2 Nastavení

Pro zajištění funkční komunikace je potřeba provést následující kroky:

1. Zadejte adresu serveru Správce expozice, která je zobrazena v rozhraní Správce expozice.
2. Stisknutím klávesy Enter se konfigurace uloží a zařízení je připraveno na příjem prvního prezentačního balíčku.

Pokud chcete kalibraci zobrazovacího řetězce upravit nebo provést znova, držte při startu PGEV levou či pravou klávesu **Ctrl**.

4.4 Inicializace a spouštění prezentačních balíčků

Prezentační balíček je možné nahrát na PGEV následujícím způsobem:

1. Zapněte nakonfigurovaný sokl PGEV.
2. Ve Správci obsahu připravte balíček pro nahrání do zařízení.
3. Ve Správci expozice vytvořte novou expozici a přidejte do ní nově připojené zařízení.
4. Ve Správci expozice vyberte balíček k nahrání na cílové zařízení.
5. Ve Správci expozice stisknutím tlačítka "Nahrát" se balíček přes síť nahraje do PGEV a následně se spustí. Tento balíček zůstane na PGEV uložený.
6. Zařízení je připraveno k prezentaci. Při každém dalším spuštění PGEV se automaticky načte poslední nahraný balíček.

5 Přílohy

- Tato dokumentace PGEV
- Výrobní dokumentace a modely pro 3D tisk.
- Dokumentace zdrojových kódů
- Protokol o testování PGEV