



České vysoké učení technické v Praze

SOFTWARE

**Software pro záznam a vyhodnocení kondice členů armády
a IZS**

TM05000017-V4

Autor:

**Ing. Petr Volf, Ph.D.
Ing. Marek Sokol, (ČVUT v Praze)
Ing. Hejda Jan Ph.D., (ČVUT v Praze)
doc. Ing. Kutílek Patrik Ph.D., (ČVUT v Praze)**

Číslo projektu: TM05000017 5. veřejné soutěže programu DELTA 2 TAČR

Identifikační číslo výsledku: TM05000017-V4

Typ výsledku: R

Odpovědný pracovník: Ing. Petr Volf, Ph.D.

KLADNO, 2025

Jazyk výsledku: CZE

Hlavní obor: JB - Senzory, Čidla, měření a regulace

Uplatněn: ANO

Název výsledku česky:

Software pro záznam a vyhodnocení kondice členů armády a IZS

Název výsledku anglicky:

Software for recording and evaluating the condition of members of the army and first responders

Abstrakt k výsledku česky:

Výsledek představuje je specializovanou měřicí a analytická aplikace určenou pro sběr, integraci a vyhodnocení multimodálních časových řad souvisejících s pohybovou aktivitou a fyziologickou odezvou členů armády a složek IZS. Klíčovým principem je jednotná datová vrstva založená na InfluxDB, která sjednocuje datové proudy z různých zdrojů (obrazová data, inerciální senzory, EKG, stabilometrie) do společné časové osy. Aplikace umožňuje ukládání, zpětné načítání, export a reprodukovatelné vyhodnocení. Aplikace podporuje režim real-time vizualizace pro operativní kontrolu integrity měření a režim offline analýzy pro zpětnou inspekci a validaci dat. V části kamerového záznamu je integrován model MediaPipe Pose pro odhad postury těla. Výsledkem každého měření je databázově uložená relace identifikovaná tagem session_id, která slouží jako jednotný zdroj pro export do CSV i pro interní offline analýzu přímo v aplikaci. Software poskytuje sjednocenou platformu pro sběr, kontrolu a vyhodnocení heterogenních datových proudů, což umožňuje tvorbu validovaných datových sad a podporuje rozhodování v oblasti fyzické kondice a zdravotního stavu uživatelů.

Abstrakt k výsledku anglicky:

The result is a specialized acquisition and analysis application designed for the collection, integration, and evaluation of multimodal time-series data related to movement activity and physiological responses of members of the army and first responders. The key principle is a unified data layer based on InfluxDB, which consolidates data streams from various sources (image data, inertial sensors, ECG, stabilometry) into a common timeline. The application enables storage, retrieval, export, and reproducible evaluation of data. It supports a real-time visualization mode for operational integrity checks during

measurement and an offline analysis mode for post hoc inspection and validation. In the camera-based branch, the MediaPipe Pose model is integrated for estimating body posture. Each measurement results in a database-stored session identified by a session_id tag, serving as a unified source for CSV export as well as for internal offline analysis within the application. The software provides a consolidated platform for the collection, monitoring, and evaluation of heterogeneous data streams, enabling the creation of validated datasets and supporting decision-making regarding users' physical fitness and health status.

Klíčová slova česky:

multimodální měření, časové řady, stabilometrie, postura, analýza dat

Klíčová slova anglicky:

multimodal measurement, time series, stabilometry, posture, data analysis

Vlastník výsledku:

České vysoké učení technické v Praze (IČO 68407700) - 100%,

Lokalizace: ČVUT

Licence: Ne

Licenční poplatek: Ne

Ekonomické parametry:

Kategorie nákladů: výše nákladů ≤ 10 mil. Kč.

Popis výsledku

Výsledkem je desktopová měřicí a analytická aplikace určená pro sběr, integraci a následnou inspekci multimodálních časových řad souvisejících s pohybovou aktivitou a fyziologickou odezvou. Software sjednocuje heterogenní datové proudy (obrazová data pro výpočet polohy segmentů těla, inerciální a EKG signály a stabilometrická data) do jednotné datové vrstvy založené na databázi časových řad InfluxDB. Aplikace podporuje režim real-time kontroly integrity sběru (diagnostika připojení, průběžná vizualizace signálů, kontrola 3D rekonstrukce) a režim offline analýzy, v němž jsou relace identifikované klíčem session_id zpětně načítány z databáze a vizualizovány pro vyhodnocení a validaci.

Abstrakt (CZ)

Výsledkem je specializovaná měřicí a analytická aplikace pro multimodální sběr a offline analýzu časových řad souvisejících s pohybovou aktivitou. Klíčovým principem je jednotná datová vrstva postavená na InfluxDB, která sjednocuje asynchronní datové proudy do společné časové osy a umožňuje auditovatelné ukládání, opakované dotazování, export a reprodukovatelné vyhodnocení. Aplikace je implementována v Python 3.10 s grafickým rozhraním Qt (PySide6) a vícevláknovou architekturou. V obrazové větvi je integrován model MediaPipe Pose pro extrakci klíčových bodů těla a volitelně 3D triangulace po provedení stereo kalibrace. V real-time režimu slouží vizualizace primárně k operativní kontrole integrity měření. Finálním výstupem je databázově uložená relace označená session_id, využitelná pro export do CSV i pro interní offline analýzu v aplikaci.

Abstract (EN)

The result is a specialized acquisition and analysis application for multimodal data collection and offline analysis of time-series data related to movement activity. The key principle is a unified data layer based on InfluxDB, which consolidates asynchronous data streams into a common timeline and enables auditable storage, repeated querying, export, and reproducible evaluation. The application is implemented in Python 3.10 with a Qt (PySide6) graphical user interface and a multithreaded architecture. In the vision branch, the MediaPipe Pose model is integrated for extracting body keypoints, and optional 3D triangulation is supported following stereo calibration. In real-time mode, visualization primarily serves for operational integrity checks of the measurement. The final output is a database-stored session identified by session_id, which can be used for CSV export as well as for internal offline analysis within the application.

Klíčová slova (CZ)

multimodální měření; časové řady; InfluxDB; real-time vizualizace; offline analýza; MediaPipe Pose; 3D triangulace; CoP; EKG; IMU

Keywords (EN)

multimodal measurement; time series; InfluxDB; real-time visualization; offline analysis; MediaPipe Pose; 3D triangulation; CoP; ECG; IMU

Technické parametry

- **Typ systému:** desktopová měřicí a analytická aplikace pro sběr, ukládání, vizualizaci a offline inspekci multimodálních časových řad
- **Programovací jazyk:** Python 3.10

- **GUI:** Qt / PySide6
- **Architektura:** vícevláknová (MainWindow + Workers), signály/sloty pro integraci do GUI
- **Zpracování obrazu:** pipeline s MediaPipe Pose, volitelně 3D triangulace po stereo kalibraci
- **Datová vrstva:** InfluxDB (časové řady, dotazování, export, zpětné načítání relací)
- **Identifikace relace:** tag session_id sdílený napříč měřeními
- **Podporované OS:** Windows 10/11 (64-bit)
- **Výstupy:** relace v InfluxDB, real-time a offline vizualizace, export CSV přes Data Explorer

1. Charakteristika a účel softwaru

Aplikace je softwarová platforma určená pro integraci heterogenních časových řad do jednotného, auditovatelného datového modelu a pro jejich následnou inspekci. Z pohledu životního cyklu dat je systém postaven na třech navazujících vrstvách: 1. akviziční vrstva realizovaná souběžnými pracovními vlákny, 2. integrační datová vrstva založená na InfluxDB a 3. prezentačně-analytická vrstva, která poskytuje real-time kontrolu integrity a následně offline režim pro zpětné vyhodnocení.

Klíčovým sjednocujícím prvkem je relace měření identifikovaná tagem session_id. Tento identifikátor je používán napříč modalitami a umožňuje jednoznačně svázat záznamy z různých datových proudů do jedné uzavřené relace, kterou lze opakovaně dotazovat, exportovat a analyzovat bez potřeby manuálního párování datových souborů.

2. Typický scénář použití

Provozní scénář práce se softwarem je rozdělen na fázi sběru a fázi následného vyhodnocení. V režimu měření je důraz kladen na ověření připravenosti datové vrstvy, diagnostiku připojených datových zdrojů a průběžnou kontrolu signálů. Real-time vizualizace je chápána jako nástroj operativní validace integrity dat (kontinuita toku, absence zjevných artefaktů, konzistentní chování jednotlivých modalit). Po ukončení měření je výsledkem databázově uložená relace (session_id), která představuje jednotný zdroj pro export surových časových řad do externích analytických nástrojů a současně pro interní offline analýzu v aplikaci.

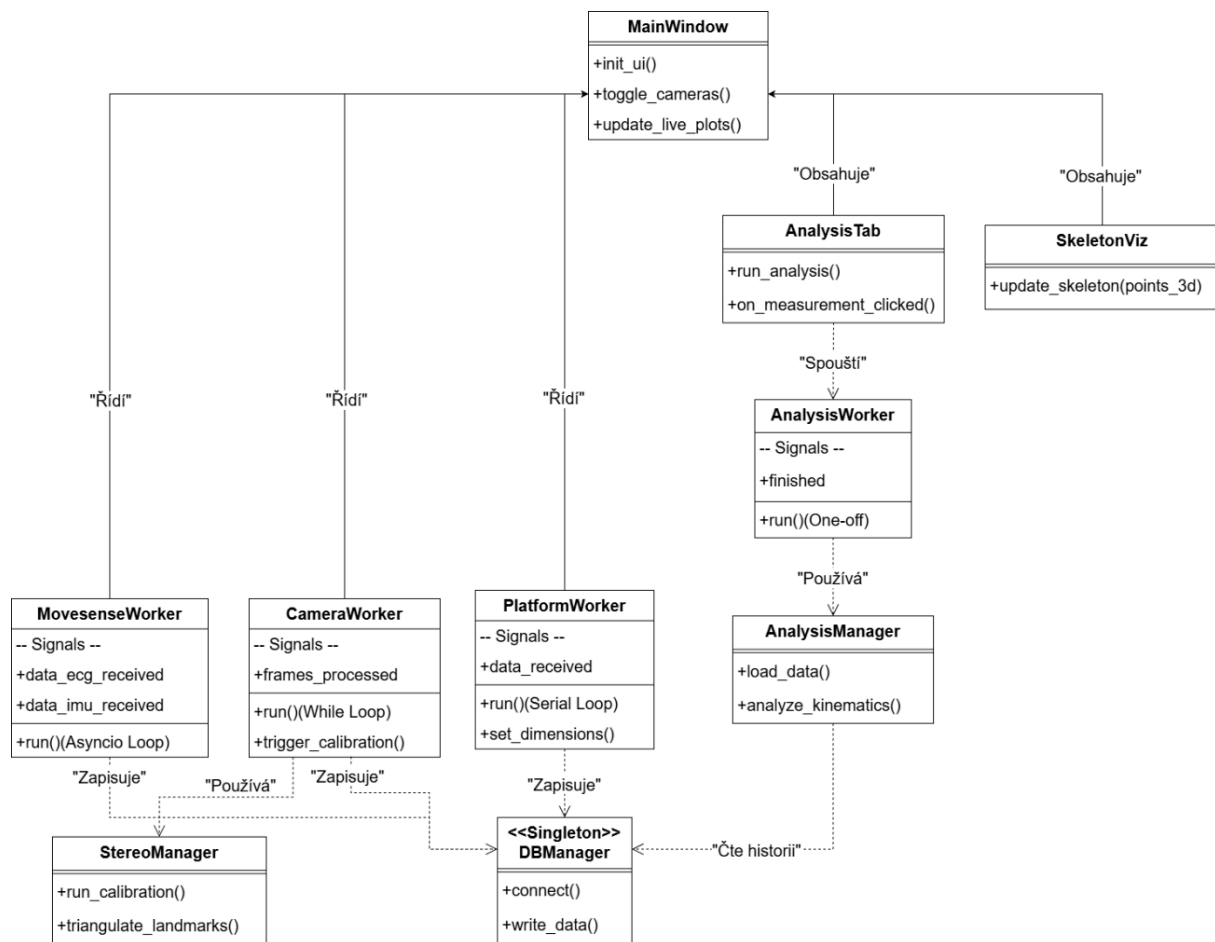


Obr. 1: Hlavní okno aplikace (záložka Body Sensors). Rozhraní je rozděleno do tří logických bloků: (1) Levý ovládací panel "Device Control", (2) Grafická část pro vizualizaci zrychlení a EKG, (3) Spodní část pro náhled kamer.

3. Softwarová architektura a implementace

Aplikace je implementována v Python 3.10 a využívá Qt (PySide6) pro tvorbu desktopového GUI. Vzhledem k požadavku na souběžný sběr z asynchronních zdrojů s rozdílnými vzorkovacími frekvencemi je architektura navržena jako vícevláknová. Centrální roli plní třída `MainWindow`, která funguje jako řídicí prvek životního cyklu aplikace a integrační bod pro vizualizaci. Dílčí akviziční a zpracovatelské funkce jsou realizovány pracovními vlákny (`Workers`), která oddělují real-time sběr od GUI a minimalizují riziko blokování rozhraní.

Pro jednotný přístup k datové vrstvě je využit objekt správy databáze (`DBManager`) ve formě sdílené instance. Tato volba umožňuje konzistentní práci všech částí systému s jedním připojením k databázi, jednotným modelem relace a jednotnou konvencí zápisu do časových řad.

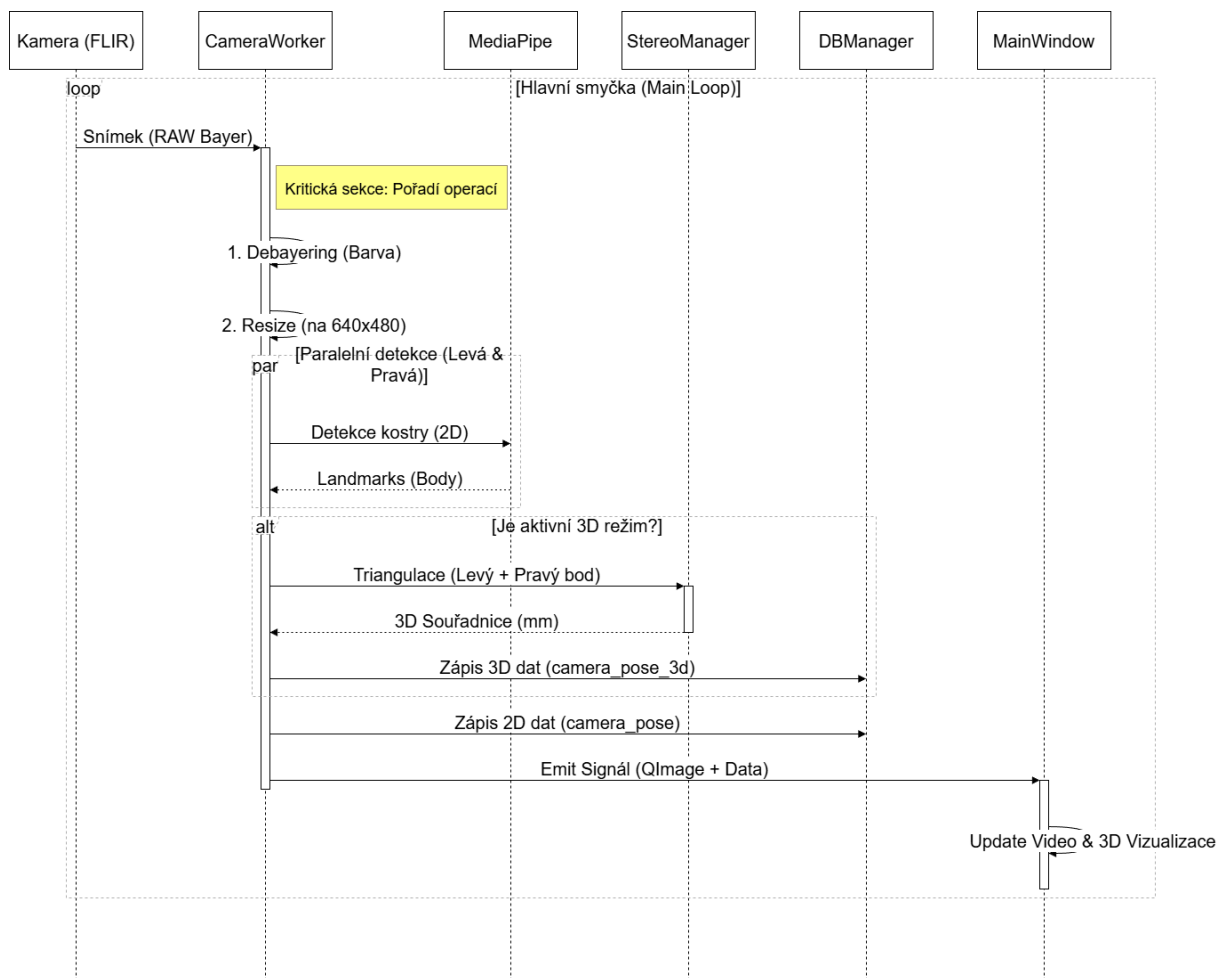


Obr. 2: Diagram tříd znázorňující architekturu aplikace. Hlavní okno (MainWindow) řídí jednotlivá pracovní vlákna, která využívají sdílené třídy a zapisují data do databáze.

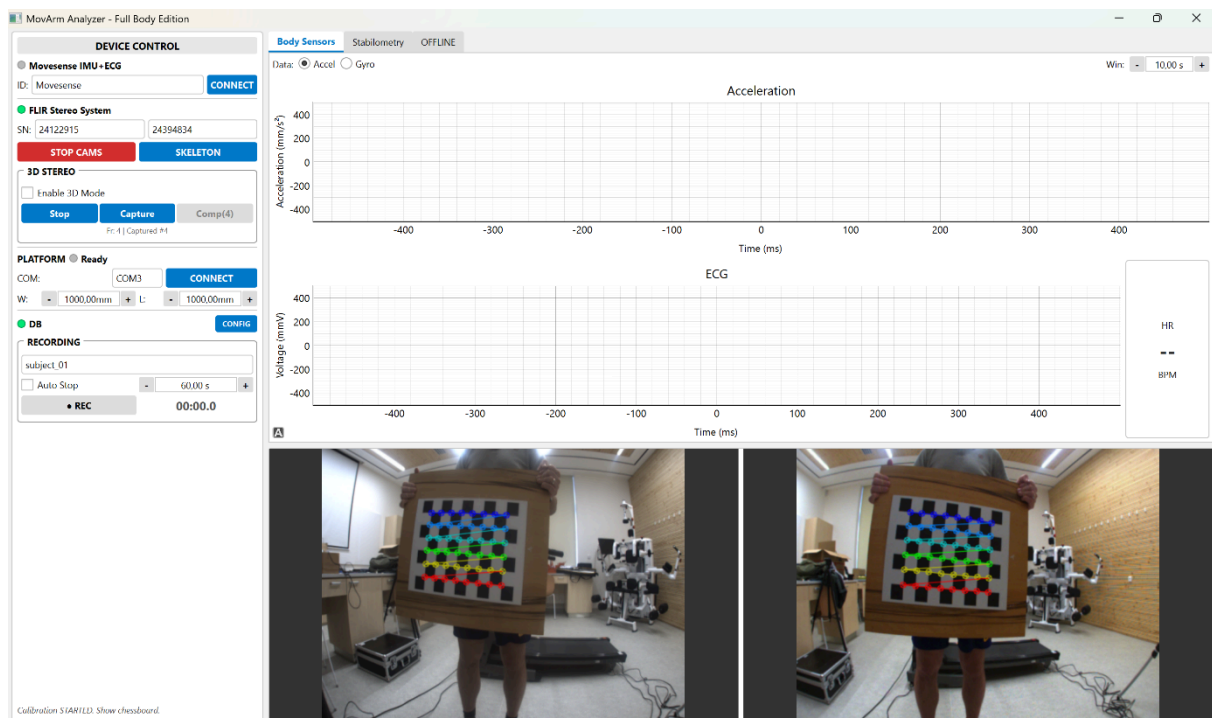
3.1 Zpracování obrazu, odhad pózy a 3D triangulace

Obrazová větev aplikace realizuje pipeline pro zpracování snímků v reálném čase, jejímž cílem je získat polohu segmentů těla ve formě anatomických bodů a tuto reprezentaci uložit jako časovou řadu. Pro extrakci těchto anatomických bodů je integrován model MediaPipe Pose, který poskytuje sadu „keypoints“ využitelnou pro vizuální kontrolu i následné offline zpracování.

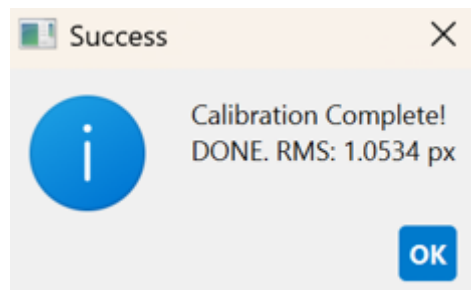
Volitelně je podporována fúze dvou synchronních obrazových proudů do 3D prostoru pomocí 3D triangulace. Tato část je podmíněna provedením stereo kalibrace. Software průběh kalibrace, její kvalitu a kontrolu výsledné 3D rekonstrukce průběžně zobrazuje. Z hlediska návazného vyhodnocení je podstatné, že případná systematická chyba kalibrace se promítá do geometrie 3D skeletonu a následně i do odvozených kinematických veličin.



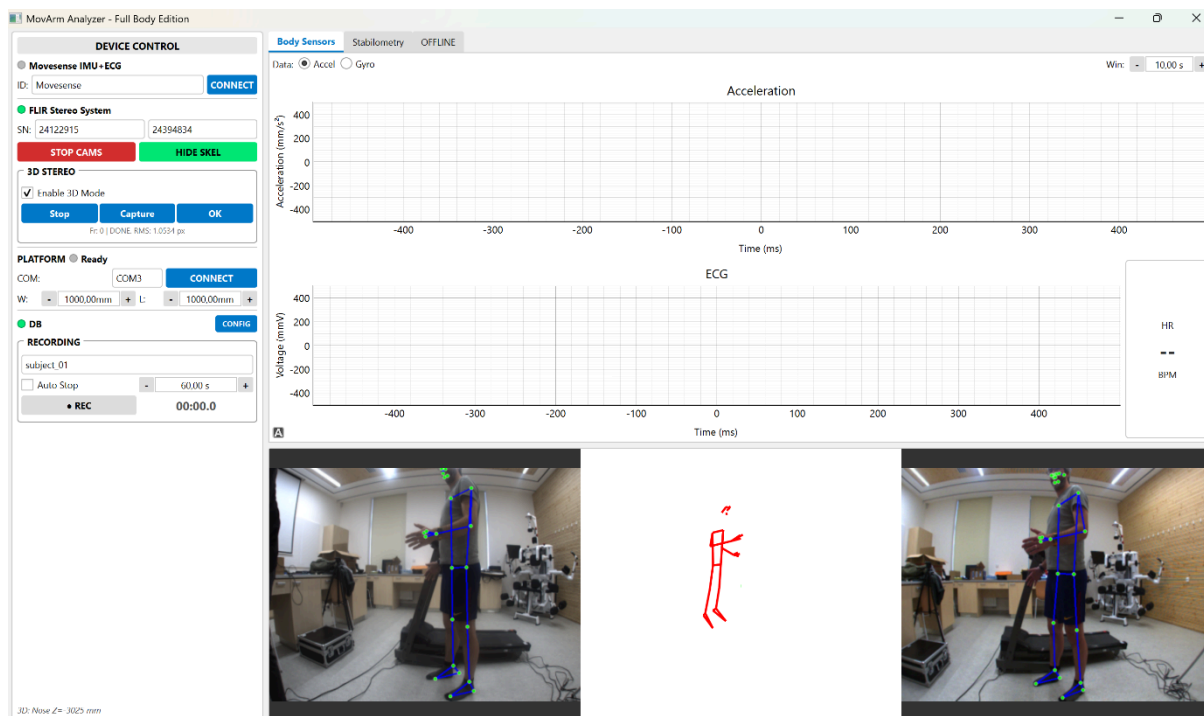
Obr. 3: Pipeline kamery. Akvizice RAW snímku → Debayering → AI Detekce (MediaPipe) → 3D Triangulace → Zápis do DB.



Obr. 4: Průběh kalibrace. Systém v reálném čase detekuje vnitřní rohy šachovnice (barevné spojnice). Pro kvalitní výsledek je nutné zaznamenat snímky z různých úhlů a vzdáleností.



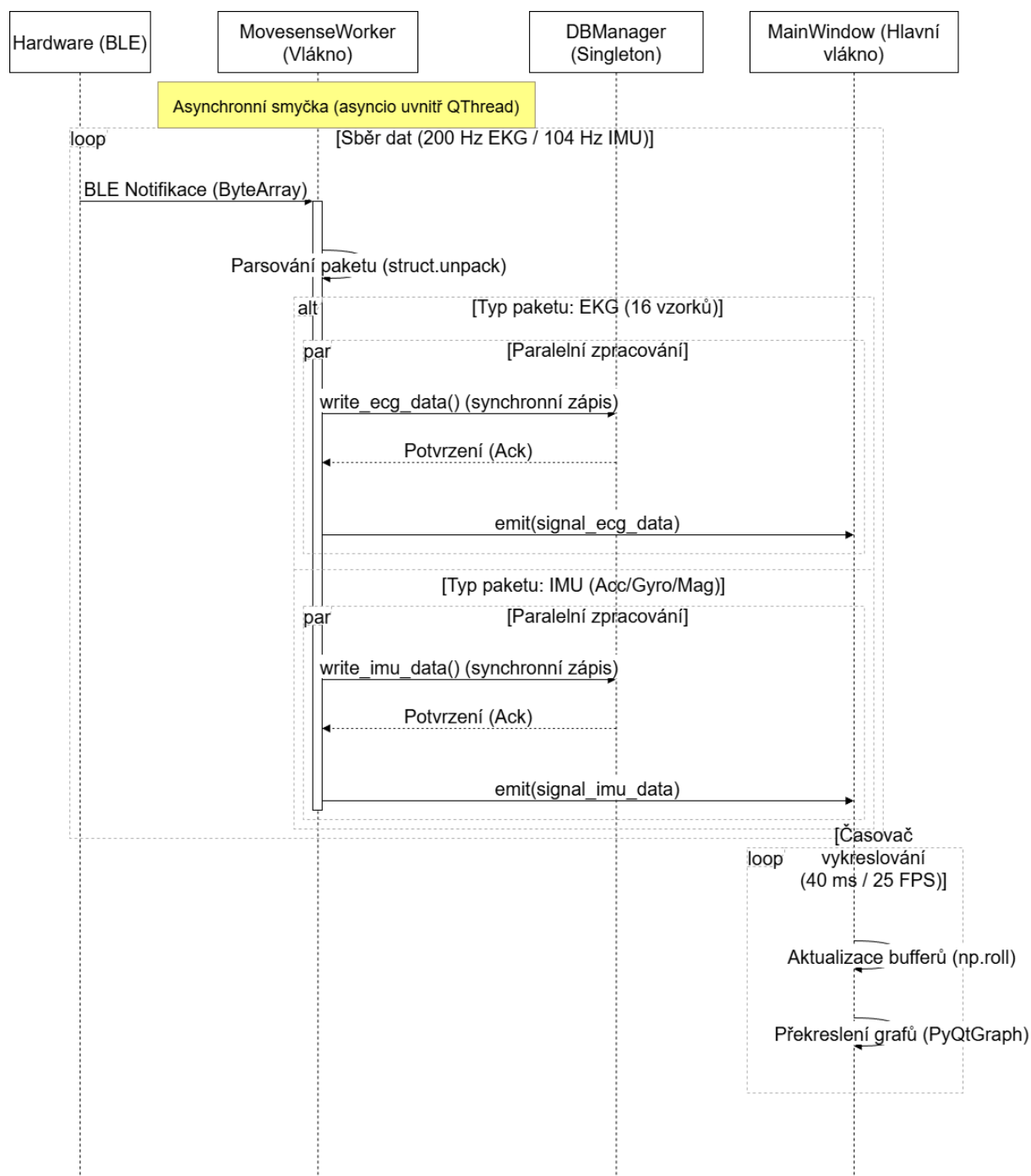
Obr. 5: Úspěšné dokončení kalibrace. Systém hlásí RMS chybu 1.05 px, což je akceptovatelná hodnota pro přesné měření.



Obr. 6: Kontrola 3D modelu (uprostřed). Pokud je kalibrace správná, software v reálném čase rekonstruuje pohyb měřeného subjektu do podoby 3D skeletonu.

3.2 Integrace asynchronních datových toků

Akviziční vrstva je navržena tak, aby integrovala datové proudy s rozdílnými charakteristikami (frekvence, formát, přenos). Jednotlivé Workers pracují nezávisle, zajišťují parsování dat a zapisují časové řady do InfluxDB s časovou značkou tak, aby bylo možné později provádět konzistentní dotazy a překryvy signálů v offline režimu. Systém nevynucuje jednotnou vzorkovací frekvenci, ale pracuje s přirozenou frekvencí jednotlivých zdrojů. Časová koherence je zajištěna prostřednictvím datové vrstvy a následných dotazů.



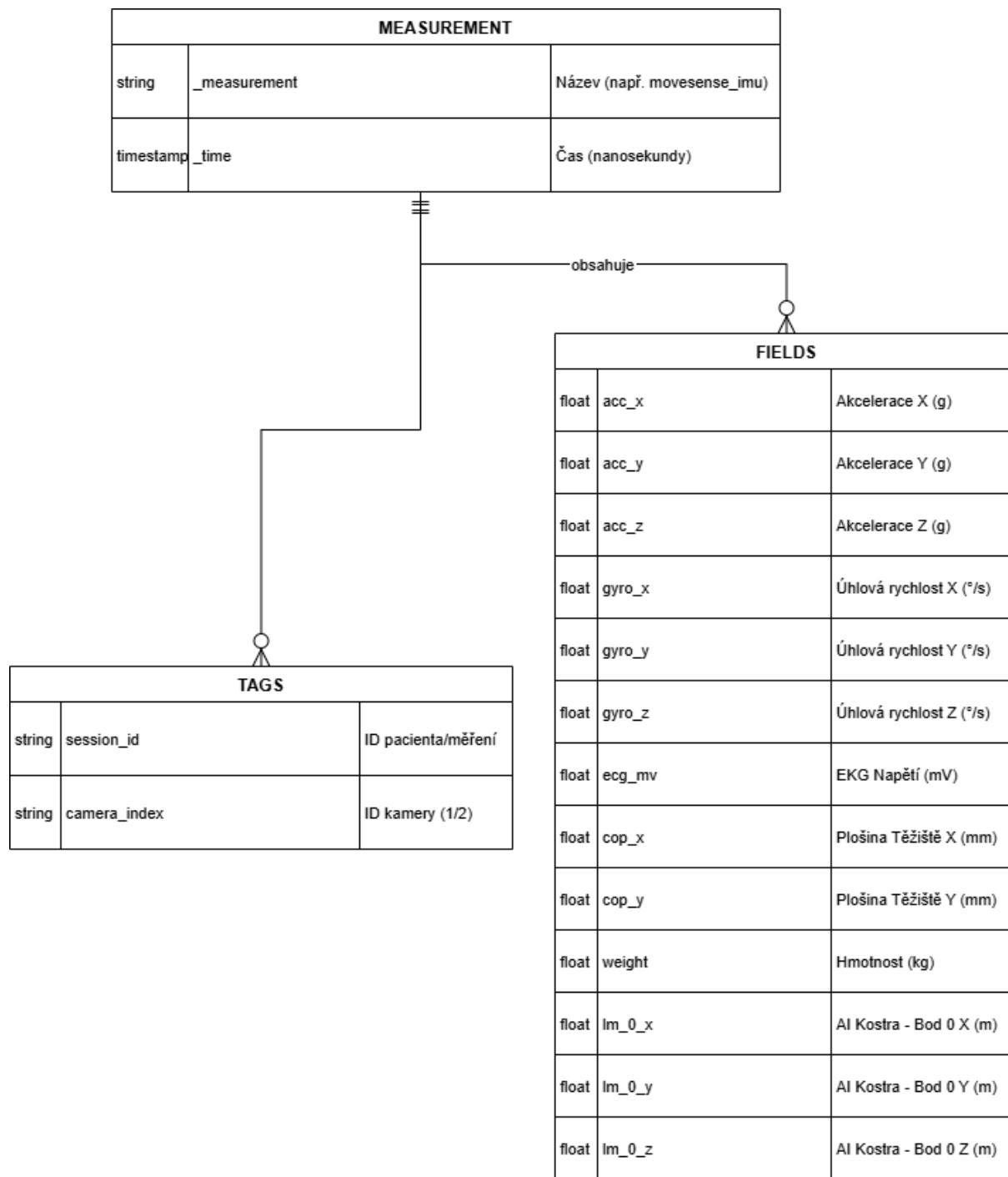
Obr. 7: Pipeline komunikace s EKG/IMU senzorem. Vlákno přijímá binární data, provádí jejich parsování a větví logiku podle typu paketu (EKG vs. IMU) před paralelním zápisem do databáze a odesláním do GUI.

4. Datová vrstva a správa relací (InfluxDB)

Datová vrstva sjednocuje heterogenní datové proudy do společné časové osy a zajišťuje reprodukovatelnou práci s daty po ukončení měření. InfluxDB zde plní roli integrační komponenty, která umožňuje jednotnou identifikaci relace, efektivní dotazování nad časovými řadami, standardizovaný export surových dat pro externí zpracování a návaznou interní offline analýzu přímo v aplikaci.

4.1 Databázový model a identifikace relace

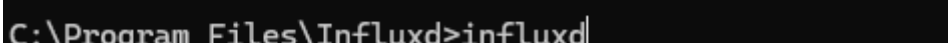
Datový model je organizován do měření (Measurements) podle typu datového zdroje. Napříč všemi měřeními je relace svázána tagem session_id. Tím je zajištěno, že relaci lze vnímat jako konzistentní množinu časových řad, které lze společně dotazovat a vizualizovat.



Obr. 8: Schéma databáze. Definuje strukturu měření, tagů a polí ukládaných do časové řady.

4.2 Provoz databázové služby a aplikační připojení

Aplikace předpokládá dostupnost databázové služby po dobu sběru dat i v následné fázi offline analýzy. Připojení je realizováno konfiguračním dialogem, ve kterém jsou definovány parametry pro přístup k databázi. Aplikace provádí kontrolu dostupnosti a indikuje stav



A screenshot of a Windows command prompt window. The title bar shows the path 'C:\Windows\System32\cmd.exe'. The window content displays the following text:

```
Microsoft Windows [Version 10.0.26100.7462]
(c) Microsoft Corporation. Všechna práva vyhrazena.

C:\Program Files\Influxd>influxd|
```

```
C:\Windows\System32\cmd.exe
\volfp\...\influxdbv2\engine\data\7c95a42434a2a68a\autogen\28\000000004-000000001.tsm"}
2026-01-15T10:37:07.704679Z info Beginning compaction {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_files_n": 3}
2026-01-15T10:37:07.705277Z info Compacting file {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_index": 0, "tsml_file": "C:\\Users\\..."}
2026-01-15T10:37:07.705277Z info Compacting file {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_index": 1, "tsml_file": "C:\\Users\\..."}
2026-01-15T10:37:07.705277Z info Compacting file {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_index": 2, "tsml_file": "C:\\Users\\..."}
2026-01-15T10:37:07.762127Z info Compacted file {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_index": 0, "tsml_file": "C:\\Users\\..."}
2026-01-15T10:37:07.762127Z info Finished compacting files {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_files_n": 1}
2026-01-15T10:37:07.762127Z info TSM compaction (end) {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "op_event": "end", "op_elapsed": "57.447ms"}
2026-01-15T10:37:07.879824Z info Compacted file {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_index": 0, "tsml_file": "C:\\Users\\..."}
2026-01-15T10:37:07.879824Z info Finished compacting files {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "tsml_files_n": 1}
2026-01-15T10:37:07.879824Z info TSM compaction (end) {"log_id": "10SJXPKG000", "service": "storage-engine", "engine": "tsml", "tsml_strategy": "full", "tsml_optimize": false, "op_name": "tsml_compact_group", "op_event": "end", "op_elapsed": "175.144ms"}
```

The screenshot displays the FluxusDB web interface. The 'DEVICE CONTROL' section at the top allows selecting between 'Movesense IMU+ECG' and 'FLIR Stereo System'. The 'PLATFORM' section shows the system is 'Ready' and provides fields for COM port (COM3), width (1000.00mm), and length (1000.00mm). Below this, the 'DB' section has a 'CONFIG' button highlighted with a red arrow. The 'RECORDING' section shows a subject ID of 'subject_01' and a recording status of 'REC' with a duration of '00:00.0'. On the right, a 'FluxusDB' configuration dialog box is open, showing fields for URL ('http://localhost:8086/'), Token (masked with dots), Org ('cvut'), Bucket ('MovArm'), and 'Save'/'Cancel' buttons.

4.3 Export dat (Data Explorer, CSV)

Datový model uložený v InfluxDB umožňuje standardizovaný přenos surových časových řad do externích analytických nástrojů bez zásahu do aplikace. Export je prováděn na základě

Datový model uložený v InfluxDB umožňuje standardizovaný přenos surových časových řad do externích analytických nástrojů bez zásahu do aplikace. Export je prováděn na základě

Datový model uložený v InfluxDB umožňuje standardizovaný přenos surových časových řad do externích analytických nástrojů bez zásahu do aplikace. Export je prováděn na základě

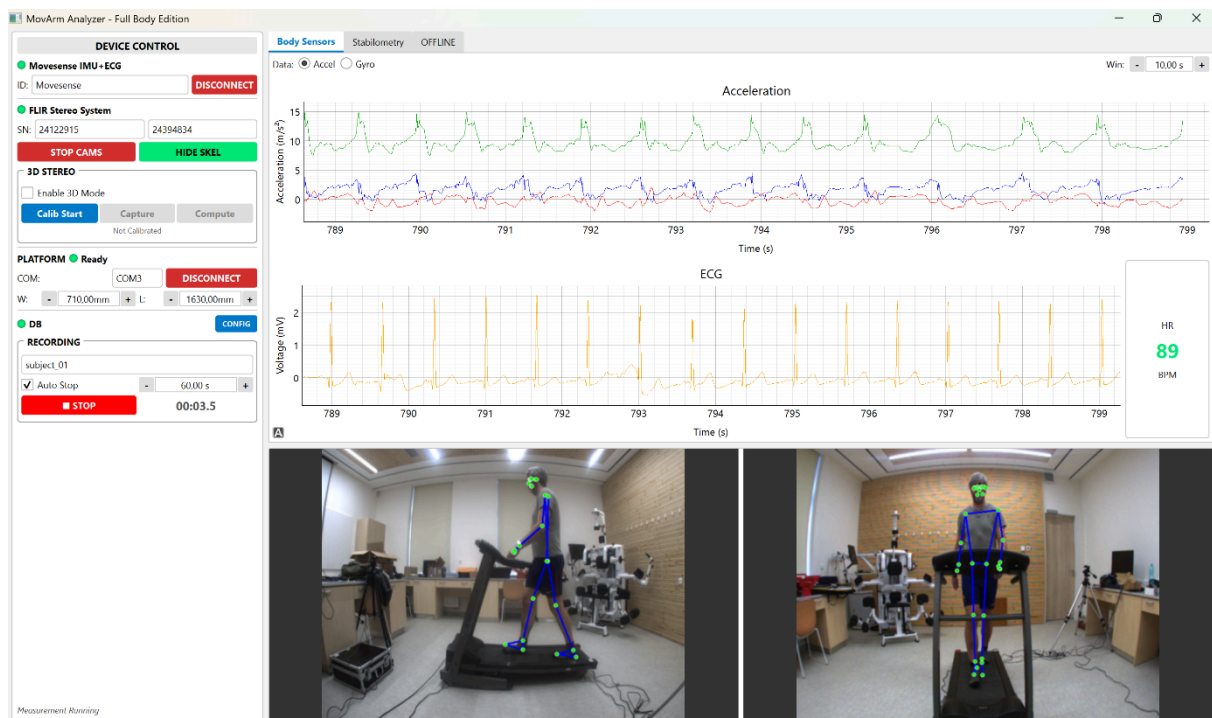
dotazu nad vybraným měřením a relací vymezenou session_id, což zajišťuje, že exportovaný CSV soubor odpovídá jedné uzavřené relaci a je konzistentní napříč zvolenými veličinami.



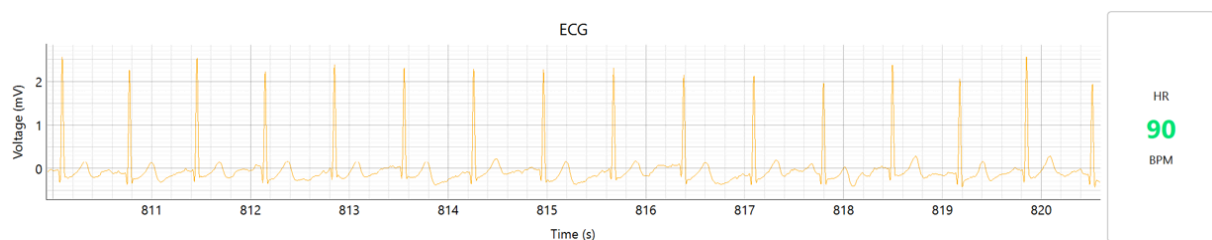
Obr. 12: Rozhraní InfluxDB Data Explorer. Slouží k detailnímu dotazování nad daty. V dolní části (Query Builder) se vybírají konkrétní senzory a veličiny. Tlačítko CSV slouží k exportu dat do souboru.

5. Uživatelské rozhraní a vizualizace dat (real-time)

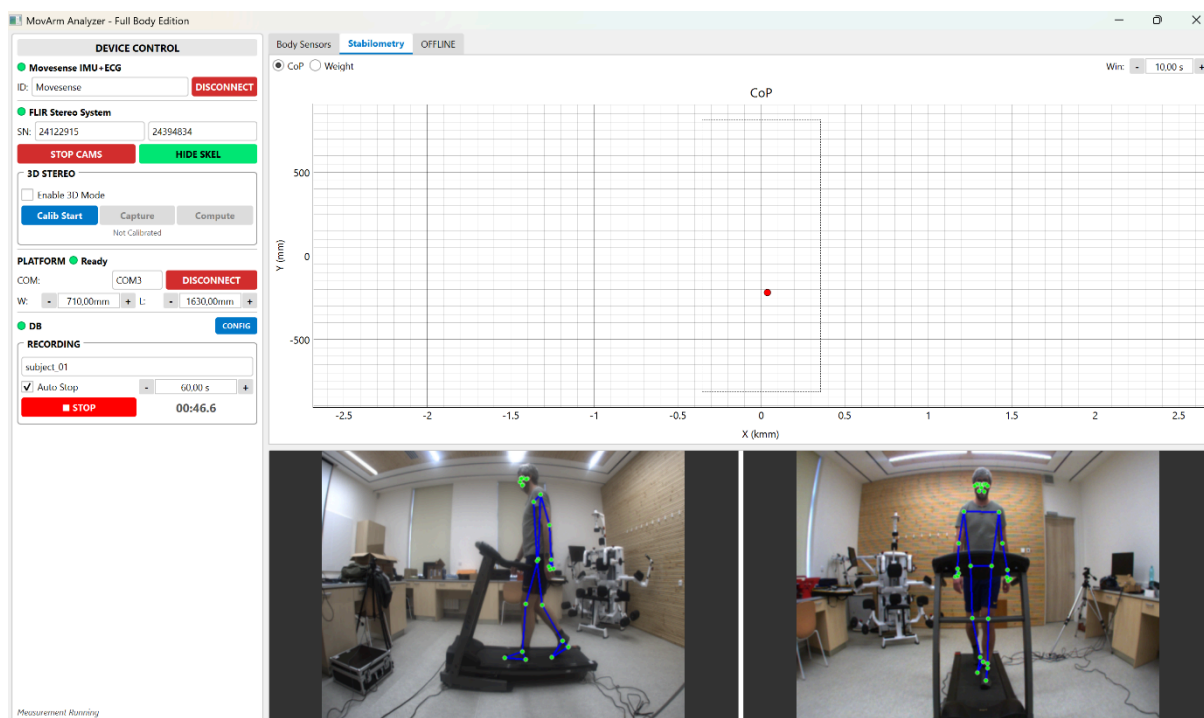
Uživatelské rozhraní je navrženo jako operátorské pracoviště, které soustřeďuje diagnostiku stavu připojených datových zdrojů, průběžnou kontrolu měřených veličin a obrazový náhled. Real-time vizualizace není pojata jako finální interpretace, ale jako nástroj pro operativní validaci integrity sběru: umožňuje identifikovat výpadky přenosu, zjevné artefakty signálu nebo nekonzistenci datových proudů v čase. Finálním výsledkem měření je relace uložená v InfluxDB (session_id), která slouží jako jednotný zdroj pro export a offline analýzu.



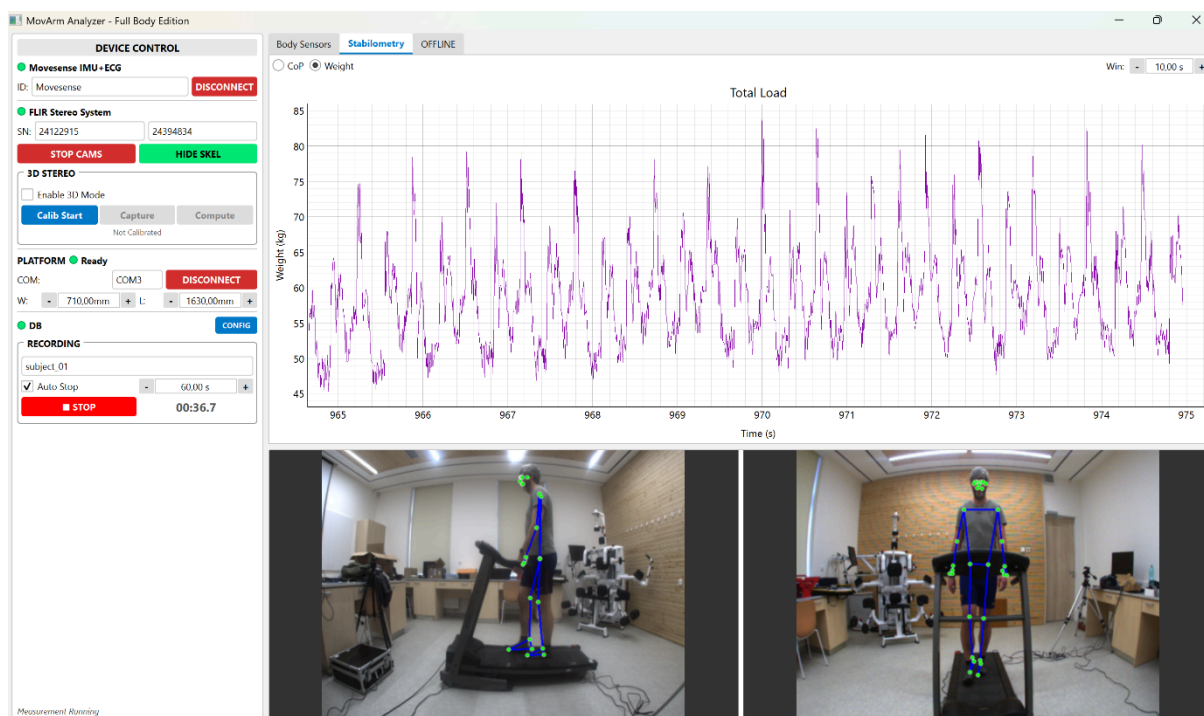
Obr. 13: Aplikace v režimu aktivního měření. Při úspěšném připojení všechna zařízení v levém panelu svítí zeleně. Tlačítko pro nahrávání změnilo barvu na červenou (STOP) a časomíra odpočítává délku záznamu. V grafu jsou live data z akcelerometru a EKG.



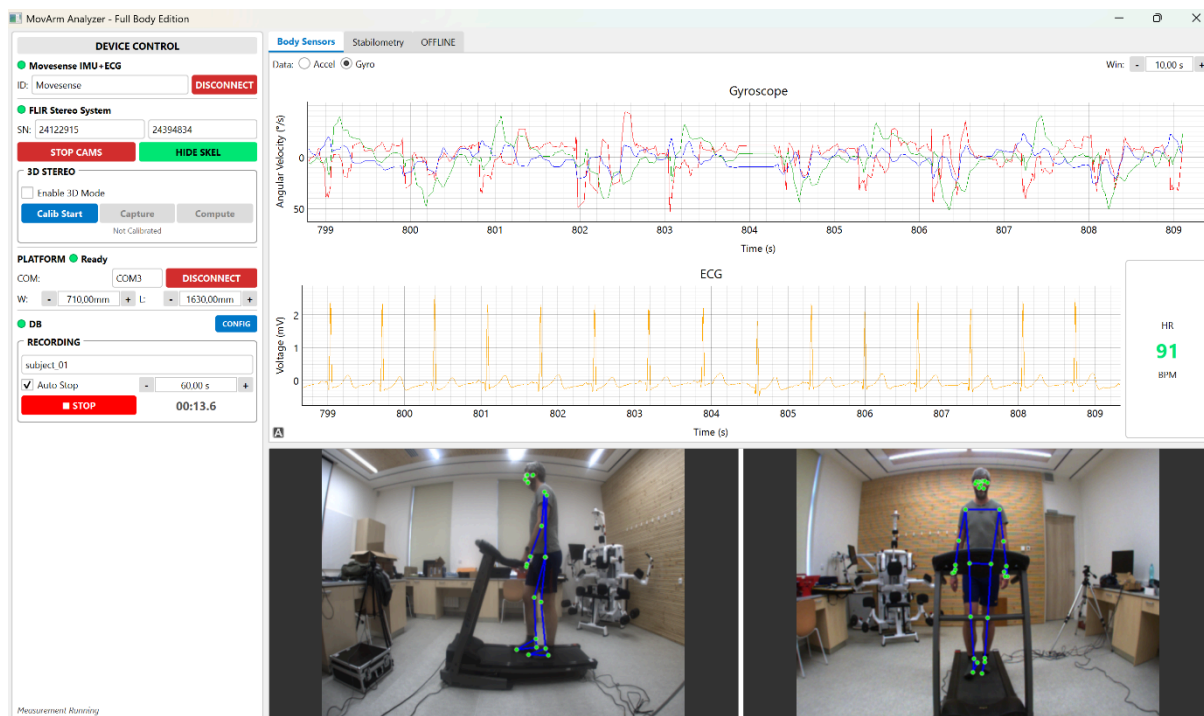
Obr. 14: Detail kontroly EKG signálu. Správný stav ukazuje čistou křivku a reálnou hodnotu tepové frekvence.



Obr. 15: Vizualizace CoP (Stabilometrie). Graf zobrazuje rozložení hmotnosti na plošině. Střed souřadnic (0,0) odpovídá geometrickému středu plošiny.



Obr. 16: Graf celkového zatížení (Total Load). Křivka ukazuje změnu měřené hmotnosti v čase, což při chůzi na pásu odpovídá fázím krokového cyklu (zatížení a odlehčení).



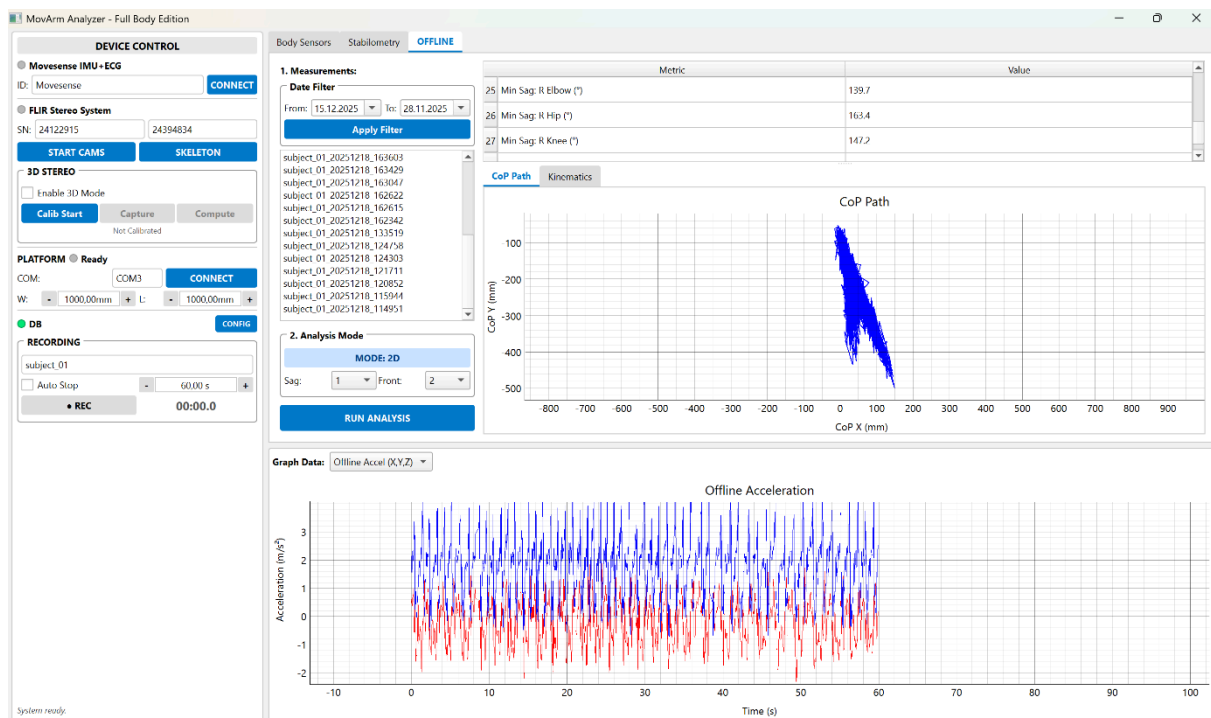
Obr. 17: Zobrazení dat z gyroskopu. Horní graf nyní ukazuje úhlovou rychlost, zatímco spodní graf monitoruje EKG a tepovou frekvenci.

6. Uživatelské rozhraní a vizualizace dat (offline)

Offline režim aplikace představuje analytickou nadstavbu nad datovou vrstvou. Na rozdíl od real-time vizualizace umožňuje zpětně pracovat s již uloženými relacemi a provádět základní inspekci a vyhodnocení naměřených veličin. Zásadním principem je, že offline režim načítá data přímo z databáze InfluxDB a pracuje se stejnou sadou časových řad, která je dostupná pro export a externí analýzu. Relace je vymezena identifikátorem `session_id`, což zajišťuje konzistenci napříč modalitami a reprodukovatelnost výsledků při opakovaném zpracování.

6.1 Offline stabilometrie (CoP Path)

Stabilometrická část offline režimu zobrazuje trajektorii centra tlaku (CoP Path) a umožňuje zpětně posoudit rozptyl a charakter posturální stability během relace. V kontextu softwarového řešení slouží tento pohled nejen jako analytický výstup, ale i jako kontrolní vrstva konzistence záznamu (např. přítomnost očekávané dynamiky a absence nerealistických skoků).



Obr. 18: Offline analýza Stabilometrie. Vlevo je vidět seznam naměřených subjektů. Graf uprostřed (CoP Path) ukazuje rozptyl těžiště měřeného subjektu během testu.

6.2 Offline kinematika a EKG

Kinematická část offline režimu zobrazuje průběhy odvozených kinematických veličin a doplňuje je o detailní záznam EKG. Tato kombinace umožňuje interpretovat změny pohybových charakteristik v čase současně s fyziologickou odezvou v rámci jedné relace session_id. Z hlediska zpracování je významné, že kinematická větev je odvozena z uložených časových řad anatomických bodů a její kvalita je přímo svázána s kvalitou jejich odhadu a (v případě 3D režimu) s kvalitou kalibrace a triangulace.



Obr. 19: Offline analýza Kinematika a EKG. Horní graf zobrazuje průběhy úhlů v kloubech (barevné křivky), spodní graf detailní záznam EKG

7. Přínosy a uplatnění softwaru

Hlavním přínosem aplikace je sjednocení celého datového řetězce do jedné platformy: od real-time sběru přes auditovatelné ukládání až po export a offline inspekci. InfluxDB jako integrační vrstva přináší reprodukovatelnost a konzistenci relací založenou na session_id, což je zásadní pro následné vyhodnocení a pro tvorbu validovaných datových sad. Architektura MainWindow + Workers umožňuje rozšiřovat integraci dalších datových toků bez zásadního zásahu do jádra aplikace a současně zachovat stabilitu GUI při souběžném sběru. Offline režim poskytuje okamžitou zpětnou vazbu ke kvalitě relace a umožňuje základní vyhodnocení bez nutnosti opouštět prostředí aplikace, přičemž export do CSV vytváří standardní rozhraní pro navazující analýzy v externích nástrojích.