

Low-Power & Long Range IoT Smart Home

RAVEN

Simon Márton

Felkészítő: Zsigó Zsolt

BMSZC Bláthy Ottó Titusz Informatikai Technikum, Budapest, Bécsi út 134, 1032

1. Bevezetés

A Raven egy nyílt forráskódú IoT biztonsági és okosotthon rendszer. A biztonság mellett a fő fókusz az alacsony késleltetésű, alacsony fogyasztású architektúra létrehozása beágyazott rendszerekhez. A csomópontok (pl. nádkapcsolók, PIR-érzékelők) akár 400 méteres vezeték nélküli kommunikációra képes hubokon keresztül csatlakoznak a szerverhez. A szerver lehet saját üzemeltetésű vagy felhőalapú. Mivel több otthoni példányt is képes biztosítani többszemélyes használat mellett, sok felhasználó és háztartás kiszolgálása alacsony költséggel lehetséges egyetlen szerverrel.

A Raven-t úgy terveztem, hogy egy intelligens biztonsági rendszer legyen az otthonok számára. Képes a behatolók és a betörők észlelésére, támogatja a távoli irányítást, az élesítést/hatástalanítást. Esemény esetén a felhasználó értesítést kap. Az észlelés egyedi gyártású eszközökön alapul, beleértve egy ESP32 mikrokontrollert, érzékelőket és egyéb szükséges elektromos alkatrészeket, amelyek mindegyike egy egyedi nyomtatott áramköri lapra került. A burkolat ezután 3D nyomtatással készítettem el.

A probléma amit meg szeretnék oldani, hogy nincsen olyan, könnyen fejleszthető és elterjedt mikrokontrollerrel készült megoldás, amely jelentős módosítások nélkül is képesek a nagy hatótávra (>280m) alacsony energiafogyasztás mellett.

2. Probléma megoldásának menete

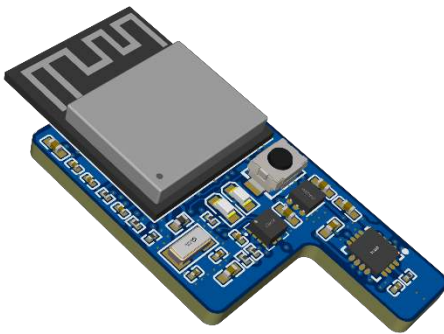
A RAVEN rendszer megvalósítása több szakaszra osztható, amelyek mindegyike különböző kihívásokat és megoldásokat tartogatott.

2.1. Tervezés és Architektúra

Első lépésként a rendszer architektúrájának megtervezése történt. A fő döntés az ESP32 alapú ESP-NOW kommunikációra esett, amely alacsony energiafogyasztást és hosszú hatótávolságot biztosít a különböző eszközök közötti adatátvitelhez. Az architektúra magában foglalja a központi hubot, amely kezeli az összes csatlakoztatott eszközt, valamint a felhasználói felületet (UI), amely lehetővé teszi az egyszerű konfigurációt és eszközkézelést. Az alkalmazás vagy a felhő, vagy saját szerveren futtatható, ami biztosítja a felhasználók számára a maximális rugalmasságot.

2.2. Komponensek fejlesztése

A következő lépésben a különböző hardveres komponensek fejlesztése és integrálása történt. A világítási rendszerek, érzékelők és egyéb eszközök alacsony fogyasztású chipjeihez megfelelő firmware írása és optimalizálása volt szükséges. Különös figyelmet fordítottunk arra, hogy az eszközök hosszú távon is működjenek anélkül, hogy gyakran szükség lenne az akkumulátorok cseréjére. (fényképet lásd 1. ábra)



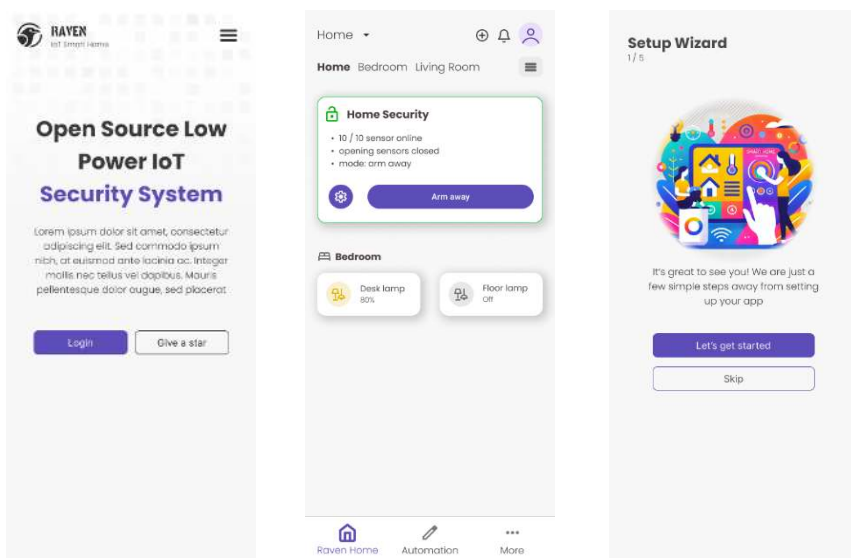
1. ábra: Az áramkör terv és elkészült áramkör

2.3. Kommunikációs Protokoll Kiválasztása

A rendszer központi eleme az ESP-NOW kommunikációs protokoll lett, amely lehetővé teszi az eszközök közötti közvetlen és megbízható adatátvitelt anélkül, hogy internetkapcsolatra lenne szükség az eszközök között. Ehhez a Layer 2-es protokollhoz készítettem egy saját, hibatűrő és titkosított adatfolyamot használó magasabb szintű kommunikációs könyvtárat.

2.4. Felhasználói Felület és Konfiguráció

A felhasználói felület (UI) tervezése és fejlesztése során a cél az volt, hogy a rendszer intuitív, könnyen használható és gyorsan konfigurálható legyen. A felhasználók számára egyszerű lehetőséget biztosítunk az eszközök csatlakoztatására, a vezérlésre, valamint a különböző beállítások elvégzésére. A UI-ban az eszközök könnyen hozzáadhatók, konfigurálhatók, és a rendszer lehetőséget biztosít a felhasználói fiók biztonságos kezelésére, az eszközök hitelesítésére, valamint a távoli elérés biztosítására. (fényképet lásd 2. ábra)



2. ábra: Felhasználói felület

2.5. Hitelesítés és Biztonság

A biztonság kiemelt fontosságú a RAVEN rendszerében, különös figyelmet fordítottam a felhasználói adatvédelemre és az eszközök közötti biztonságos kommunikációra. A hitelesítési mechanizmusok és titkosítási protokollok biztosítják, hogy minden adatcsere biztonságos és védett legyen, és a felhasználók számára biztonságos távoli elérés legyen biztosítva.

3. Elért eredmények

A projekt keretében megvalósításra került egy működő MVP prototípus a szükséges funkciókkal. A megvalósított munkák:

1. Áramkörök megtervezve, legyártva (6 rétegű, 0201-es alkatrészek, JLCPCB, + tartalmaz: gyorsulásmérő, feszültségszabályzó, PD töltőáramkör, hőmérsékletérzékelők)
2. Firmware és Szoftver működőképes: ESP-IDF + Angular/NestJS, kommunikálnak, távoli elérés vezérelhető
3. Titkosítás (AES&RSA)
4. Műanyag tok 3D nyomtatva

Egyedi előnyei a többi open-source rendszerhez képest (pl. ESPHome/HomeAssistant, openHAB):

1. Alacsony energiafogyasztás: pl. hőmérőszenzorok esetében 0.25mA/h

2. Nagy hatótávolság (módosítások nélkül): 280 méter line-of-sight testmagasságban, 210 méter akadályokkal tele megbízhatóan

Újszerűség:

1. hobby-barát chip + low-power + low-range
2. számos eszközzel, akár nagyüzemű szenzoros méréshez (pl. farmok, ültetvények)
3. cloud hosting esetén is offline kezelés (BLE a központi egységen keresztül)