



Pázmány Péter Katolikus Egyetem
Információs Technológiai és Bionikai Kar

SZAKDOLGOZAT

Lokális hálózatba szervezhető adatrögzítő és
adattovábbító mérőegység fejlesztése

Orbán Balázs
Mérnökinformatikus BSc

2021

Témavezetők: Naszlady Márton Bese

4/1989 / 2019



1635
alapítás

PÁZMÁNY PÉTER KATOLIKUS EGYETEM
INFORMÁCIÓS TECHNOLÓGIAI ÉS BIONIKAI KAR
TANULMÁNYI OSZTÁLY
H-1083 Budapest, Práter u. 50/a.
Tel: (36-1) 886-4711 Fl: 79633
tanulmanyi.osztaly@itk.ppke.hu

Szakdolgozat témamejelentő nyilatkozat

Hallgató

Név: Orbán Balázs	Neptun kód: ZM6Z9A
Szak: Mérnökinformatikus BSc IANI-MI	

Témavezető

Név: Naszlady Márton Bese
Beosztás, tudományos fokozat: mérnöktanár

Dolgozat

A dolgozat címe (magyarul): Lokális hálózatba szervezhető adatrögzítő és adattovábbító mérőegység fejlesztése
A dolgozat címe (angolul): Development of an IoT data logging device

A dolgozat téma

A vezetéknélküli kommunikációs technológiák fejlődése révén manapság már igen olcsó és egyszerű módon szervezhetők rádiós kapcsolaton alapuló hálózatok. A dolgozat keretében fejlesztett eszköz célja, hogy egy ilyen mérőhálózat részeként képes legyen a környezeti paraméterek (pl. levegőhőmérséklet, relatív páratartalom stb.) folyamatos mérésére és feldolgozására, majd pedig az így előállt eredményeket továbbítsa a hálózat magasabb szintű feldolgozóegységei felé (adatrögzítők, megjelenítők).

A rendszer fejlesztése során a legfontosabb figyelembe veendő szempontok az adott környezeten belüli megbízható és pontos működés, valamint a könnyű üzemeltetés. Ezen túlmenően az elkészülő eszköznek nem célja további innovatív elemek integrálása; a fejleszői munka eredménye egy több példányban előállítható mérőegység, mely az adott felhasználási célra optimalizált.

A hallgató feladatai

- Ismerje meg a napjainkban alkalmazott vezetéknélküli adatátviteli technológiákat!
- Ismerje meg a hálózatba szervezett mérőrendszerök alapvető felépítési modelljeit!
- Ismerje meg az alkalmazás helyén felmerült mérési feladat paramétereit, tájékozódjon a leendő fehlasználói igényekről (méréndő mennyiségek, mintavételezés gyakorisága, naplázási és egyéb kívánalmak)!
- Az igényeknek megfelelően keressen/válasszon a mérési feladat elvégzésére alkalmass mérő, vezérlő, és kommunikációs modulokat!
- A részegységek ismeretében állítsa össze a mérőfej tervét (egységek kapcsolása, elhelyezése, a mérőegység tokozása, rögzítési lehetőségei stb.)
- Implementálja a mérést irányító és a hálózatba szervezhetőséget biztosító szoftverkomponenseket, készítse el a mérőegység firmware-jét.
- Tesztelje / mérje meg az elkészült egység képességeit (mérési pontosság, működési idő – fogyasztás, adatkapcsolat megbízhatósága).

A témavezetést vállalom.

Nagy P.

A témavezető aláírása

Kérem a szakdolgozat témájának jóváhagyását.

Budapest, *2019. 11. 28.*

C. Balázs

A hallgató aláírása

A szakdolgozat témáját az Információs Technológiai és Bionikai Kar jóváhagyta.

Budapest, *2019. 12. 05.*

LX

Dr. Iván Kristóf
dékán

A hallgató a kiírásban foglalt feladatokat teljesítette. A dolgozat a TVSZ-ben foglalt tartalmi és formai követelményeknek megfelel.

Budapest, *2020. május 18.*

Nashedz M.

A témavezető aláírása

Nyilatkozat

Alulírott Orbán Balázs, a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karának hallgatója kijelentem, hogy ezt a szakdolgozatot/diplomamunkát meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és a szakdolgozatban/diploma-munkában csak a megadott forrásokat használtam fel. minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva / a dolgozat nyelvétől eltérő nyelvből fordítva, más forrásból átvettettem, egyértelműen a forrás megadásával megjelöltem. Ezt a szakdolgozatot/diplomamunkát más képzésen nem nyújtottam be.

Orbán Balázs

Kivonat

Napjainkban szinte bárhol találkozhatunk IoT eszközökkel. A hálózatba rendezhető eszközök az élet számtalan területét képesek megkönnyíteni. Az emberek hétköznapi-iban igény van olyan olcsó és egyszerűen kivitelezhető eszközökre, amelyek megtesznek helyettük olyan műveleteket, amelyek egyszerű és alaposan végigondolt algoritmusokkal elvégezhetőek.

Az IoT eszközök otthoni felhasználásának célja egy okosotthon létrehozása. Ilyen eszközök fejlesztésével elérhető, hogy reggel friss kávé fogadja a tulajdonost, amennyiben a beállított ébresztő és a kávédő is csatlakozik a hálózathoz. De ugyanilyen módszerrel megvalósítható az is, hogy hazaérkezéskor a kapunyitó elektronika kinyissa a kaput, majd a behajtás után be is csukja azt. A nappali fényességének szabályozása is lehetségesse válik egy egyszerű eszköz segítségével, amely a fényerősség függvényében állítja a függönyöket/reluxákat.

A szakdolgozat egy olyan eszköz fejlesztésével foglalkozik, amely a környezete adatait elemzi. Az adott helyszín különböző pontjain telepített mérőállomások segítségével meghatározza a pontokon mért hőmérsékletet és páratartalmat. Ezen adatok elemzésével számos probléma megoldható.

A túl nagy hőmérsékletváltozás eszközök meghibásodásához vezethet, de gazdasági szempontból sem előnyös. A tartósan alacsony páratartalom hatással van a szervezetünkre. Légitak kiszáradásáért, ezáltal köhögőrohamok kiváltásáért lehet felelős az esetlegesen túl alacsony relatív páratartalom. Ezek mellett a növényeink pusztulását és fábútoraink amortizációját is okozhatja. A túl magas páratartalom sem praktikus, hiszen ez a páratartalom a gombák és atkák melegágya. Számos allergiás reakcióért lehet felelős, ezek mellett a falak penészedését is okozhatja.

Bár a felhasználás célja eltérő lehet, egy ilyen projekt -felhasználói közegtől függetlenül-
igen hasznosnak bizonyulhat. Egy egyszerűen és olcsón üzembe helyezhető eszköz széles
körben elterjedhetne otthonokban, raktárakban, egyetemeken és nyaralókban egyaránt.

A szakdolgozat keretében fejlesztett eszköz nem csatlakozik termosztáthoz, levegő pá-
rásítóhoz, vagy éppen párátlanító berendezéshez. A mérőegység csak az adatok mérésével
és kiértékelésével foglalkozik, nem célja a feltárt probléma elhárítása. Az eszköz későbbi
fejlesztése megvalósíthatja a hőmérséklet valamint a relatív páratartalom szabályozását
egyaránt, az előbb említett szükséges berendezések hálózatba kötésével. Ebben az eset-
ben a kívánt hőmérséklet és páratartalom távolról állítható, valamint automatizálható
egyaránt. Az ezen fejlesztés eredményeként létrejött mérőegység már egy okosotthon tel-
jesítékű építőelemévé válhatna.

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt szeretném megköszönni témavezetőmnek Naszlady Márton Besének az önálló laboratóriumom óta tartó folyamatos támogatását, mind szakmai, mind emberi oldalról. Köszönöm, hogy meghallgatta az ötleteimet, elképzeli seimet, és konstruktívan állt hozzá az összes projekthez, legyen az iskolai vagy egyéb elfoglaltság. Hálás vagyok a rengeteg konzultációért a robotikalaborban, későbbiekben pedig online, amelyek nem csak jó hangulatban teltek el, de rendkívül produktívak is voltak. Rengeteg hasznos tudásra tettem szert, többek között hogy egy elefántos játék megszereléséhez 4,5 mérnökre van szükség. Köszönöm, hogy a feladat végrehajtása nem kötelezettség, hanem sokkal inkább hasznos időtöltés volt.

Köszönöm Dr. Iván Kristófnak, és a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karának a tudást amelyet kaptam, valamint a projekt szempontjából nélkülözhetetlen elemek és laborokfelszerelések biztosítását.

Köszönettel tartozom szaktársaimnak és a teljes Animátor Közösségnak a gólyanapok óta folyamatosan tartó támogatásért és a hihetetlenül jó hangulatú egyetemi lékgörért. Az egyetemi éveim alatt egy jó hangulatú közösséghoz tartozhattam, amely tagjai segítik egymást, kiállnak egymásért és a katolikus értékrendjükért. Ők tették emlékezetessé az elmúlt éveket.

Végül, de nem utolsó sorban szeretném megköszönni a családomnak, hogy elviseltek és támogattak akkor, amikor a legnagyobb szükség volt rá.

Köszönöm!

Tartalomjegyzék

Témabejelentő	I
Nyilatkozat	III
Kivonat	IV
Köszönetnyilvánítás	VI
1. Bevezetés	1
1.1. Szakmai háttér	1
1.2. A szakdolgozat felépítése	1
2. Kutatómunka	3
2.1. Specifikáció	3
2.2. A napjainkban alkalmazott vezetéknélküli adatátviteli technológiák meg- ismerése	4
2.2.1. Infravörös átvitel	4
2.2.2. Lézeres átvitel	4
2.2.3. Adatátvitel rádióhullámokkal	5
2.2.4. Adatátviteli technológiák összehasonlítása	7
2.3. Mikrovezérlők, mikroszámítógépek	8
2.3.1. Raspberry	8
2.3.2. ESP8266	8
2.3.3. Arduino	9
2.3.4. WeMos	10
2.3.5. Összefoglalás	10
2.4. Szenzorok	11
2.4.1. Hőmérséklet mérés	11
2.4.2. BME280	13
2.4.3. BMP280	13

2.4.4. DHT11	14
2.4.5. Összefoglalás	15
2.5. Konklúzió	15
3. Tervezés	16
3.1. Szenzorok és a vezérlő	16
3.2. Áramellátás	17
3.3. Kapcsolási rajz	18
3.4. Nyomtatott áramkör	20
3.5. Tokozás	22
3.6. Adatbázis	24
3.7. Firmware	24
3.7.1. Működése	24
3.7.2. Felépítése	25
3.8. Weboldal	29
4. Eredmények	31
4.1. Mérőpont	31
4.1.1. Nyomtatott áramkör	31
4.1.2. Modell	31
4.1.3. Tokozás	32
4.2. Mérések	33
4.2.1. Mérési pontosság	33
4.2.2. Fogyasztás	35
4.2.3. Adatkapcsolat megbízhatósága	37
4.3. Továbbfejlesztés	37
5. Összefoglalás	38
5.1. Feladat	38
5.2. Eredmények	38
5.3. Jövőbeli tervezet	39
Felhasznált irodalom	42
A. Melléklet	43

1. fejezet

Bevezetés

1.1. Szakmai háttér

A vezetéknélküli kommunikációs technológiák fejlődése révén manapság már igen olcsó és egyszerű módon szervezhetők rádiós kapcsolaton alapuló hálózatok. A dolgozat keretében fejlesztett eszköz célja, hogy egy ilyen mérőhálózat részeként képes legyen a környezeti paraméterek (pl. levegőhőmérséklet, relatív páratartalom stb.) folyamatos mérésére és feldolgozására, majd pedig az így előállt eredményeket továbbítsa a hálózat magasabb szintű feldolgozóegységei felé (adatrögzítők, megjelenítők).

A rendszer fejlesztése során a legfontosabb figyelembe veendő szempontok az adott környezeten belüli megbízható és pontos működés, valamint a könnyű üzemeltetés. Ezen túlmenően az elkészülő eszköznek nem célja további innovatív elemek integrálása. A fejlesztői munka eredménye egy több példányban előállítható mérőegység, mely az adott felhasználási célra optimalizált.

1.2. A szakdolgozat felépítése

Az alábbi tartalmi összefoglaló a szakdolgozat legfontosabb részeinek rövid leírását tartalmazza.

2. Fejezet A szükséges elméleti háttérírásmeretet tartalmazza a szakdolgozat megvalósítása során felhasznált eszközökről és technológiákról. A kutatás célja a projekt szempontjából legideálisabb megoldások megtalálása.

3. Fejezet A tervezési folyamat részletes leírását tartalmazza. Lépésről lépésre építi fel a projektet az elméleti tervezéstől a fizikai megvalósításig.

4. Fejezet A tervezési folyamat következményeképp létrejött mérőegységek és a méritási eredmények elemzéséről szól. A levont következtetéseket és fejlesztési lehetőségeket részletezi.

5. Fejezet Összefoglalja a feladat teljesítését, értékeli a fejlesztés eredményét és felméri a további felhasználási területeket.

2. fejezet

Kutatómunka

Napjainkban egyre népszerűbbek a hálózatba szervezhető eszközök, hiszen a minden-napi életünket könnyítik meg, ha ezek a készülékek kommunikálnak. Egyszerűbb példa erre a nyomtató, projektor és számítógép kommunikációja, de ugyanilyen módon alakulhat ki egy okosotthon, ahol a napellenzőt, fűtést de akár a kávédőzöt is egy központi eszkökről szabályozhatjuk. A szakdolgozatom célja egy olyan eszköz kifejlesztése, amely alkalmas egy épület különböző pontjain méréseket végezni, az eredményeket feldolgozni és elemezni, ezáltal lehetőséget biztosítva az ideális hőmérséklet és páratartalom ellenőrzésére. Szeretnék eredményül egy olyan eszközt kapni amely olcsón, különösebb informatikai ismeret nélkül sokszorosítható, valamint könnyen igényekhez alakítható.

2.1. Specifikáció

A fejlesztendő eszköz az épület fizikai korlátai miatt vezeték nélküli adatátviteli technológiát fog használni, amely számos előkövetelménynek kell megfeleljen. Fontos hogy egyszerre több eszközzel is tudjon kommunikálni. Szükséges, hogy az átvitel az épület egész területén megbízhatóan működjön. Ahhoz, hogy megtaláljam a feladat szempontjából optimális megoldást, megismerkedem a napjainkban használatos technológiákkal, összehasonlítom őket és a számomra fontos szempontok szerinti legjobbat választom.

Ezek után egy olyan adatfeldolgozó egységet kell találnom, amely a kiválasztott átviteli technológiát támogatja. Ennek az egységnek párhuzamosan kell tudnia lebonyolítani az információcserét 10-12 eszközzel. Egy olyan központi egységet kell megismerni, amelyhez csatlakoztathatóak a feladat végrehajtásához szükséges mérőegységek. Az egység kiválasztásánál fontos szempont a kedvező ár is.

Az elkészítendő feladathoz szükség van a legideálisabb érzékelők kiválasztására. A szenzoroknak tudniuk kell minél pontosabban mérni a párataartalmat és a hőmérsékletet, hiszen ezekből az adatokból tudunk a munkakörnyezettel kapcsolatos következtetéseket levonni. Fontos hogy az érzékelők rendelkezzenek a kiválasztott vezeték nélküli technológiával. 10-12 ilyen érzékelőt szeretnénk elhelyezni a mérési helyszínünk különböző pontjain. Mivel ez már egy nagyobb darabszám, és egy relatív olcsó eszközt szeretnénk létrehozni, így a választott érzékelő ára is figyelembe veendő szempont lesz. Az elhelyezésük különböző termekben, de akár különböző szinteken fog megvalósulni, ezáltal mindenek különböző áramforrással kell hogy rendelkezzen. Az elhelyezési folyamatot segítené ha nem kellene minden mérési pontba vezetéken biztosítani a tápfeszültséget, így előnyösebbek az olyan érzékelők amelyek elemmel is működtethetők.

2.2. A napjainkban alkalmazott vezetéknélküli adatátviteli technológiák megismérése

A cél a feladat szempontjából legmegfelelőbb vezeték nélküli adatátviteli technológia megtalálása. Ehhez megismerkedem a napjainkban használt módszerekkel, melyeket átviteli módszer szerint csoportosítok.

2.2.1. Infravörös átvitel

Az infravörös (IR) adatátvitel egy olyan alacsony energiaszintű kommunikáció, amelynek jelei nem képesek áthatolni falakon vagy egyéb akadályokon. Az IR a kommunikáció folyamán egy infravörös közvetlen hozzáférésként ismert különleges kommunikációs portot használ (Infrared Direct Access, IrDA). Az átviteli sebesség 2400 bps és 4 Mbps közé esik. Előszírtettel használják egyszerűbb eszközök összekapcsolására, azonban az IR csak 1-1 átvitel kialakítására alkalmas, mint például a televízió készülék és a távkapcsoló közötti információcsere, vagy a régi telefonokon egy file küldése. Fizikai korlátai miatt az IR nem felel meg az eszköz specifikációjának. [1]

2.2.2. Lézeres átvitel

A lézeres átvitelt alkalmazó adó-vevő párokat pont-pont közötti adatátvitelre használják. E kommunikáció napjainkban teljesen digitális, a lézerfény irányított energiakoncentrációja nagyobb távolság (akár több kilóméter) áthidalását teszi lehetővé. Az illetéktelen lehallgatás, illetve külső zavarás ellen viszonylag védett. Az időjárási viszonyok azon-

ban befolyásolják a fény terjedését, így az eső, a köd valamint a légköri szennyeződések zavarként jelentkeznek, amik a kommunikációt részben, vagy akár teljesen blokkolhatják.

A lézeres adatátvitel történhet üvegszál használatával is, ezzel relatív magas (Gb/s nagyságrendű) sebesség érhető el. Ezáltal a hatótávolság megnő, és a korábban felso-rolt környezeti tényezők sem befolyásolják a terjedést, ezáltal egy sokkal megbízhatóbb kommunikációs csatorna jön létre.

A lézeres átvitel tulajdonságai nem lesznek megfelelőek a projekthez, hiszen a specifikációban leírt feladat megvalósításához nem elegendő a pont-pont kapcsolat, valamint nincsen szükségünk ekkora távolságok közötti adattovábbításra sem. A lézer üvegszálban történő vezetése sem lenne ideális megoldás, hiszen a mérőegységek elhelyezését nem szeretnénk lekorlátozni, ezért további átviteli lehetőségeket kell keresnünk. [1]

2.2.3. Adatátvitel rádióhullámokkal

A rádiófrekvenciás hullámok képesek áthatolni a falakon és más akadályokon, valamint az infravörös és a Bluetooth adatátvitelnél is jóval nagyobb hatótávolsággal rendelkeznek. A rádiófrekvenciás (RF) tartomány bizonyos részeit olyan szabadon használható eszközök működésére tartják fenn, mint a mobiltelefon, a vezeték nélküli helyi-hálózat és egyéb számítógépes perifériák kommunikációja. A mikrohullámok elektromágneses hullámok, melyek a terahertz (THz) tartományánál hosszabb hullámhosszal rendelkeznek, de rövidebbel, mint a rádióhullámok. A mikrohullámok hullámhossza megközelítőleg a 30 cm-től (1 GHz-es frekvencia) az 1 mm-ig (300 GHz) terjed. Mindazonáltal a határok az infravörös fény, a terahertzes sugárzás, a mikrohullámok és az UHF (ultra magas frekvencia) rádióhullámok között elégé szabadon értelmezettek, és tudományágak szerint változhatnak. [1]

Bluetooth átvitel

A Bluetooth rövid hatótávolságú adatcseréhez használt, nyílt, vezeték nélküli szabvány. Alkalmazásával számítógépek, mobiltelefonok és egyéb készülékek között automatikusan létesíthetünk kis hatótávolságú rádiós kapcsolatot. A Bluetooth alacsony energiafogyasztása miatt különösen alkalmas hordozható eszközök számára. A Bluethoothnak nem jelentenek akadályt a falak. Rövid hatótávolsága ellenére megvan az előnye, hogy egyidejűleg több eszköz kommunikációját teszi lehetővé. Utóbbi előnyös tulajdonsága miatt válthatott sokkal szélesebb körben elterjedtebbé mint az infravörös átviteli technológia.

[1] A kis hatótávolság egyfajta védettséges is biztosít, hiszen csak a megfelelő közelségből támadható a kommunikáció. Ez azonban hamis biztonságérzetet kelthet, hiszen az eredetileg kicsi hatótávolság egy antennával akár kilométeresre is megnőhet. Ezért a Bluetooth nem alkalmas bizalmas információk továbbítására. [2]

A Bluetooth átviteli tulajdonságai megfelelnek a feladat kritériumainak, tehát ez egy lehetséges megoldása a feladatban leírt kommunikáció megvalósításának. A mérési helyszín azonban nem rendelkezik saját kiépített bluetooth hálózattal, ami ellehetetlenítheti az adatátvitelt. Ebben az esetben ugyanis csak úgy lehetséges a hálózat kialakítása, ha a pontok egymáshoz közel találhatóak. Ez viszont egyes pontokat nagy mértékben leterhelne, valamint az adatvesztés kockázata is felmerülne. (Az A-B-C-D-E-F-szerver alakú hálózatban az A ponttól jövő mérési adatot az összes pontnak továbbítani kell, az F ponton keresztül történik az A,B,C,D és E pontok szerverrel folytatott kommunikációja.)

Wifi

A wifi az IEEE által kifejlesztett vezeték nélküli mikrohullámú kommunikációt (WLAN) megvalósító, széleskörűen elterjedt IEEE 802.11 szabvány népszerű elnevezése, amelynek két fő verzióját használjuk. Az IEEE 802.11b 2,4 GHz frekvenciát, míg az IEEE 802.11a 5 GHz frekvenciát biztosít az adatátvitelhez. A relatív magas frekvenciának köszönhetően egy kifejezetten gyors adatátvitel alakul ki. Hatótávolsága rendkívül magas, akár több tíz kilométeres sugarat is biztosíthat egy megfelelő router választása esetén. A legtöbb ma használt eszköz támogatja a WPA2 kapcsolatot, ezáltal egy megbízható kommunikációt képes kialakítani. A még újdonságnak számító WPA3 egy teljesen új titkosítást használ, aminek köszönhetően - az amúgy is biztonságosnak mondható wifi, - alkalmasabb az eddigi technológiáknál a bizalmas információk továbbítására. [3]

A wifi egy olyan réteg, amely felett IP alapú rendszerek képesek működni, ezáltal az adatok címzése, továbbítása valamint az eszközök azonosítása IP-cím alapján, szabályozott módon valósul meg. Abban az esetben, ha a vezeték nélküli hálózat DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) protokoll alapján működik, a hálózat konfigurálásának folyamata jelentős mértékben leegyszerűsödik. A DHCP a csomópontok hálózati önkonfigurációját teszi lehetővé. A kliensek hálózati beállításukat egy DHCP szerverről töltik le, ennek köszönhetően nem kell manuálisan konfigurálni minden kliens eszközt. Ez további előnye a wifi hálózatnak. Ennek köszönhetően nagy valószínűséggel ez a módszer lesz számunkra az ideális választás. [4]

GPRS

A GPRS (General Packet Radio Service) egy csomagkapcsolt, IP-alapú mobil adatátviteli technológia, amelyet GSM és IS-136 mobiltelefonok használnak. A csomagkapcsolt adattovábbítás lényege, hogy nem egy dedikált útvonalat foglal le a kommunikáció elején, és használja az adatforgalom teljes időtartama alatt, hanem az információt maximalizált méretű csomagokra bontja, és különböző útvonalon továbbítja őket. Ennek következtében a csomagok beérkezési sorrendje változhat, ezért szükséges az adat mellett további információkat is továbbítani, hogy az eredeti sorrend visszaállítható legyen. A GPRS adatátvitelt a szolgáltatók a hagyományos technológiák percalapú számlázása helyett adatmennyiséggel alapján számlázzák ki. A GPRS adatátvitel TDMA csatornák hasznosításával a GSM rendszerekben kínál egy mérsékelt adatátviteli sebességet (elméleti határ: 171,2 kbps). A GPRS előnye hogy sok eszközzel képes kommunikálni, valamint a hatótávolság is szinte bárméddig kiterjeszthető. Hátránya a bonyolult kiépítés, hiszen minden egyes mérőegységet SIM-kártyával kell ellátni, valamint a biztonsági kockázatot is mérlegelni kell. [5]

2.2.4. Adatátviteli technológiák összehasonlítása

Adatátvitel típusa	Kommunikáció	Hatótávolság	Hardver
IR	1-1 kapcsolat	méteres nagyságrend, fal, tető bezavarhat	egyszerű, adó - vevő párok
Lézer	1-1 kapcsolat	kilométeres nagyságrend is lehetséges, időjárási tényezők befolyásolják	egyszerű, adó - vevő párok
Bluetooth	1-sok kapcsolat	méteres nagyságrend, fal tető nem korlátozzák	komplikáltabb, adó - vevő párok
Wifi	1-sok kapcsolat	akár kilométeres nagyságrend, fal, tető nem korlátozza	bonyolult, router, Wifi-s eszközök
GPRS	1-sok kapcsolat	nincsen fizikai korlát	bonyolult, bázisállomás, mobileszközök

2.3. Mikrovezérlők, mikroszámítógépek

2.3.1. Raspberry

A Raspberry Pi egy olyan egykártyás számítógép, amely Linux operációs rendszert futtat, mindezt egy bankkártya méretű nyomtatott áramkörön. Kedvező árának és egyszerű programozhatóságának köszönhetően mára széles körben elterjedhetett az oktatásban és a hobbielektronikában egyaránt. Ezek az eszközök közel tíz éve kereskedelmi forgalomban kaphatók, legújabb verziója a Raspberry Pi 4, amely már 4GB memóriával is elérhető, micro-HDMI, ethernet és USB 3.0 csatlakozóval egyaránt rendelkezik. 2,4GHz és 5GHz wifi kapcsolat kialakítására egyaránt képes, támogatja a Bluetooth 5.0 adatátvitelt. Az eszköz lelkét egy 4 magos Cortex-A72 típusú processzor képezi, amely alkalmas a kívánt sebesség biztosítására. Mindehhez pedig egy 5V-os 3A áramerősségű tápra van szükség. A 35\$ körül mozgó ára pedig felettesebb kedvező választássá teszi a hasonló komplexitású társaival szemben.[6]

A Raspberry Pi a hozzá csatlakoztatható szenzorok széles választéka miatt lehet méginkább jól felhasználható feldolgozóegység. Már egy alapcsomag megvásárlásával 13 féle szenzor közül válogathatunk, az elmozdulástól kezdve a hőmérsékleten át egészen a lézer és UV érzékelőkig. Mindennek az ára megközelíti a 100\$-t.[7]

A feladat végrehajtásához szükséges vezeték nélküli kommunikációs formákat biztosítja nekünk az eszköz és a tápfeszültséggel történő ellátása is kivitelezhető. A hozzá csatlakozható eszközök színes választéka is bőven megfelel a mérőeszközünk elvárásainak. Azonban a tervezett mérőeszközhöz nem szükséges ilyen komplexitású eszköz, amelynek az ára is jelentősebb téTEL, csakúgy mint a különböző szenzoroké.

2.3.2. ESP8266

Az ESP8266 egy olyan chip, amely képes vezeték nélküli hálózathoz kapcsolódni, és vele kommunikációt folytatni. 2014 óta nagyon elterjedt a hobbielektronikában. Egy talán kicsit igénytelennek tűnő chipről van szó, amelynek programozása gyakran kellemetlen, azonban a rendkívül kicsi méretének és párdolláros megszerezhetőségének köszönhetően hihetetlenül népszerű.

ESP-12E

Az ESP-12E egy olyan kontroller, amely tartalmazza a már ismert ESP8266 chipet. Az ESP moduluktól megszokott 3,3V -os tápfeszültség szükséges az üzemeltetéshez. Egy 16mm széles, 24mm hosszú, alacsony fogyasztású vezérlő, amely 9 szabadon programozható kimenettel rendelkezik. Az eszköz támogatja az IIC protokoll használatát és egy saját 32Mbit nagyságú memóriával rendelkezik. A PCB antennának köszönhetően könnyedén csatlakozik a közeli wifi hálózatokhoz. Ára nem haladja meg a 3\$ -t.[8]

ESP8266-01

Egy ESP8266-01 beszerzése nagyjából 1-2\$. Nagyságrendnyileg ennyibe kerül hozzá egy programozó adapter is, amely a feladat szempontjából nélkülözhetetlen. Egy 8 lábú chipről beszélünk, amely lelke az ESP8266 wifi chip. 2 programozható kimenettel rendelkezik, 3,3V tápfeszültségre van szüksége és kiviteltől függően 0,5 - 4MB memóriával rendelkezik. [9]

Mind az ESP8266-01 mind az ESP-12E ugyan azt az ESP chipet tartalmazza, amelyre az elnevezésük is utal. Jelentős különbség nincsen közöttük, a feladat megvalósítása szempontjából. Itt a legfőbb választási szempont a könnyű beszerezhetőség lehet. A használt elnevezések nem konzisztensek, az ESP8266 elnevezést a wifi chipre és egy mikrokontrollerre egyaránt használják, amely megértési nehézségeket okozhat.

2.3.3. Arduino

Az Arduino egy elektronikai fejlesztőplatform, amelyet arra terveztek, hogy a különböző projektekben az elektronikus eszközök könnyebben hozzáférhetőek, kezelhetőek legyenek. A hobbielektronikával foglalkozók körében nagyon elterjedt, mivel olcsó, könnyen beszerezhető, egyszerűen programozható és csatlakoztatható más eszközökhöz. A fejlesztői platform egy integrált fejlesztői környezetből és egy Arduino Board-ból áll. Előbbi a programok fejlesztésére és tesztelésére szolgál, utóbbi pedig egy hardver elem, amelyen az elektronikus eszközök vezérlése történik a fejlesztett programkód által. Az Arduino Board-ok többféle kivitelben kaphatók, ezért a memória mérete, a ki- és bemenetek száma, a mikrovezérlők típusa valamint az eszköz mérete eltérhet egymástól. Ára 10\$ körül mozog. Az Arduino önmagában nem képes vezeték nélküli kommunikációra, ehhez kiigészítő modulra van szükség. Számos csatlakoztatható szenzorral rendelkezik, például

hőmérő, színérzékelő, távolságmérő, de akár egy joystick vagy nyomásérzékelő is csatlakoztatható hozzá. Ezek ára szintén pár dolláros téTEL.[10]

2.3.4. WeMos

A WeMos az Arduino Uno és az ESP8266-01 előnyeit próbálja egyesíteni. Itt nincs szükség a programozáshoz egy külön adapterre, ezt egy egyszerű micro-USB kábellel is megtehetjük, a programozható lábak száma már 11 és a tápfeszültségnél is választhatunk a 3,3V-os, az 5V-os bemenet valamint a micro-USB között. Ára picivel magasabb az ESP8266-01-hez képest, de nem jelentősen. A Wemos nem biztosít olyan forradalmi újításokat, amelyek a feladat megvalósításához ne lennének nélkülözhetőek.[9]

2.3.5. Összefoglalás

Eszköz	Csatlakoztatható érzékelők	Vezeték nélküli kommunikáció	Vezetékes kommunikáció	Ár
Raspberry Pi	Raspberry kompatibilis érzékelők széles választéka	Bluetooth, Wifi	USB3.0, Ethernet, micro-HDMI	~35\$
ESP8266-01	Arduino kompatibilis érzékelők széles választéka	Wifi	nincs, forrasztással programozható	~1-2\$
ESP-12E	Arduino kompatibilis érzékelők széles választéka	Wifi	nincs, forrasztással programozható	~ 3\$
WeMos	Arduino kompatibilis érzékelők széles választéka	Wifi	micro-USB	~3-5\$

2.4. Szenzorok

2.4.1. Hőmérséklet mérés

A minden napjainkban gyakran van szükség a hőmérséklet megállapítására. Ilyenkor rendszerint az anyagok hőmérsékletváltozás hatására bekövetkező fizikai állapotváltozásának mértéke tükrözi a hőmérsékletváltozás mértékét. Ennek egyik leghétköznapibb esete a higany hőtágulása a hőmérőben.

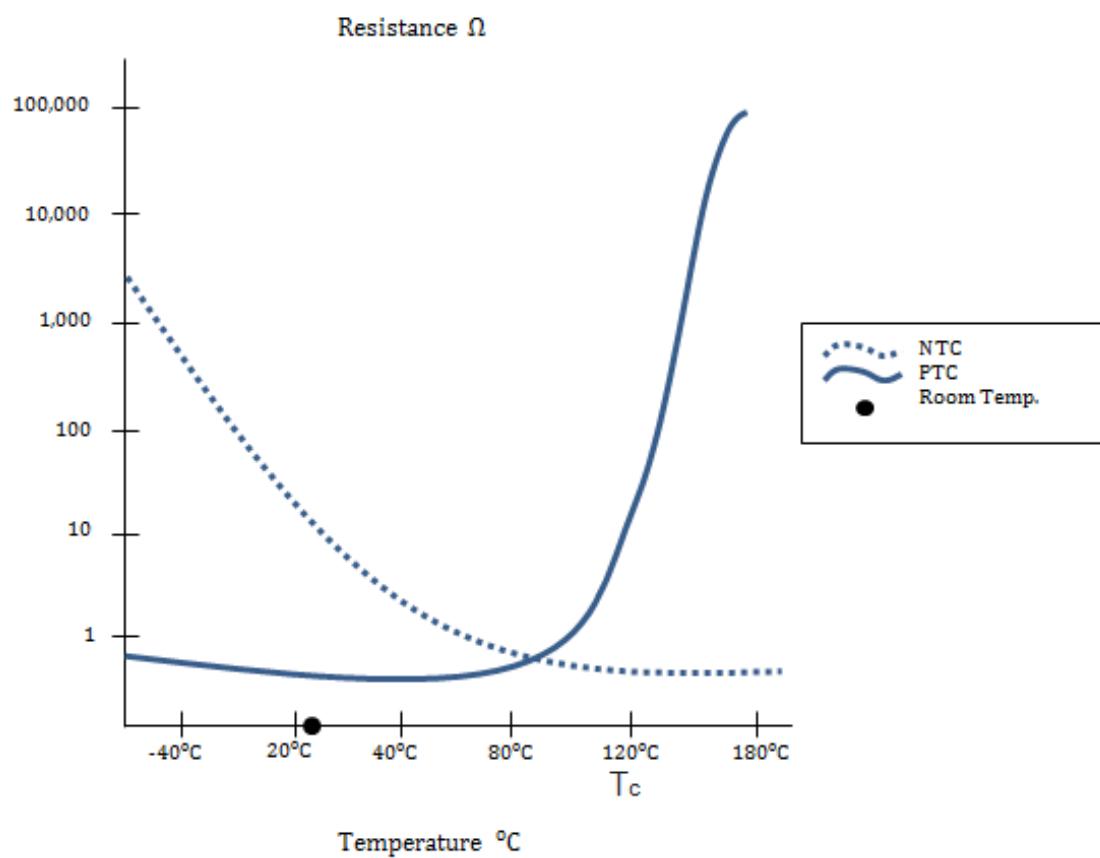
A digitális rendszereknél elektromos hőmérsékletmérés valósul meg. Ennek legegyszerűbb módja, a termisztor használata. A termisztoros mérésnél olyan anyagok kerülnek felhasználásra, amelyek hőmérséklet hatására számottevően megváltoztatják az elektromos ellenállásukat, ezáltal a hőmérsékletváltozás szám szerint mérhetővé válik.

PTC ellenállás

PTC termisztorról abban az esetben van szó, ha a karakterisztika pozitív. Ebben az esetben a hőmérséklet emelkedésével a termisztor elektromos ellenállása is növekedni fog, ezáltal a hőmérséklet megállapíthatóvá válik.[11]

NTC ellenállás

Az NTC termisztor működése a PTC ellenkezőjeként valósul meg. Itt a termisztor karakteristikája negatív, tehát a hőmérséklet növekedésének következtében a termisztor ellenállása csökken. Ebben az esetben a termisztor nem lépheti túl a maximális teljesítményt, hiszen a túlmelegedés további ellenálláscsökkenést okozna, ezen folyamat ismétlődése pedig az eszköz meghibásodásához vezetne.[12]



2.1. ábra. A PTC és NTC termisztor karakterisztikája [13]

K típusú hőelem

A hőelemek két különböző fém összeillesztésével jönnek létre. Ez az illesztés történhet hegesztéssel, forrasztással vagy hidegfolyatással is. Az így kapott elem hőelektromos feszültséget hoz létre, tehát nincsen szükség külső tápfeszültségre. Működése a hőelektromos hatáson alapszik, amelynek lényege, hogy hőelektromos feszültség jelenik meg, ha a vezetők különböző hőmérséklettel rendelkeznek.

A használati hőmérséklet függ a használt vezetők típusától. A különböző típusok különböző hőmérsékleten mérnek pontos értéket. A K típusú hőelemnél krómiumnikkel-nikkel (NiCr-Ni) vezetőket használnak fel. Az ilyen típusú hőelem hőmérséklettartománya igen nagy, 250°C -tól egészen 1300°C -ig terjed, a mért hiba nagysága pedig 2.2°C . A tervezett mérőeszköz beltéri hőmérsékletet fog mérni, ahol az ilyen nagy mértékű eltérés a valós hőmérséklettől nem elfogadható, ezért a szenzorválasztásnál fontos az ilyen módszerrel mérő érzékelők kerülése.[14]

2.4.2. BME280

A BME280 szenzor egy kis méretű a Bosch által fejlesztett érzékelő, amely alkalmas hőmérséklet, páratartalom és légnyomás mérésére is. Amúgy is igen alacsony fogyasztása tovább csökkenthető a szenzorok egymástól függetlenül való működtetésével. A chip számára 1.8V nagyságú feszültségforrásra van szükség. A hőmérsékletet -40°C és 85°C között méri, szobahőmérsékleten (25°C) a mérési hiba nagysága 0.5°C . Az érzékelő relatív páratartalom mérésére alkalmas. A szobahőmérsékleten 20-80% közötti tartományban a szenzor mérési hibájának nagysága 3%. A légnyomás mérésével kapcsolatos adatok a feladat szempontjából nem relevánsak. A szenzor az SPI és az IIC kommunikációt is támogatja, az adatokat digitális kódként küldi tovább. A szenzor Raspberryhez és Arduinohoz egyaránt csatlakoztatható.[15]

Az eszköz a feladat kritériumainak megfelel, alkalmas a szükséges adatok mérésére, egy optimális választás lehet a mérőegység kialakításához.

2.4.3. BMP280

A BMP280 szenzor nagyon hasonlít a korábban említett BME280 chiperre. Szintén a Bosch fejlesztette ki, mérete kicsit nagyobb az előbb megismert érzékelőnél. Az üzemeltetéshez szükséges tápfeszültség egyaránt 1.8V , viszont ez a chip csak hőmérséklet és légnyomás

mérésére használható fel. Az eszköz nem alkalmas a páratartalom mérésére. Az ajánlott működtetési paraméterek és a hibák nagysága szintén azonos a BME280-as modelljével. Egyaránt támogatja az SPI és IIC kommunikációt. Az eszköz által mért adatok továbbítása digitális formában történik, függetlenül attól hogy Arduinohoz vagy Raspberryhez csatlakoztattuk.[16]

Mivel a BMP280 chip nem rendelkezik páratartalom-mérő szenzorral, ezért önállóan nem lesz alkalmas a mérésre. Azonban a páratartalom hitelesítésére teljes mértékben alkalmas, ezért a mérőegységben kontroll-szenzorként történő felhasználása preferált.

2.4.4. DHT11

A DHT11 szenzor egyszerű, olcsó, digitális hőmérséklet- és páratartalom-érzékelő. Kapacitív páratartalom-szenzort használ a levegő relatív páratartalmának mérésére. A hőmérséklet megállapítása termisztor alkalmazásával történik. Ez az érzékelő digitális jeleket ad a kimeneten (így nincs szükség analóg bemenetre az alkalmazott feldolgozó eszközön), ideális a Raspberry Pi-hez, de Arduinohoz is csatlakoztatható. A DHT11 szenzor hátránya, hogy 2 másodpercenként képes csak új adat továbbítására.

A DHT11 tápellátása 5V, fogyasztása milliamperes nagyságrendű. Ez magasabb a Bosch érzékelők fogyasztásánál, azonban továbbra is elfogadható nagyságú. A páratartalom meghatározása a 20-90% -os tartományban a leg pontosabb, itt a mért hiba legfeljebb 5%. A hőmérsékletnél mért adatok sem térnek el jeletősen a valós értékektől. 0°C - 50°C -os középtartományban a hiba nagysága 2°C, ezt a pontatlanságot azonban a hőmérsékletnél az eszköz már nem fogadja el. Az adattovábbítás IIC és SPI protokoll alatt egyaránt megvalósulhat.[17]

A verhetetlenül alacsony árat valamint azt a tényt tekintve, hogy a DHT11 szenzor csak a hőmérsékletet és relatív páratartalmat mér, a DHT11 felhasználása megfontolandó a leendő mérőegység fejlesztésénél. A mért hőmérsékleti hiba nagysága miatt azonban csak a mért páratartalmi érték hitelesítésére lesz alkalmazva.

2.4.5. Összefoglalás

Szenzor neve	Mért adat	Hiba nagysága	Ár
BME280	hőmérséklet, páratartalom, légnyomás	hőmérséklet: 0.5°C páratartalom: 3%	$\sim 5\$$
BMP280	hőmérséklet, légnyomás	hőmérséklet: 0.5°C páratartalom: -	$\sim 3,5\$$
DHT11	hőmérséklet, páratartalom	hőmérséklet: 2°C páratartalom: 5%	$\sim 1\$$

2.5. Konklúzió

Megismerkedtem a napjainkban alkalmazott vezetéknélküli adatátviteli technológiákkal. Összehasonlítottam a különböző módszereket és megállapítottam, hogy egy wifi alapú hálózat lesz a megfelelő adatátvitel a mérőegység elemei között. Utánajártam a hálózatba szervezett mérőrendszerek alapvető felépítési elemeinek. A tervezett rendszer irányítását egy ESP-12E típusú mikrokontroller fogja végezni. A hőmérséklet és páratartalom aktuális értékét BME280 szenzorok fogják meghatározni. A mért hőmérsékleti adatok DHT11 szenzorok felhasználásával lesznek ellenőrizve, a relatív páratartalom értéke BMP280 érzékelők alkalmazásával kerül hitelesítésre. A felhasználói igényekkel megismerkedtem, azoknak megfelelően választottam a mérési feladat elvégzésére alkalmas mérő, vezérlő, és kommunikációs modulokat!

3. fejezet

Tervezés

A mérőegység tervezése egy hosszú és alaposan átgondolt folyamat. Az alábbi fejezet a tervezés lépésein írja le, fejti ki, valamint értékeli a döntési lehetőségeket.

3.1. Szenzorok és a vezérlő

A mérőegység legfőbb fizikai építőelemei a mérőszenzorok és a vezérlő. Az fejlesztendő egységen BME280-as érzékelő fogja a relatív páratartalom és a hőmérséklet mérését végezni. Ez egy megbízható működésű, alacsony fogyasztású szenzor, amely a specifikációban definiált feladatot megfelelően képes elvégezni.

Különböző fizikai tényezők befolyásolhatják az eszköz pontosságát, mint például a szenzorok mérési hibája, valamint az eszközhöz felhasznált chipek hőtermelése. A ilyen mérési hibák redukálásának érdekében többek között ellenőrző méréseket végzünk, úgynévezett kontrollszenzorok használatával, amelyek felhasználásával a mért adatok hitelesítése lehetségesé válik. A mért hőmérsékleti adatok BMP280-as szenzorok használatával kerülnek ellenőrzésre, a relatív páratartalmat pedig DHT11-es érzékelők mérése fogja igazolni. Ezen chippek használatával sokkal valósabb adatokat mérhet a fejlesztett mérőegység.

A szenzorok a mért adatokat egy ESP-12E mikrokontrollernek továbbítják. A különböző egységekből érkező adatokat a vezérlő olyan csomagokba szervezi, amelyek tartalmazzák a mért hőmérsékletet, páratartalmat, valamint az ellenőrző eredményeket. A csomagba rendezett adatok ezután kerülnék továbbításra, egy vezeték nélküli lokális hálózat felhasználásával a mérőegység webszervere részére.

3.2. Áramellátás

A különböző szenzorok nem egységes tápfeszültséggel rendelkeznek, ami nehezíti az áramellátás módját. Az eszközök többsége 3.3V-os feszültséget igényel, azonban a DHT11-es érzékelőnek 5V-os tápfeszültségre van szüksége. A 3.3V-os bemeneti feszültség nem elegendő a relatív páratartalmat mérő szenzor működtetéséhez. A nagyobb bemeneti feszültség 3.3V-ra redukálásával a felszabaduló energia hővé alakul, amely a mérési adatokat befolyásolhatja. Az eszköz tervezésénél megfontolandó döntési lehetőség volt a DHT11-es szenzor mellőzése, azonban a feszültség átalakítása feltehetően nem fog akkora mérési különbséget eredményezni, hogy ez a lépés indokolt legyen, ezért az egység 5V-os tápfeszültségről fog üzemelni.

A tervezett eszköz áramellátásának kiválasztása nagy mértékben határozza meg az egység elhelyezési lehetőségeit. Egy vezeték elhelyezésével egyszerűen megoldható a bemeneti feszültség biztosítása, ez a lehetőség azonban azt eredményezné, hogy az összes tervezett mérési pont helyszínének biztosítania kell egy vezetéket, amely 5V-os egyenfeszültséggel látja el az egységet.

Abban az esetben, ha elemről működtetnénk a mérőpontokat, nem lenne szükség a kijelölt helyszínek vezetékkel történő ellátására. Nyilvánvalóan az elemek kapacitása véges, ezért ebben az esetben fizikai hozzáférést kell biztosítani az eszközben elhelyezett elemhez, az időnkénti elemcsere lehetségessé tétele miatt. Becsült számítások alapján egy elemmel a működési idő körülbelül 1-2 hónap. (A számolás menetét lásd a 4.2.2 Fogyasztás c. fejezetben.) Ez az eredmény növelhető a mintavételezés ütemének lassításával, illetve egyidejűleg több adat küldésével. Ebben az esetben kevesebb szer kell az ESP-12E chipnek wifi kapcsolatot létesítenie, a chip memóriájának mérete pedig relatív sokáig lehetővé teszi az adatok tárolását. A becslést percenkénti mintavételezéssel és 5 perc időközönkénti adattovábbítással végezem.

Amennyiben az eszköz áramellátását akkumlátorral biztosítanánk, abban az esetben nem szükséges tápfeszültséget biztosítanunk a mérési helyszíneken, valamint az elemek cseréjére sincsen szükség. Ennél a lehetőségnél viszont számolni kell az akkumlátor töltési idejének következtében fellépő mérési idő kiesésével. (Az eszközt töltőre kell tenni, amelyhez fizikailag el kell mozgítani, tehát máshol fog méréseket végezni.)

Az fejlesztett eszköz elhelyezésének rugalmassága érdekében egy USB bemeneten keresztül lesznek ellátva a mérőpontok a működésükhez szükséges 5V-os feszültséggel. Ebben az esetben a felhasználó döntheti el, hogy egyszerűen csatlakoztatja egy töltőkábel

segítségével a konnektorhoz, vagy pedig elemet vagy akkumlátort csatlakoztat hozzá. Ezzel a megoldással a különböző pontok egymástól független módon működtethetők, nem kell egységes áramellátást biztosítanunk. Ennek köszönhetően minden mérési pontban a helyszín adottságait figyelembe véve lehet az eszköz üzembe helyezve.

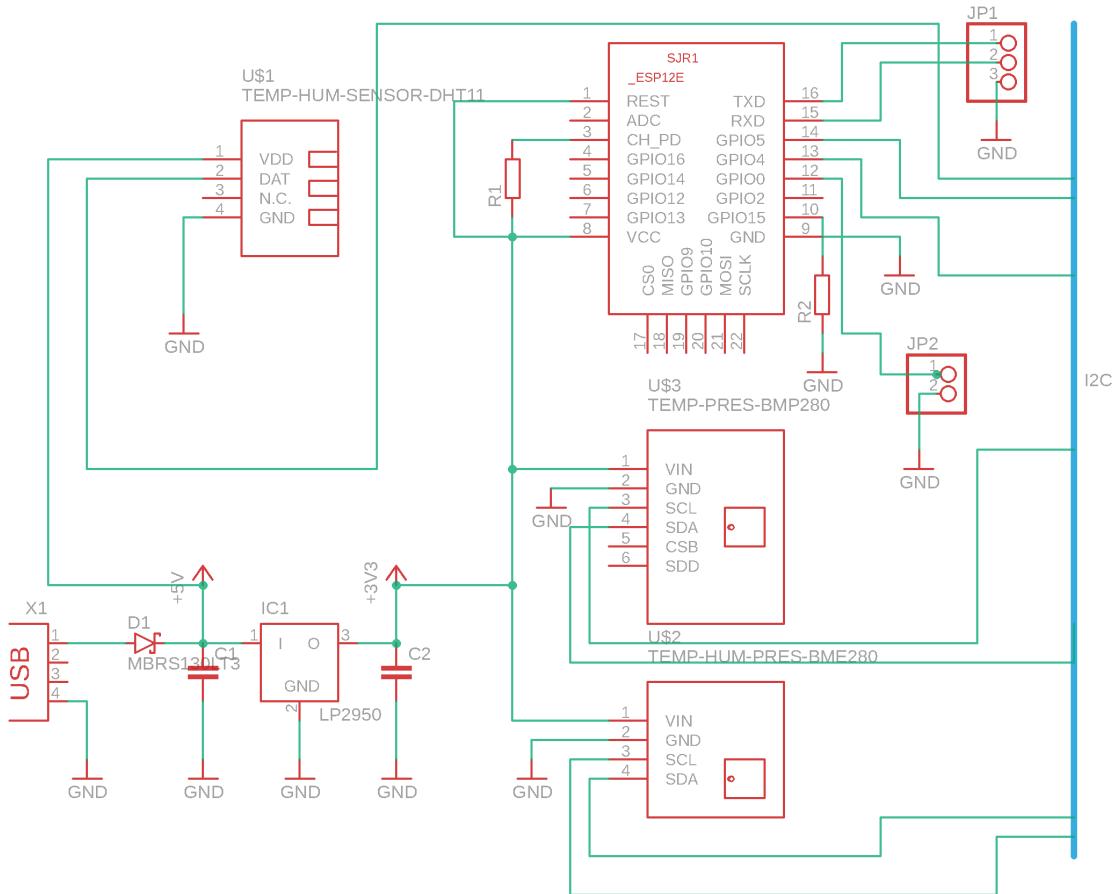
3.3. Kapcsolási rajz

Az áramkör tápfeszültségének fogadását, szűrését és polaritásvédelmét egy 5V-os tápmodul, továbbá egy védődióda valósítja meg. Az 5V-ot feszültségátalakító IC modul redukálja a kívánt 3.3V-os feszültségre, ennek köszönhetően az átalakító előtt egy 5V-os, mögötte pedig egy 3.3V-os feszültségforrás lesz. Az 5V-os feszültség a DHT11-es szenzor bemeneti feszültségét biztosítja, a 3.3V pedig a BME280, BMP280 valamint az ESP-12E üzemeltetéséért felelős. A wifi modul reset kimenetéhez szintén csatlakoztatva lesz a 3.3V-os feszültség, amely biztosítja, hogy védve legyen az elektromágneses interferenciával szemben, ezáltal elkerülve az esetleges be nem tervezett újraindulásokat. A chip powerdown lába egy ellenálláson keresztül lesz a feszültségforráshoz kapcsolva, ezzel biztosítva a vezérlő folyamatos működését. Ezzel a kapcsolással a mérőpont áramellátása biztosítva van, az összes eszköz működési állapotba hozható.

Az ESP modulok programozására két lehetőség van. Ezek egyike az, ha a modul eleve felprogramozott állapotban kerül beültetésre a panelba, a másik pedig, hogy ha már a panelba ültetve történik a programozás. Az első esetben egy olyan foglalatot kell készíteni, amibe helyezve megtörténhet a chip programozása, a második esetben pedig úgy kell megtervezni a panelt, hogy a beültetett chip megfelelő lábai ki legyenek vezetve egy csatlakozóba, ahova a programozó ideiglenesen beköthető, és a programozás elvégezhető. Ezt a kapcsolási rajz tervezésénél figyelembe vettettem, és az utóbbi lehetőséget valósítottam meg. Egy 1x3-as csatlakozót illesztettem az áramkörbe, amelybe a vezérlő TXD és RXD kimeneteit csatlakoztattam. Egy további 1x2 bemenettel rendelkező csatlakozó bemenetébe csatlakoztattam a vezérlő GPIO0 lábat. Mindkét csatlakozó rendelkezik földeléssel is. Az alkalmazott kiegészítéseknek köszönhetően a wifi modul programozása egyszerűen, forrasztás nélkül kivitelezhető egy programozó használatával.

Az adatok áramlása a mérőszenzorok és a vezérlő modul között I2C busz használatával lesz biztosítva. Az I2C egy olyan buszrendszer, amely egy SDA és egy SCL buszvezetékből épül fel. Az SDA egy soros adatvonal, amely az információcsere lebonyolításáért

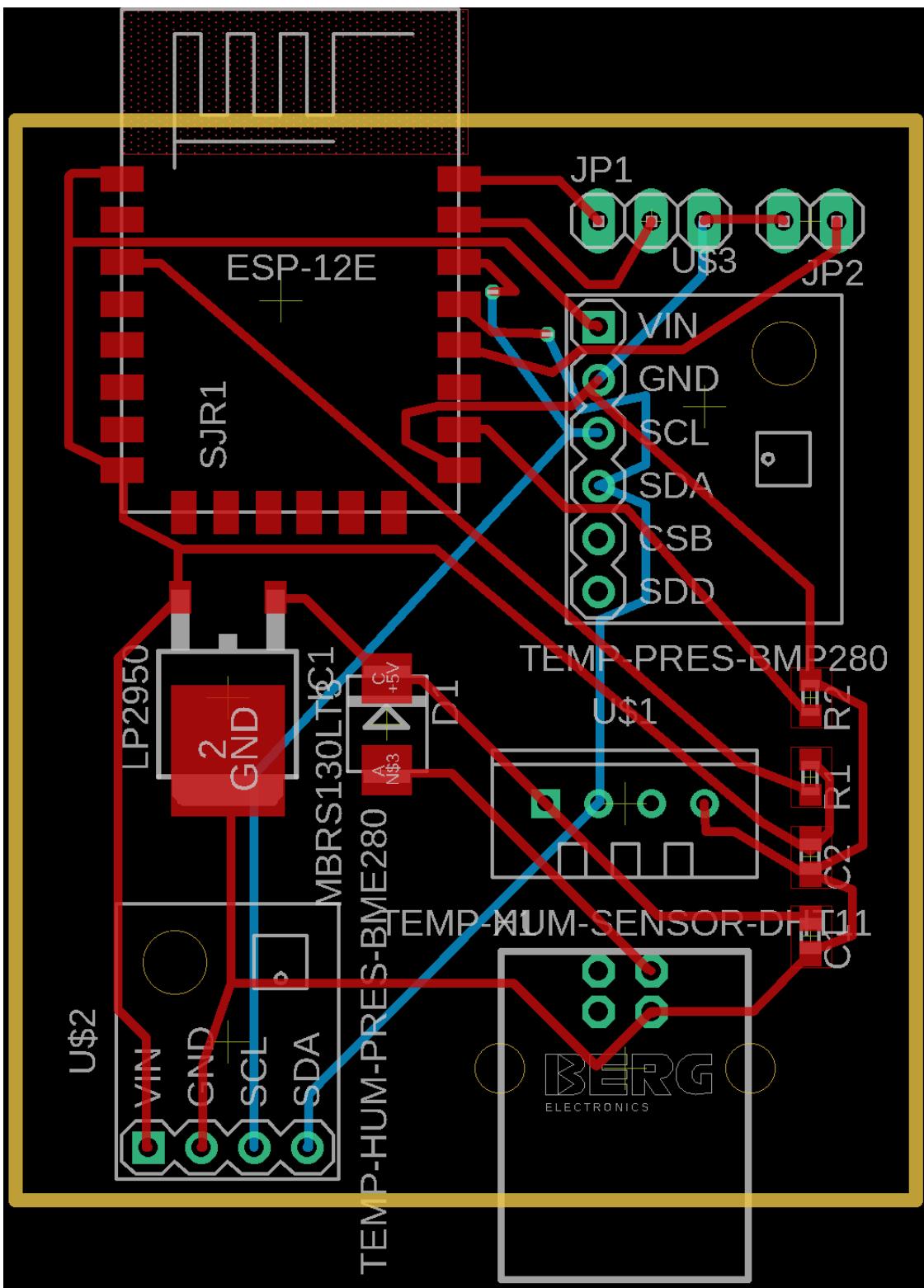
felelős, az SCL pedig egy soros órajel, ami a csomagok ütemezését teszi lehetővé. Az I2C buszon az összes csatlakoztatott pont egyedi címmel címezhető, ezáltal egyszerű master-slave kapcsolatok alakulnak ki a vezérlő és az érzékelők között. A BME280 és BMP280 szenzorok SDA és SCL kimenetei csatlakoztatva lesznek az I2C busz megfelelő buszvezetékeihez. Mivel a DHT11 szenzor nem rendelkezik SCL kimenettel, ezért a szenzor DAT adatlába a vezérlő D6-os lábára lesz kapcsolva. Az ESP-12E vezérlő D4 és D5 lába programozható SDA illetve SCL kimenetté, ezért ezek ismételten az I2C buszhoz lesznek csatlakoztatva. Ezzel a kapcsolással egy működőképes kommunikációs csatorna jött létre. A kapcsolási rajzot az Autodesk EAGLE alkalmazással készítettem.



3.1. ábra. A tervezett mérőpont kapcsolási rajza

3.4. Nyomtatott áramkör

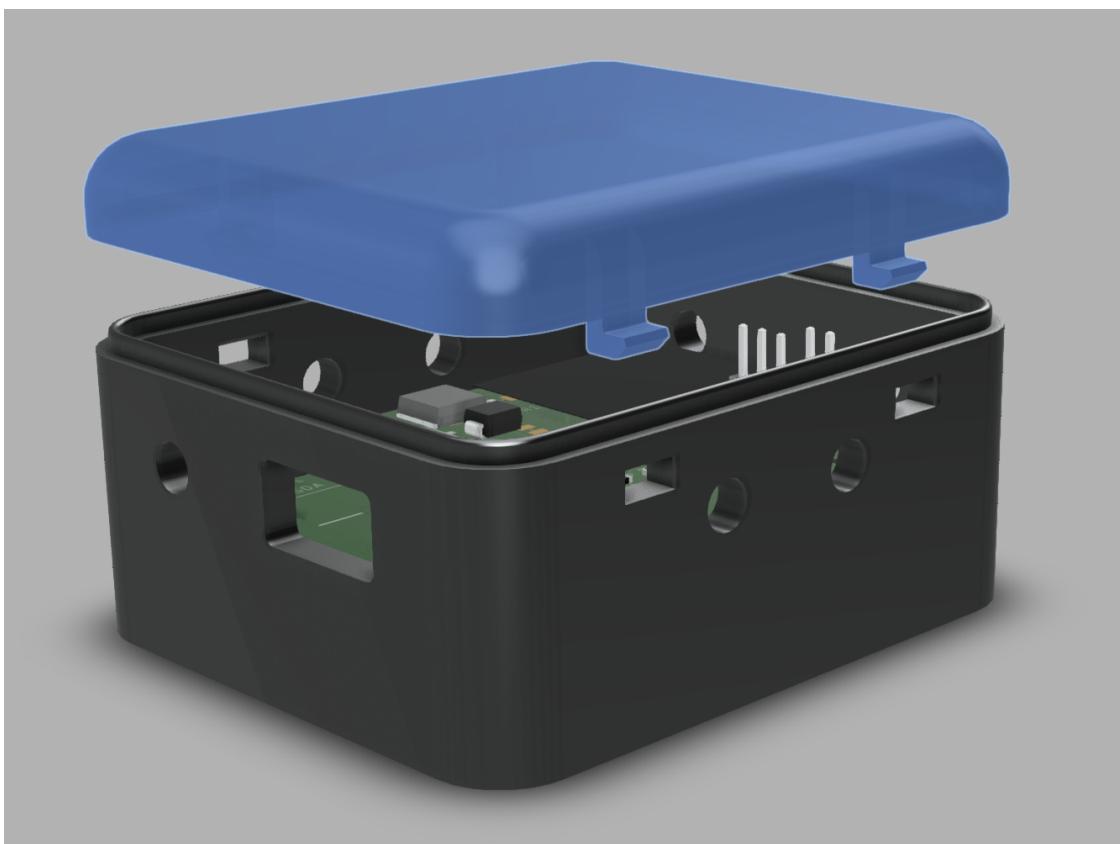
A nyomtatott áramköri kártyalap tervét szintén az Autodesk EAGLE alkalmazással készítettem. Szükség volt hozzá a már korábban elkészített kapcsolási rajz importálására. Ezek után a generate board parancsral létrehoztam egy olyan tervet, ahol a vezetékek végei már rögzítve voltak, a modulok elrendezése viszont még szabadon variálható. Az áramkör építőelemeinek elhelyezésénél figyelembe vettet a különböző modulok hőtermelését. Az LP2950 jelzésű tápfeszültséget előállító IC hőtermelése a legmagasabb, ezért ezt a lehető legtávolabbi próbáltam elhelyezni a mérőszennoruktól, hogy azokat a legkevésbé befolyásolja. A DHT11 szenzor hőtermelése is számottevő, ezért azt is próbáltam a többi hőmérsékletet mérő szenzortól távolítani. A nyomtatott áramkör elrendezésénél figyelembe kellett vennem, hogy a réz vezetékek az ESP-12E wifi modul antennáját árnyékolják, ami a vezeték nélküli hálózathoz való csatlakoztatást nehezítheti. Ezt a problémát az antenna nyomtatott áramkörön kívülre helyezésével orvosoltam. Az USB csatlakozó elhelyezése szintén kulcsfontosságú, hiszen az áramkör közepén nyilvánvalóan nem lehet hozzá tápkábelt csatlakoztatni. További szempont volt, hogy a különböző modulok vezetékei a lehető legkevesebb ponton metsszék egymást. Erre azért van szükség, hogy a nyomtatott áramkör rétegeit minimalizálni tudjam. Ezek után az auto route optimalizáló funkció segítségével kiszámoltam a legkisebb költségű útvonalat. Mivel az így kapott gráf nem rendezhető síkba, ezért 2 rétegű nyomtatott áramkört terveztem, ahol a vezetékek a board alsó és felső részére kerültek. Következő lépésként elrendeztem a vezetékeket, hogy azok minél távolabb helyezkedjenek egymástól. Ezzel még mindig egy könnyen nyomtatható, átlátható nyomtatott áramkört kaptam. Annak érdekében, hogy az esetleges nyomtatási pontatlanságok nehogy szakadást okozzanak, a rézsákok szélességét 16 mil vastagra állítottam.



3.2. ábra. A nyomtatott áramkör tervrajza

3.5. Tokozás

Az eszköz tokozását egy 3D nyomtatható tok tervezésével valósítottam meg. A tervezési folyamatban fontos szerepet játszott a megtervezett nyomtatott áramkör mérete. A korábban megtervezett nyomtatott áramkör modelljét importáltam az Autodesk FUSION 360 programba, amelyben a tervezést végeztem. A modell köré egy 3,5 mm oldalvastagsággal rendelkező dobozt terveztem, amelynek sarokelemeit esztétikai célból lekerekítettem. A modell alapján felmértem az USB csatlakozó leendő helyét, valamint kivágtam a doboz oldalát a megjelölt helyen. Így egy olyan dobozt kaptam amelybe már belehelyezhető a mérőpont. Az eszközt falon szeretném elhelyezni, ezért 2 rögzítési pontot terveztem. A tok alján 3mm átmérőjű kör alakú lyukat vágtam, ezzel biztosítva a mérőeszköz rögzítésének lehetőségét. A tokozás legfontosabb lépése az eszköz szellőzésének biztosítása. Ennek teljesülése érdekében a NYÁK-kal párhuzamosan 6mm átmérőjű kör alapú lyukat helyeztem el a tok oldalán. Így a keletkezett hő távozni tud, ezáltal nem befolyásolja a mért hőmérsékleti adatok pontosságát. Ezek mellett a levegő áramlása a páratartalmi értékeket is megbízhatóbbá teszi. Ahhoz, hogy az eszköz módosítható maradjon, fizikai hozzáférést kell biztosítani. Ezt a tervezés tokozási szintjén egy eltávolítható fedéllel biztosítottam. A tervezett doboz a szellőzőnyílások felett, velük párhuzamosan elvágtam. Az alsó részen elhelyeztem 4 téglalap alapú 4x6 mm nagyságú lyukat. A tetőre terveztem 4 lábat amelyek L végződései a 4 lyukba illeszkednek, ezáltal alkalmasak a tető rögzítésére. A lábak végződését a könnyebb csatlakozás érdekében lekerekítettem. A tok alsó felén a vágásból keletkezett perem közepén egy 1,5mm széles, 2 mm magas kiemelkedést helyeztem el, valamint egy ugyanilyen nagyságú bemetszést végeztem a felső rész oldalain. Ennek a módosításnak köszönhetően a tető szépen illeszkedik az alsó részhez, nem csúszik félre rajta. Ezzel a tervezett doboz teteje egyszerűen rápattintható, valamint a levétele is könnyen kivitelezhető. A vastag és merev rögzítési pontok miatt a tető szerkezete nem alkalmas a minden napos szétszerelésre, azonban az 1-2 havonta esedékes elemcsere, valamint az esetleges szoftverfrissítés elvégzése nem okoz problémát



3.3. ábra. A mérőegység tokozása

3.6. Adatbázis

A mérési eredmények tárolására a Karon működő Rapid Prototyping Labor által biztosított webes elérésű szervert használtam fel. A szerveren PHP alapú webes szolgáltatások, valamint MySQL adatbázis érhető el, az ehhez kapcsolódó kiegészítő szolgáltatásokkal együtt. Egy ilyen szolgáltatás a phpMyAdmin, ami egy php-ban íródott, nyílt forráskódú fejlesztés, amely kiválóan alkalmas MySQL adatbázisok kezelésére. Ezen a felületen könnyen hozhatunk létre, tölthetünk fel vagy kezelhetünk adatbázisokat. A mérőegység adatainak tárolására 3 táblát hoztam létre. Az első adattábla tartalmazza a mérőponthoz kapcsolódó adatokat. Jelenleg 2 attribútummal rendelkezik, a mérőpont ID egy egyedi azonosító, amely egyértelműen azonosít egy adott pontot. A másik tulajdonsága a mérőpontnak az elhelyezési helyszín neve (pl.: Konyha, Nappali, Hálószoba). További 2 adattáblába tartalmazza az összes mérési eredményt, az egyik a hőmérsékleti adatokat, a másik pedig a relatív páratartalom mérési eredményeit rögzíti. A 2 tábla szerkezete teljes mértékben megegyezik egymással. Az első paraméter az ID, ami egy olyan egyedi azonosító, amely egyértelműen azonosítja a mérési eredményt. Ez után következik egy időbélyeg, amely a mérés pontos idejét tárolja el 'yyyy-mm-dd hh:mm:ss' formátumban, a mérés eredménye, valamint az ellenőrző érték. Ezek az eredmények float típusú változóként kerültek az adatbázisba, hiszen a hőmérséklet és a relatív páratartalom sem feltétlenül lesz egész szám. Ezekkel az adatokkal már egy teljesítékű naplózás áll rendelkezésre, amelyből egyszerű SQL lekérdezésekkel bármilyen statisztikai információ elérhető.

3.7. Firmware

A programot az Arduino IDE fejlesztői környezetben hoztam létre, annak saját Arduino nyelvén. A programot feltöltöttem az ESP eszközre, amely a későbbiekben a program futtatását fogja végezni.

3.7.1. Működése

A fejlesztési folyamatban egy olyan program kialakítása volt a cél, amely az üzembehelyezés pillanatától próbál egy helyi wifi hálózathoz csatlakozni. Amennyiben ez a csatlakozás sikertelen, abban az esetben újra próbálkozik. A sikeres kapcsolat után elindítja a hozzá I2C buszon keresztül csatlakoztatott szenzorokat. Ha ez a művelet is sikerrel zárul, akkor elkezdi a mérési fázist. Ebben a szakaszban a BME280-as szenzorból kiolvassa az aktuális hőmérsékleti és páratartalmi adatokat. Ezek után a kontrollszenzorokkal lép

kapcsolatba, amelyek a mérési eredményeket hivatottak igazolni. Ha az adatok olvasása sikeres volt, akkor ezeket elmenti és egy időbélyeggel látja el. A mérés után a program 1 percig várakozik, ebben a fázisban a fogyasztása rendkívül alacsony. Ezt a mérést 5 alkalommal megismétli, ami azt fogja eredményezni, hogy 20 kiolvasott adat fog a memóriában várakozni 5 mérési idő társaságában. Az 5. ciklus után kellő mennyiségű adat gyűlt össze, ezért a saját azonosítójával csatlakozik a webszerverre, majd elküldi a mérési eredményeket. Az adatok tömbösített továbbítása nagyon fogyasztáscentrikus fejlesztési szempont. A chip a vezetéknélküli kommunikációs folyamat közben számottevően nagyobb fogyasztással rendelkezik, mint az olvasási vagy alvási fázisban. Ennél a megvalósításnál mérlegelnem kellett: Minél több adat gyűlik össze a memóriában, annál alacsonyabb lesz a fejlesztett eszköz fogyasztása. Minél intenzívebb az adattovábbítás, annál inkább lesz valós idejű az adatok reprezentálása a weboldalon és a mérési adatbázisban egyaránt. Az arany középút keresésének eredménye lett a programban alkalmazott percenkénti mintavételezés valamint az ötpercenkénti adattovábbítás a webszerver felé.

3.7.2. Felépítése

Az Arduino program 2 fő elemből épül fel. Az első függvény az eszköz alapvető működéséhez szükséges beállításokat tartalmazza. Ez az úgynevezett `setup()` függvény, amely a program indítása elején egyszer fut le. A második rész a `loop()` függvény. Ez tartalmazza az eszköz folyamatos működése közben futtatandó programkódokat és függvényhívásokat. Ennek a programnak az a különlegessége, hogy egy végtelen ciklust szimulálva folyamatosan ismétlődik mindenkor, amíg az eszköz üzemi állapotban van. A `loop()` függvény a `setup()` függvény után fut le, jelen esetben ez a rész lesz felelős az adatok méréséért valamint továbbításáért.

Konfiguráció

A program első művelete a hálózati csatlakozás. A wifi kapcsolat kiépítéséhez a programnak rendelkeznie kell a vezeték nélküli hálózat azonosítójával valamint hálózati kulcsával egyaránt. Ezek ismeretében elkezdi a kapcsolat kiépítését. Amennyiben a kapcsolódás sikertelen, az eszköz 50 ms elteltével újra próbálkozik. Ezt a sikeres kapcsolat kiépítéséig ismételi, hiszen wifi kapcsolat nélkül nincs értelme bármilyen adat mérésének. A wifi kapcsolat kialakításához a `wifi.h` könyvtárat használtam. Az ESP modulnak hozzá kell férnie valamilyen forrásból a jelenlegi dátumhoz és időhöz. A mérések pontos naplózásához erre most van szükség, hiszen az adatokat tömbösítve továbbítjuk. Így ha a

webszerver csatolná hozzá az időbélyeget, akkor az elmúlt 5 mérés időpontja megegyezne, vagy a szervernek kellene visszaszámolnia az eredeti időpontot. A pontos időt az **NTPClient.h** könyvtár biztosítja. Ezek után elindítom az időklienst. A könyvtár lehetőséget biztosít az időzóna beállítására, amely jelen esetben a GTM+2. Ez biztosítja az aktuális idő pontos és egyszerű elérését. Innentől kezdve már csak a 3 szenzor beállítása szükséges a mérések elkezdéséhez. A DHT szenzor működtetéséhez a **DHT.h** könyvtárra van szükség. A kimeneti pin –amely jelen esetben az ESP wifimodul D6 kimenete–, valamint a DHT típusának beállítása után a szenzor egyből indítható. A BME280 és BMP280 érzékelők ugyan abba a termékcsaládba tartoznak, ezért működtetésük teljesen megegyezik. Az **Adafruit_Sensor**, **Adafruit_BME280** és **Adafruit_BMP280** könyvtárak importálására van szükség a Bosch érzékelők üzemeltetéséhez. Amennyiben a vezetékek bekötése az I2C buszba megfelelő, abban az esetben az érzékelőket szintén elindítjuk. A webszerver felé a kommunikáció Json fileok használatával fog történni POST metódus alkalmazásával. A webszerveren adat közzétételéhez HTTP kliensekre van szükség, amelyet a **HTTPClient.h** könyvtár importálása biztosít. A mérési adatok Json fileban lesznek továbbítva, ehhez az **ArduinoJson.h** könyvtár használata szükséges. Ezekkel a lépésekkel a mérőpont fel lett készítve a mérések elkezdésére, valamint az adatok továbbítására.

Végrehajtás

A **setup()** függvény lefutása után az eszköz megkezdheti a mérések végzését és a mért adatok továbbítását. Egy ciklusban 5 mérést végez. Első lépésként frissíti az időt. Az importált könyvtárak megfelelő függvényeinek használatával kiolvassa a szenzorok mért értékeit. Ezeket tömbökbe menti, és hozzácsatolja a mérés időbélyegét. Ezt az eredményt rögtön a beilleszteni kívánt formátumba konvertálja. Ezzel egy továbbítandó adat létrejött, az eszköz 1 perces alvó állapotba helyezi magát. Az idő leteltével a következő iterációba lép. Ezzel a metódussal az 5. iteráció végére létrejön 5 mérés eredménye, amely továbbításra vár. Az adatok továbbítását az **addHumidity()** és **addTemperature()** függvények végzik.

Adatok beillesztése

Az adatok beillesztését egy függvény végzi. Az adat közzétételéhez először a kapcsolat kiépítése szükséges a webszerverrel. Ehhez egy HTTP klienst hoz létre, amely páratartalom beszúrása esetén a <http://beta.dev.itk.ppke.hu/webprog/~orbba2/>

paratartalom_beillesztes címre próbál adatot továbbítani. A sikeres adattovábbítás után bontja a kapcsolatot.

Az adat továbbítása egy POST metódust jelent a webszerveren, amely Json file érkezését várja. Ehhez egy Json dokumentumot hoz létre, amely lényegében egy tömb.

```
doc["meropont_id"] = meropont_id;
doc["date"] = formattedDate;
doc["paratartalom_1"] = measuredHumidity;
doc["paratartalom_2"] = controlHumidity;
```

1. kódrészlet. Json dokumentum elemei.

Itt megadásra kerül a mérőpont azonosítója, a már megformázott időbélyeg, valamint a mért értékek. Ha minden adat rendelkezésre áll, akkor egy egyszerű parancssal előállítja a Json filet, amely tartalmazza a közzétenni kívánt adatokat a megfelelő formátumban. A mért hőmérsékleti és páratartalmi adatok webszerveren való közzétételének elve meggyezik.

			id	meropont_id	date	ho_1	ho_2				
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	1	1	2020-05-13 22:49:52	21.3	22
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	2	1	2020-05-13 22:50:53	21.2	21.8
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	3	1	2020-05-13 22:51:53	21.7	21.2
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	4	1	2020-05-13 22:52:53	21.3	21.3
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	5	1	2020-05-13 22:53:53	21.1	21.2

3.4. ábra. A hőmérsékleti adatokat tartalmazó adattábla

			id	meropont_id	date	paratartalom_1	paratartalom_2				
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	1	1	2020-05-13 22:49:52	51.4	48
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	2	1	2020-05-13 22:50:53	50	48.2
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	3	1	2020-05-13 22:51:53	49.7	49.3
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	4	1	2020-05-13 22:52:53	50.3	49.8
<input type="checkbox"/>		Edit		<input type="button" value="Copy"/>		Delete	5	1	2020-05-13 22:53:53	47.5	50.2

3.5. ábra. A páratartalmi adatokat tartalmazó adattábla

Vegyük észre, hogy a hőméréskleti és páratartalmi adatok időbélyege rendre megegyezik. Ezt az időbélyeg mérés előtti frissítése okozza. Az adatbázisban 2020-05-13.-án 22:56-kor 5-5 adat van jelen. Ennek az oka a tömbösített adattovábbítás. A következő 5-5 adat érkezésének várható időpontja 22:58:53. A beillesztett ábra a program működését hivatott bemutatni, a hőméréskleti és páratartalmi értékek nem valós adatok.

3.8. Weboldal

Az eredmények szemléltetésére egy weboldalt hoztam létre. Az oldalon egy legördülő menüből választhatunk a mérőpontok közül. A mérőpont választásával az aktuális helyszín adatai jelennek meg. A menüben 3 nézet közül választhatunk. A kezdőlapon általános információk jelennek meg mind a hőmérsékleti adatokról, mind a relatív páratartalom értékéről. Az oldal egy táblázatban jeleníti meg a legalacsonyabb, legmagasabb, átlagos, valamint legfrissebb hőmérséklet és páratartalom eredményét. A menüben a hőmérsékletre kattintva a teljes hőmérsékleti adatbázis jelenik meg, a legfrissebb eredménnyel kezdve a felsorolást. Itt szintén egy táblázatban jelennek meg az eredmények, amelynek első oszlopa a mérés azonosítóját tartalmazza. Ez után a mérőpont száma jelenik meg, amelyre a legördülő menüvel a szűrést végeztük. A táblázat következő oszlopa a mérés idejét tartalmazza. Végül a hőmérséklet értéke jelenik meg, először a mért eredmény, utána pedig az ellenőrző adat. A menü harmadik eleme a páratartalom, amely formailag teljes mértékben megegyezik a hőmérséklet oldallal, csak itt értelemszerűen a relatív páratartalom mérési eredményei jelennek meg a táblázatban. A weboldal az egyetemi szerveren került tárolásra. Egy php alapú weboldalt fejlesztettem. A fejlesztés alatt az MVC modellt követtem, amely lényege hogy a modell, view valamint controller egymástól teljesen szeparálva kerül tárolásra. Ez a csoportosítás funkcionális szempontjából történik. A modellben elhelyezkedő php fileok végzik az adatbázis műveleteket. Ezek minden információ megszerzéséhez egy lekérdezést állítanak össze és hajtanak végre az adatbázison. A modellek felelnek a táblázatban szereplő adatokért is. A view-ban helyet foglaló fileok felelősek a weboldal megjelenítéséért. Az oldal szerkezetének főbb elemeit jeleníti meg egy view, mint pl. a header, footer. A controller az összekötő osztály a model és a view között. Ezek a fileok fogadják a különböző bemeneteket. Ez a csoport felel az olyan modellek létrehozásáért is, amelyek segítenek az adatbázis-műveletekben. Ezeknek a műveleteknek az eredményét a view-k használatával reprezentálja a controller osztály. Az MVC technika alkalmazásával egyszerűen szétválaszthatóak a front-end és back-end munkafolyamatok, és az egész weboldalnak egy logikus és jó felépítést garantál. A weboldal megtekinthető az alábbi linken: <https://beta.dev.itk.ppke.hu/webprog/~orbba2/fooldal>

The screenshot shows a web browser window with the following details:

- Header:** Safari menu bar with File, Edit, View, History, Bookmarks, Develop, Window, Help. Status bar shows 80%, Mon 16:33, Bazsi.
- Title Bar:** Mérési eredmények (Measurement results) and beta.dev.itk.pppke.hu.
- Navigation:** Back, Forward, Stop, Reload, Home, and a search bar.
- Main Content:**
 - Összesítés (Summary):** A dropdown menu set to 1, with a blue "Lekérés" (Fetch) button below it.
 - Hőméséklet (Temperature):** A table with columns: Minimum, Maximum, Átlag (Average), Utolsó mérés (Last measurement). Data: 10 °C, 13 °C, 10.84 °C, 10.7 °C.
 - Páratartalom (Humidity):** A table with columns: Minimum, Maximum, Átlag (Average), Utolsó mérés (Last measurement). Data: 13 %, 80 %, 28.21 %, 78.5 %.
- Footer:** Orbán Balázs szaldolgozata (Orbán Balázs's work) in a dark grey box.

3.6. ábra. Az eredményeket reprezentáló weboldal

4. fejezet

Eredmények

Ebben a fejezetben a megtervezett műszaki alkotás megvalósítása, értékelése, valamint továbbfejlesztési lehetőségei kerülnek bemutatásra.

4.1. Mérőpont

4.1.1. Nyomtatott áramkör

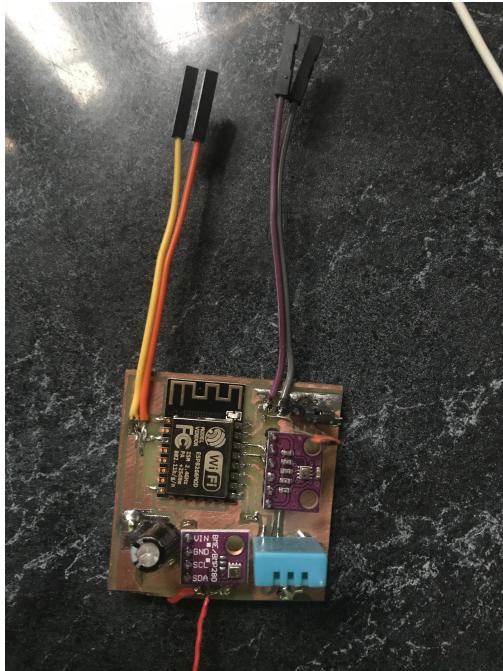
A tervezett mérőpont megvalósításának első jelentős lépése a tervezett nyomtatott áramkör gyártása volt. A gyártás során két példány készült az egyetem laborjában, hogy a tervezett mérőműszer 2 egymástól független helyen tudjon méréseket végezni. A nyomtatást a rendkívüli helyzetre való tekintettel nem én végeztem el.

A nyomtatott áramkörben ismeretlen eredetű hiba lépett fel az eszköz programozása alatt. Az egyetemre való belépési korlátozás következtében nem volt lehetőségem a hiba okának feltárására, de feltételezésem szerint gyártási hiba lépett fel. Ezen állításomat arra alapozom, hogy az áramkör modellje rendeltetésszerűen működik. A nyomtatott áramkörhöz kialakított csatlakozók hivatottak az ESP-12E vezérlő programozhatóságát biztosítani. A programozási folyamat különböző fázisában hiba lép fel, aminek következtében a művelet megszakad. Egy rossz kapcsolás esetén a programozási művelet nem indulna el, így ez nem okozhatja a hibát. Az eszköz tervezését elvégeztem, a mérőpont prototípusát megvalósítottam. Az eszköz nem programozható, így a mérések elvégzésére és az adatküldésre alternatív megoldást kerestem.

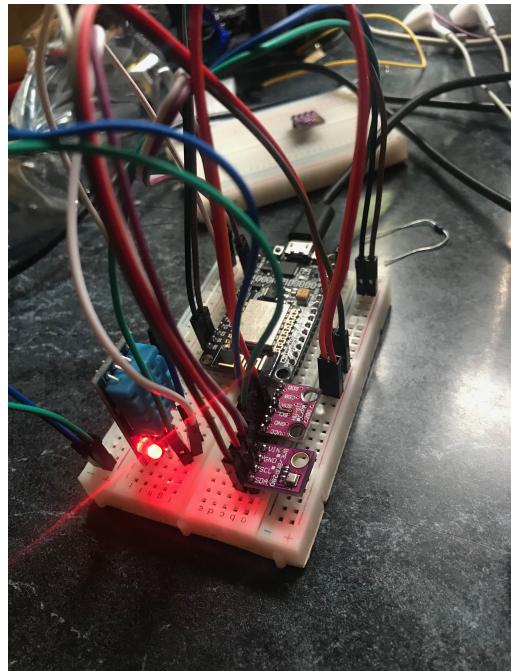
4.1.2. Modell

A kapcsolási rajz alapján létrehoztam a tervezett áramkör modelljét. A lényegi különbség a modell és a tervezett eszköz között a vezérlő típusa volt. A modell megalkotásánál egy

ESP8266 típusú mikrokontrollert használtam. Ez a kontroller lényegében megegyezik az ESP-12E chippel, azzal a kivétellel, hogy USB kábelén keresztül programozható, ezáltal otthoni környezetből is megvalósítható az üzemeltetése. A hardverválozások az Arduino kódban is változásokat generáltak, ezek főképp szintaktikai nehézségeket okoztak, a program logikai felépítésén nem történt módosítás. A megjelenített adatok mérésére és a programkód kifejlesztésére ezt az áramkört használtam. A modell nem rendelkezik tokozással, ezért az eszközök hőtermelése ugyanúgy nem befolyásolja a mérés eredményét, ahogyan egy megfelelő szellőztetésű borítás sem.



4.1. ábra. Az elkészült nyomtatott áramkör.



4.2. ábra. A nyomtatott áramkör helyettesítésére készült modell.

4.1.3. Tokozás

A mérőegység megtervezett tokozása az egyetemen került kinyomtatásra. Mivel az egyetemre való bejutás a nyomtatás idejében nem volt kivitelezhető, ezért a nyomtatást nem én végeztem, és a kinyomtatott doboz sem áll jelenleg rendelkezésemre. A tokozás rögzíthető, a mérőegység benne elhelyezhető. A szellőzést segítő nyílások feltételezhetően biztosítják az eszköz levegőztetését, ennek tesztelése azonban egy működőképes nyomtatott áramkör hiányában nem valósult meg. A tok teteje az L csatlakozóknak köszönhetően felhelyezhető, illetve eltávolítható. Ez a tok alkalmas a mérőegység tokozására.

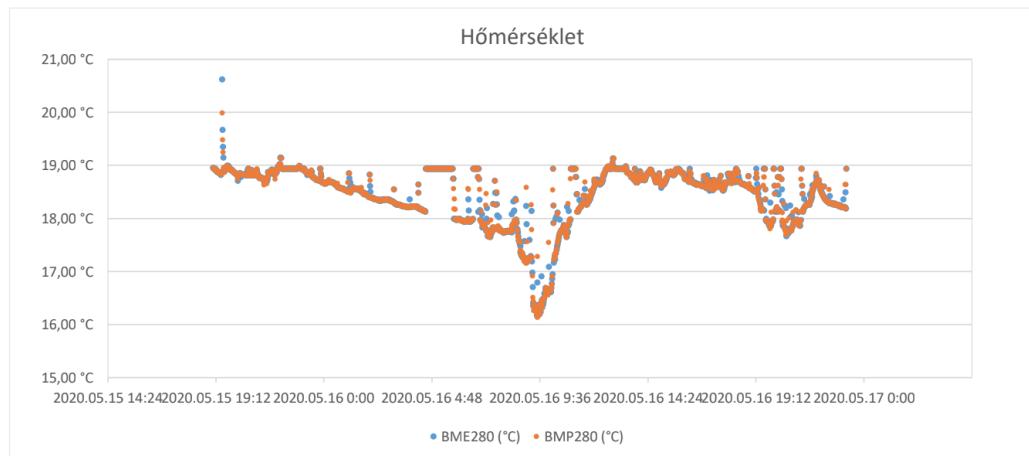
4.2. Mérések

4.2.1. Mérési pontosság

A mérési eredmények elemzésére a létrejövő adatbázist használtam. Az adatbázis használatának egyik legnagyobb előnye, hogy az adatok mindenféle szempont szerint szűrhetők egyszerű SQL lekérdezések írásával, aggregátorfüggvények használatával pedig további statisztikai adatok előállítása is lehetséges.

Hőmérséklet

A BME280-as és BMP280-as szenzorok végezték a mérést, illetve a kontrollmérést egyaránt. Mivel minden eszköz a Bosch szenzorcsalád tagja, valamint a mérés elve is meggyezik, így nem volt várható a mérések között nagy eltérés. Ezt az elméleti feltételezést a mérések igazolták, a mért adatok között csupán pár tized eltérés fedezhető fel. A hőmérséklet mesterséges változtatásával a szenzor mérési eredményei egyidejűleg változtak. Az adatok grafikonon való ábrázolásán már egy negyedperces ajtányitás is nyomot hagy. A hőmérsékleti adatok mérése megfelelő pontosságú.

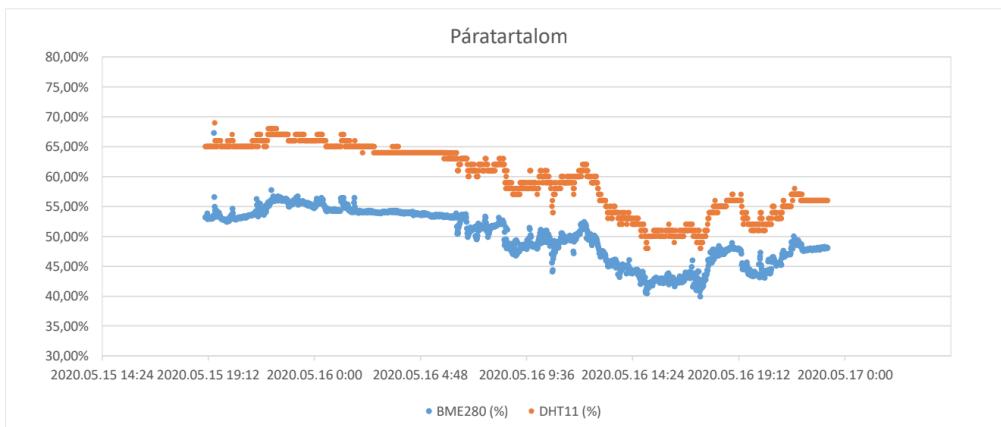


4.3. ábra. A 2 szenzor hőmérséklet mérési eredményeit ábrázoló grafikon

Az ábra jól mutatja, hogy a hirtelen hőmérsékleti változásokra a 2 eszköz egyidejűleg reagál, valamint a mért eredmények között nincsen nagyságrendi eltérés. A mért eredmények gyakran egymás takarásában vannak, amelynek oka a sok mérési adat és a kismértékű eltérések.

Relatív páratartalom

A páratartalom mérését szintén a BME280-as érzékelő végezte, a kontrollmérés adatai pedig a DHT11-es szenzorból kerültek kiolvasásra. A páratartalmi adatokat leheléssel valamint gőzölgő teával próbáltam befolyásolni. A mesterséges környezeti hatásokra minden két szenzor azonos mértékben, közel azonos időben reagált. A 2 mérés eredménye között jelentősebb eltérést tapasztaltam, viszont az adatok megváltozásának mértéke nagyságrendileg azonos maradt. Ebből arra a következtetésre jutottam, hogy az eszközök előzetes kalibrálásával a mért relatív páratartalmi adatok pontossága jelentős javulást érhetne el. Erre jelen szakdolgozatban nem került sor. Az elsődleges mérési eredmények pontosabbak a kontrollszenzor mérésénél, ezt már a mért adatok megjelenített tizedesjegyei is egyértelműen reprezentálják, azonban a mért adatok valódiságát a DHT szenzor is igazolhatja.



4.4. ábra. A 2 szenzor páratartalom mérési eredményeit ábrázoló grafikon

Az ábra szépen kimutatja a 2 szenzor kalibrációjának hiányából eredő eltérést. Az is jól megfigyelhető, hogy a 2 szenzor értékei együtt mozognak, vagyis a páratartalom változására egyidejűleg reagálnak.

4.2.2. Fogyasztás

A mérőegység fogyasztásának mérésére a hibás eszköz miatt nem volt lehetőségem, így csak a hivatalos adatok alapján tudtam becslést végezni. A fogyasztás becslését 5 perces periódusokra bontva végzem. A szenzorból adatolvasás idejét 1, az adattovábbítás idejét 3 másodpercnek tekintem. Az ESP32 szenzor 5 perc alatti fogyasztása:

$$292s * 0.8mA + 5s * 20mA + 3s * 240mA = 1053.6mA\cdot s$$

A BME280 szenzor 5 perc alatti fogyasztása:

$$295s * 0.16 * 10^{-3}mA + 5s * 2.9 * 10^{-3}mA = 61.7 * 10^{-3}mA\cdot s$$

A BMP280 szenzor 5 perc alatti fogyasztása:

$$295s * 0.16 * 10^{-3}mA + 5s * 2.7 * 10^{-3}mA = 60.7 * 10^{-3}mA\cdot s$$

A DHT11 szenzor 5 perc alatti fogyasztása:

$$295s * 125 * 10^{-3}mA + 5s * 1.5mA = 44,375mA\cdot s$$

Ez azt jelenti hogy a fejlesztett eszköz fogyasztása 1 óra alatt:

$$12 * (1053.6mA\cdot s + 61.7 * 10^{-3}mA\cdot s + 60.7 * 10^{-3}mA\cdot s + 44,375mA\cdot s) = 13177.16mA\cdot s = 3.66mA\cdot h$$

Ez azt jelenti, hogy egy AA típusú 3000mAh kapacitású egyszerű elemmel a működési idő $3000mA\cdot h / 3.66mA\cdot h = 819.7h = 34.2\text{ nap}$.

Nagyságrendi különbség van a szenzorok és a vezérlő fogyasztása között, ebből következik, hogy a mérőegység működési idejét elsősorban a vezérlő használata határozza meg, azon belül is a jelentős energiafelhasználást a wifi kapcsolat kialakítása jelenti. A jól átgondolt tervezés következetében az eszköz minden 5. percben létesít vezeték nélküli adatkapsolatot, amennyiben minden mérés eredményét azonnal továbbítaná, abban az esetben a fogyasztás a jelenlegi közel négyszerese lenne. Az alábbi táblázat a szenzorok becsült másodpercenkénti fogyasztási adatait tartalmazza a különböző üzemmódokban, a számolásokat ezen adatok alapján végeztem.

Üzemmód	ESP32	BME280	BMP280	DHT11
Alvó	0.8 mAs	0.16 μ As	0.16 μ As	125 μ As
Normál	20 mAs	2.9 μ As	2.7 μ As	1.5 mAs
Adattovábbítás	240 mAs	-	-	-

4.1. táblázat. A szenzorok másodpercenkénti fogyasztása.[15][16][17][8]

4.2.3. Adatkapcsolat megbízhatósága

A wifi lefedettsége alapvetően határozta meg a kommunikáció megbízhatóságát. Mivel kis méretű fileok továbbítását végzi a fejlesztett eszköz, ezért a gyenge jelerősség is tökéletesen alkalmas az adatok továbbítására. A tesztelést a jelen helyzetre való tekintettel otthoni körülmények között végeztem. A tesztelés folyamán megbízható működést tapasztaltam a házon belül egységesen. A kert routertől távoleső pontjain előfordult, hogy a kapcsolat megszakadt, ami pillanatnyi adatkiesést okozott. Az eszköz csak előzetesen konfigurált hálózathoz képes csatlakozni, alapvetően önálló hálózatváltásra nem alkalmas. Ennek megoldása egy olyan hálózat konfigurálásával lehetséges, ahol a hálózaton belül több wifi access point is rendelkezésre áll, amiknek minden ugyanaz a jelszó és ssid van beállítva. Ekkor a kapcsolat az access pointok közti váltás során nem szakad meg, valamint a kliens IP is változatlan marad.

4.3. Továbbfejlesztés

Az eszköz megvalósítása következtében két továbbfejlesztési lehetőség merült fel. Az első egy olyan rácsatlakoztatható akkumulátor elem, ami USB kivezetéssel adná le az 5V-os feszültséget. Ehhez tartozna egy 3D nyomtatott tokozás, amely nem lenne külön falra rögzítve, hanem az eszköz tetején alkalmazott L lábakkal csatlakozhatna a jelenlegi tokhoz. Ehhez a jelenleg tervezett tokozást két újabb nyílással kellene ellátni, amelybe az előállított áramforráshoz tartozó tok oldalról csatlakozhatna. Ez egy kis energiabefektetéssel járó fejlesztés, amely a jelenlegi áramellátási alternatívák egyikét megvalósítaná. A második továbbfejlesztési elgondolás egy magasabb szintű fejlesztés, amely már a feladat megvalósítása előtt felmerült. Ennek az ötletnek az alapját a hőmérséklet távolról szabályozása vagy automatizálása képezné. Ehhez a termosztátot is hálózatba kellene kötni, amelynek következtében a mikrokontroller relék kapcsolásával változtathatná a hőmérsékletet. Ez történhetne egy újabb vezérlő beépítésével, vagy akár a jelenlegi eszköz felhasználásával is. Utóbbi esetben a kommunikáció kétirányúra bővílné, hiszen a webszerver is küldene adatokat a vezérlő felé hőmérsékletváltoztatás céljából, hőmérséklet adatok pedig továbbra is a kontroller felől érkeznének a webszervernek. Ugyan ez a fejlesztési lehetőség a páratartalom szabályozására is fennáll, azonban ehhez levegő párásitó és páratlanító eszközöket kellene hálózatba kötni, ez azonban otthoni felhasználásra feltételezhetően nem kifizetődő beruházás.

5. fejezet

Összefoglalás

Ez a fejezet az elvégzett feladat rövid összefoglalást tartalmazza, összehasonlítva a kitűzött célokkal. Az esetleges továbblépési lehetőségek is itt kerülnek kifejtésre.

5.1. Feladat

A szakdolgozatban tervezett feladatokat elvégeztem. A napjainkban alkalmazott vezetéknélküli adatátviteli technológiákat valamint a hálózatba szervezett mérőrendszerek alapvető felépítési modelljeit megismertem. A lehetséges leendő felhasználási igényeket figyelembe vettem a tervezési folyamat során. A kutatásom eredménye alapján választottam ki a mérési feladat elvégzésére alkalmas mérő, vezérlő, és kommunikációs modulokat. A részegységek ismeretében összeállítottam a mérőpont tervét. Megterveztem az egységek kapcsolási rajzát, a nyomtatott áramkört. Az egységek elhelyezésénél a lehető legtöbb elhelyezési feltételt figyelembe vettem. Megterveztem az egyes mérőpontok tokozásának a tervét is, amelyben figyelembe vettem a lehetséges rögzítési lehetőségeket. Implementáltam a vezérlést megvalósító, valamint az adatok reprezentálásáért felelős weboldal szoftverkomponenseit. A mérőegység prototípusát elkészítettem. Az eszköz működését teszteltem. A feladatot legjobb tudásom szerint végeztem.

5.2. Eredmények

A szakdolgozatom eredménye egy olyan mérőeszköz, amely olcsón kivitelezhető és egyszerűen reprodukálható. Fizikai értelemben vett eredmény a kinyomtatott kapcsolás, amely jelenleg adatok mérésére nem alkalmas, továbbá egy hozzá kapcsolódó 3D nyomtatott tok, amely kialakításának köszönhetően a mérési eredményeket nem befolyásolja. További eredménye a szakdolgozatnak egy olyan modell, amely a tervezés szerint készült,

mérések elvégzésére és azok továbbítására alkalmas.

A szakdolgozat virtuális eredménye egy adatbázis, amely az eszköz méréseit tartalmazza. Ezek az eredmények időbeli kieséket tartalmaznak, mivel az eszköz nem volt folyamatosan üzembe helyezve. További ilyen eredmény a weboldal, amely a mérési eredményeket esztétikusan reprezentálja. Mivel az adatok az adatbázisból kerülnek lekérdezésre, ezért a weboldal nem szolgáltat az adatbázishoz képest új információkat, egyedüli célja az adatok szemléltetése.

Azonban a szakdolgozat valódi eredménye a teljes dokumentáció, mivel ez alapján a mérőegység bárki számára előállíthatóvá válik. A dokumentáció tartalmazza a kapcsolási rajzot, a nyomtatott áramkör tervrajzát, a 3D nyomtatható tokozás tervezését. Ezek mellett itt elérhető a weboldal forráskódja, valamint a vezérlőegységre feltöltött Arduino programkód is. A weboldalt felépítő fileok közül az adatbázis hozzáférési adatait tartalmazó php file, valamint az adatbázisba INSERT metódust végrehajtó api filejai biztonsági okokból nem kerültek feltöltésre. A dokumentáció alapján egy mérnöki gondolkodású személy képes a mérőpont reprodukálására, a dokumentáció a mellékleteknél elérhető.

5.3. Jövőbeli tervez

A végső cél egy okosotthon kifejlesztése, ahol az emberi beavatkozások száma minimális, az esetleges beavatkozáshoz pedig ne legyen szükséges a fizikai közelség. A szakdolgozat keretében megvalósítottam egy olyan eszközt, amely könnyen előállítható pontokkal rendelkezik. A pontok a kontrollszenzorok használatának köszönhetően ellenőrzött eredményeket mérnek, így alkalmasak olyan felhasználásra is ahol a mérési hiba minimalizálása elvárás. A mérőpontok egyszerűen telepíthetők, az elhelyezésüket egyedül a wifimodul antennájának hatótávolsága befolyásolja. A már kifejtett továbbfejlesztéssel automatizálni lehetne a kívánt hőméréskletet, valamint relatív párata tartalmat, amely egy hétvégi ház vagy nyaraló esetében nagyon praktikus lenne.

A már elvégzett önálló laboratórium folyamán kifejlesztésre került egy hasonló IoT eszköz. Ezt az eszközt egy kapunyító automatikába építve egy olyan okoskapu valósult meg, ami távolról vezérelhető. A jelenleg is üzemelő eszköz automatizálására is volt kísérlet egy rendszámfelismerő szoftver fejlesztésével. A szoftver a biztonsági kockázat miatt nem

került felhasználásra, azonban a projekt leadása után más automatizálás került bevezetésre. Jelenleg a telefon értesítést küld amikor a GPS adatok alapján valaki hazaérkezik. Az értesítésben a kapunyitást a felhasználónak jóvá kell hagynia biztonsági okokból. A beparkolás után egy automatizálás becsukja a kaput. Ehhez szükséges az aktuális GPS adatok otthonéval való megegyezése, valamint a kocsiról USB kábelen történő lekapcsolódás egyaránt.

A következő lépés az okosotthon kiépítésében a redőnyök automatizálása. Ehhez először a redőnyök villanymotorral történő mozgatásának megvalósítása szükséges. A villanymotor vezérlését a szakdolgozatban megismert ESP mikrokontroller végezhetné, amely ugyanúgy csatlakozna a wifi hálózathoz, ahogy azt a mérőegység és a kapu is tette. Ezek után a vezérlés weboldalról vagy telefonos alkalmazásról egyaránt könnyen megvalósítható. A redőnyök állásának automatizálása egyszerűbb esetben idő alapján történne. Ebben az esetben a napi rutint kell programkódba illeszteni. Ez pl. történhetne úgy, hogy este 8-kor lemegy a redőny, reggel 7-kor félig felemelkedik, majd 7:30-kor már teljesen felfemegy. Az eszköz különböző állapotokkal rendelkezne, attól függően hogy hétköznap, hétféle, vagy nyáriszünet van. Az idő alapú optimalizálás fényérzékelőkkel történő kiegészítésével tovább optimalizálná a redőnyök vezérlését. Érzékelné a napfelkelték és naplementék változását, de akár egy borúsabb napot is. A fejlesztendő eszköz a jelen projektben ki-fejlesztett eszközt is felhasználhatná, ebben az esetben egy forró nyári napon is hűvös nappali fogadná az eszköz felhasználóit.

Irodalom

- [1] R. Ervin, *Adatátviteli eszközök*, 2020/02. cím: http://uni-obuda.hu/users/racz.ervin/Adatatviteli_eszkozok.pdf.
- [2] W. György, *Bluetooth adatátvitel*, 2020/04. cím: <http://users.iit.unimiskolc.hu/~wagner/Bv-2007/Treszkai%20-%20Bluetooth%20biztons%E1g.pdf>.
- [3] WiFi alliance, 2020/03. cím: <https://www.wi-fi.org/certification>.
- [4] *DHCP IP felett*, 2020/02. cím: http://www.szerencsiszakkepzo.sulinet.hu/jegyzet/info/DHCP_IP_beallitas.pdf.
- [5] S. Hoff, M. Meyer és J. Sachs, „Analysis of the General Packet Radio Service (GPRS) of GSM as access to the Internet“, 1998. nov., 415–419 vol.1., ISBN: 0-7803-5106-1. DOI: [10.1109/ICUPC.1998.733013](https://doi.org/10.1109/ICUPC.1998.733013).
- [6] Raspberry, *Raspberry Pi 4*, 2020/01. cím: <https://malnapc.hu/raspberry-pi-4-model-b-4gb>.
- [7] ——, *Raspberry sensors*, 2020/01. cím: <https://malnapc.hu/erzekelok-sensors>.
- [8] *ESP-12E adatlap*, 2020. cím: http://wiki.ai-thinker.com/_media/esp8266/a014ps01.pdf.
- [9] F. Csaba, *ESP8266 - Faragó Csaba, PhD*, 2020/02. cím: <http://faragocsaba.hu/arduino-esp8266#toc1>.
- [10] *Arduino boards and sensors*, 2020/02. cím: <https://store.arduino.cc/>.
- [11] *PTC thermistor*, 2020/05. cím: <http://www.resistorguide.com/ptc-thermistor/>.
- [12] *NTC thermistor*, 2020/05. cím: <http://www.resistorguide.com/ntc-thermistor/>.

- [13] *PTC Thermistor vs. NTC Thermistor*, 2020. cím: <https://www.ametherm.com/ptc-thermistors-vs-ntc-thermistors-for-inrush-current>.
- [14] G. Attila, *Termikus érzékelők és alkalmazásai*, 2017. cím: https://www.ett.bme.hu/download/szenzorok_termikus_upgrade.
- [15] *BME szenzor adatlap*, 2020/04. cím: <https://www.embeddedadventures.com/datasheets/BME280.pdf>.
- [16] *BMP szenzor adatlap*, 2020/04. cím: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/BST-BMP280-DS001-11.pdf>.
- [17] *DHT szenzor adatlap*. cím: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>.

A. függelék

Melléklet

Az alábbi weboldal jeleníti meg a mért hőmérsékleti és párataztalmi adatokat:

<https://beta.dev.itk.ppke.hu/webprog/~orbbba2/fooldal>

A fejlesztés folyamán készült kódok, fileok, képek, dokumentumok pedig az alábbi weboldalon kerültek feltöltésre:

<https://github.com/orbanbalazs1996/IoT-device.git>

A tervezett tokozás online megtekinthető 3D modellje az alábbi linken érhető el:

3D printable IoT device case