

Szakdolgozatok, diplomatervek összefoglalói

2022/2023 tanév, tavaszi félév

INVESTIGATION OF DISTURBANCE IN HIGH-SENSITIVITY ASTRONOMICAL SYSTEMS

ALMANOVA DINARA

Electrical Engineering BSc, Infocommunication systems specialization

2022/2023/II. Supervisor: Farkasvölgyi Andrea, associate lecturer

1. Introduction

The emergence of LEO mega constellations, like Starlink, has raised concerns about their impact on VLBI systems. VLBI relies on precise synchronization between radio telescopes worldwide to achieve high-resolution observations. However, the proliferation of LEO satellites introduces challenges, primarily due to radio frequency interference (RFI). Interference from satellite signals can compromise the sensitivity and accuracy of VLBI, affecting data quality and scientific objectives. Efforts are underway to develop RFI mitigation techniques, improved coordination, and exploration of less affected frequency bands.

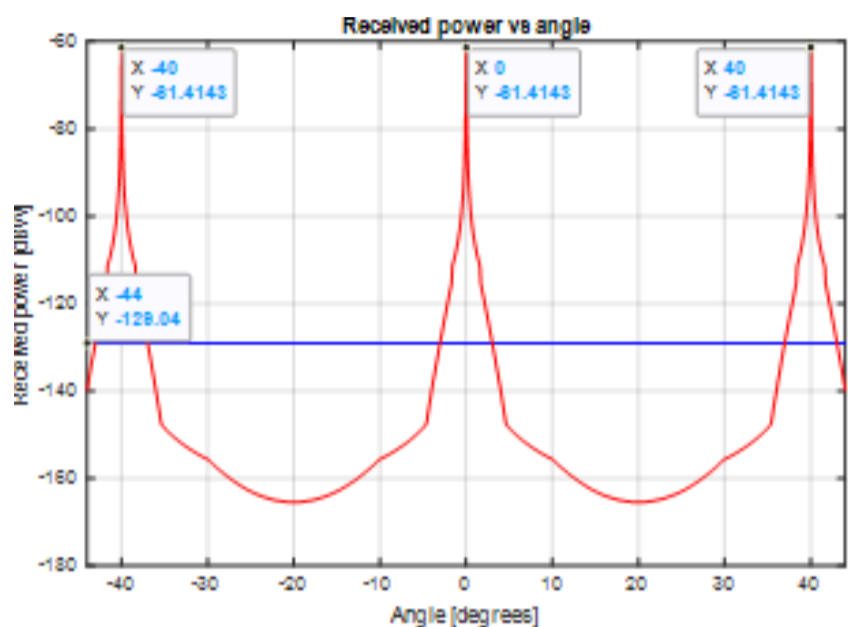


1. Fig. Mega-constellation coverage (source: ESA)

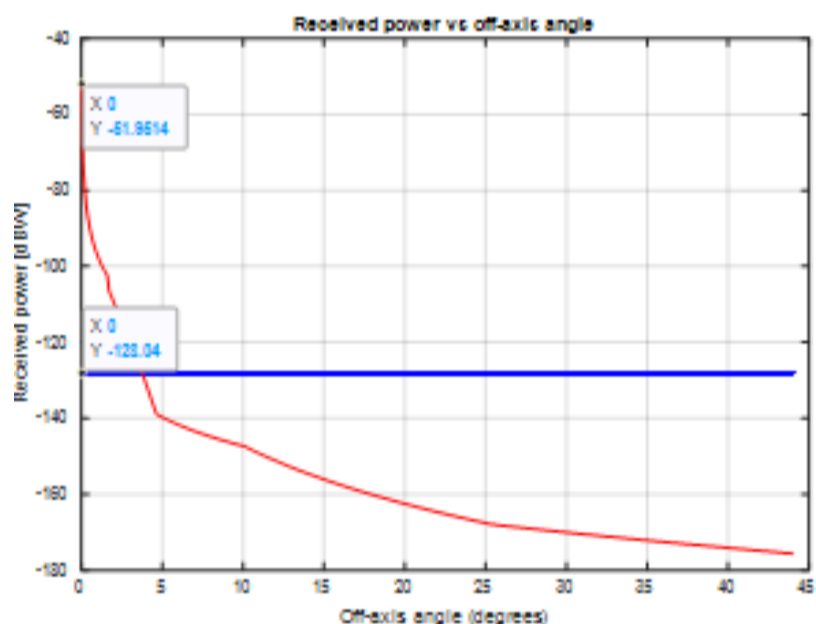
2. Investigation

1. Frequency bands used in VLBI studies and LEO mega-constellation: Ka-band and V-band
 2. Current RFI analysis. To calculate the single entry interference of a LEO Mega-Constellation to a VLBI receiver, following parameters are needed to be known:
 - The antenna pattern of the VLBI receiver: Rec. ITU-R SA.509-3
 - The antenna pattern of LEO satellite: Rec. ITU-R S.1528
 - The altitude of LEO satellites: 1150 km (for Ka band) and 335 km (for V band)
 3. Analyzing RFI from several orbital planes (multiple and single entry inference)
 4. Proposing Radio Quiet Zone size
- eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

3. Results



2. Fig. Permitted Prec vs angle (moving 3 satellites in a fixed position in Ka band)



3. Fig. Received power and threshold level vs angle (for V-band)

4. Conclusion

Based on ITU Rec. ITU-R RA.769-2, the Ka and V frequency bands have respective threshold levels of -129.04 dBW and -128.04 dBW. However, the VLBI receiver detected clear radio frequency interference (RFI) from LEO satellites, with received powers of -61.1 dBW and -53.66 dBW for Ka and V bands, respectively. To address this RFI issue, a proposed solution is the establishment of radio quiet zones (RQZ). For Ka-band, a suggested RQZ radius of 67 km was calculated, while for V-band, a proposed RQZ radius of 22.3 km was determined. These findings emphasize the need to protect the sensitivity and integrity of high-precision astronomical systems by implementing RQZ measures in the presence of LEO satellite constellations operating in Ka-band and V-band frequencies.

Rain intensity measurement with short range 58GHz radio connection

ADEMI IZMAILOVA

Bachelor of Science Degree Program in Electrical Engineering

2022/2023/semester II.

Supervisor: Dr. László Csurgai-Horváth, associate professor

1. Introduction

The use of high-frequency radio links has become increasingly necessary in modern communication systems due to the need for faster, more reliable, and higher bandwidth communication. The main goal of this project specifies on the calculation of rain intensity using the rain attenuation measurements obtained by the special equipment provided by Nokia MetroHopper. The radio link of 118 meters between two university buildings- V1 and E, operates at a frequency of 58 GHz. After processing and visualizing all the data containing signal levels, collected by the indoor units, it will be possible to find the signal losses. Based on this, the rain intensity can be calculated using the formula provided by the ITU-R-P.837. The obtained rain rate data will be estimated and compared to the actual meteorological data. Overall, this project aims to provide valuable insights into the potential use of short-range 58GHz radio connections for rain intensity measurement.

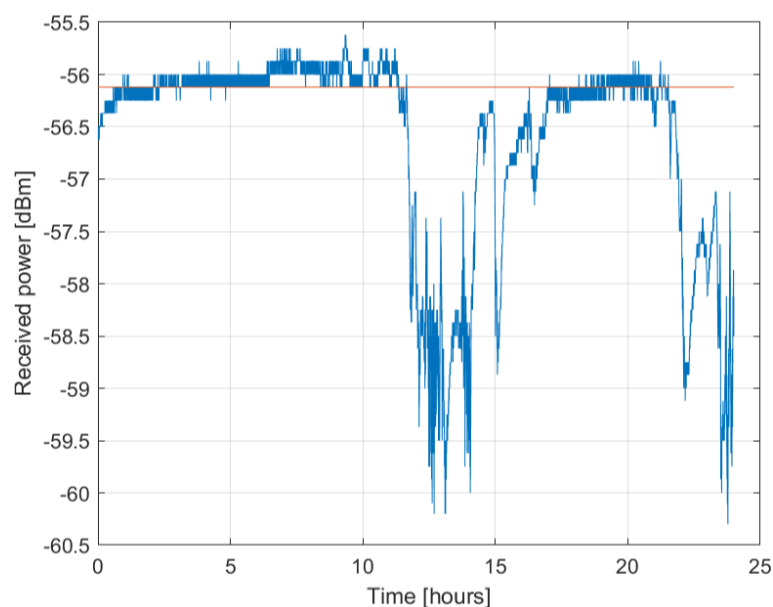


Figure 1. Received power vs. Time graph

2. Applied methods

We analyzed the signal level data from our radio link for January and February 2023, and Figure 1 displays the visualization of the received signal power for a single day. In January, the average signal level was determined to be -56.3 dBm. Using this information, we were able to calculate the attenuation of the link and the specific rain attenuation. The rain intensity was computed using Formula 1, as outlined in the ITU-R P.838 RECOMMENDATION document, with R representing rain intensity, γ_r denoting specific rain attenuation, and k and α representing the frequency-dependent coefficients.

$$R = 10^{\log \frac{\gamma_r}{k \alpha}}$$

Equation 1.

3. Results

The accuracy of the rain intensity results (Figure 2) was verified by referencing the ITU-R P.837 RECOMMENDATION document. Firstly, we examined the Complementary Cumulative Distribution Function to determine the rain intensity measurements. Next, we compared the rain intensity value that corresponds to a probability of 10^{-4} with the average annual rain rate exceedance value of 35 mm/hr, as stated in ITU-R P.837 for the Budapest area. The two values were found to be nearly identical, although some adjustments to the average signal level were required due to the sensitivity of rain intensity calculations to the median signal level. Another approach involved comparing our data with measurements from a nearby meteorological station called Metnet, situated 763 meters away from our radio link. We compared the total rain intensity value of 102.943 mm/hr recorded by Metnet for the month of January with our own measured data, which yielded the same value of 102.830 mm/hr. To enhance the accuracy of this method, certain modifications to the median level were also necessary.

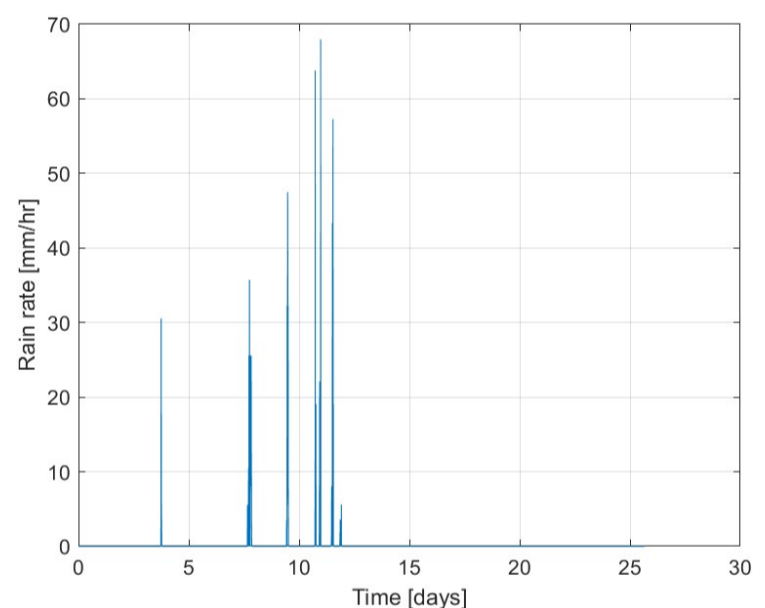


Figure 2. Rain rate vs. Time graph for January 2023

4. Summary

Overall, this study successfully estimated rain intensity on the 58 GHz radio link through the analysis of measurement data and the utilization of attenuation and CCDF techniques. These findings contribute to our understanding of rain effects on radio communication systems and can be valuable for various applications in telecommunications and meteorology. Further research and refinement of the methods used in this study may enhance the accuracy and precision of rain intensity estimation in the future.

1. Bevezetés

A ritkaföldfém adalékolással rendelkező optikai szálak fejlesztése a valóságban már az első lézerek megjelenése után az 1960-as évek első felében megkezdődött. A lézerműködés első demonstrációja Theodore Maiman nevéhez fűződik, aki 1960 májusában hozta létre az első működő lézert a rubint kristályt használva lézeraktív közegként. Azonban a '60-as években nem voltak félvezető lézerek, tehát szállézek gerjesztésére is villanó lámpákat használtak, amelyek a folytonos működést nem tették lehetővé. 1988-ban alkották meg az első itterbium adalékolt szálerősítőt 1035 nm és 1076 nm közötti, széles sugárzási tartománnyal. A szállézek teljesítményének rohamos fejlődése a dupla köpenyes szálak használatával vált elérhetővé. A teljesítmények fokozatos növekedésével előtérbe kerültek a nemlineáris hatások mint például a Stimulált Brillouin szórás (SBS) ugyanakkor akkor az erősítés mechanizmusa ugyancsak kulcsfontosságú beleértve nem csak a pumpa és a jel közötti energiatranszfert, de a megjelenő zaj, vagy másnéven erősített spontán emisszió (ASE) mértékének a vizsgálatát is. Mindemelett az adalékolt szálerősítők csak meghatározott sávokat tudnak erősíteni a telekommunikációs rendszerekben, így a dolgozatomban a Raman típusú erősítőkkel is foglalkoztam, mellyel a teljes optikai telekommunikációs spektrum erősíthető.

2. Alkalmazott módszerek

A dolgozatomban MATLAB segítségével vizsgáltam a különböző jelenségeket számos numerikus módszer használatával, mint például a negyedrendű Runge-Kutta módszer, Euler módszer, négy lépéses Adams-Bashforth módszer és a Nelder-Mead szimplex módszer. Külön megoldó szoftvereket készítettem az itterbium adalékolt szálerősítők modellezésére, az SBS jelenség, valamint annak elnyomásának modellezésére, valamint a Raman erősítők modellezésére is. Számos akadályba ütköztem a munkám során főként a visszafelé terjedő jelekkel kapcsolatban, amik modellezéséhez iterációs megoldásokat kellett használni.

3. Eredmények

A megalkotott szoftvereket validációs eljárásoknak vettem alá melyek során meggyőződhettem azok helyes működéséről az irodalomban ismert más eredményekkel vagy mérési eredményekkel való összehasonlítás során. A validáción kívül egyik legnagyobb eredménynek a Figure-1 ábrán látható számolást tartom, melyben az erő-

sítő Noise Figure (NF) paraméterét vizsgáltam a bemeneti jelteljesítmény függvényében. A Noise Figure megmutatja, hogy az erősítő kimenetén mennyivel kisebb a jel-zaj viszony, mint a bemenetén (jelen esetben a zaj az ASE, erősített spontán emissziót jelenti). A korábbi ismereteim alapján, illetve az elérhető szakirodalom alapján azt feltételeztem, hogy létezik egy optimális bemeneti jelteljesítmény, mely hatására minimális a jel-zaj viszony romlás. Az ábrán látható, hogy az általam használt speciális elrendezéssel és paraméterekkel ez az optimális jelszint valahol 30-40W között található.

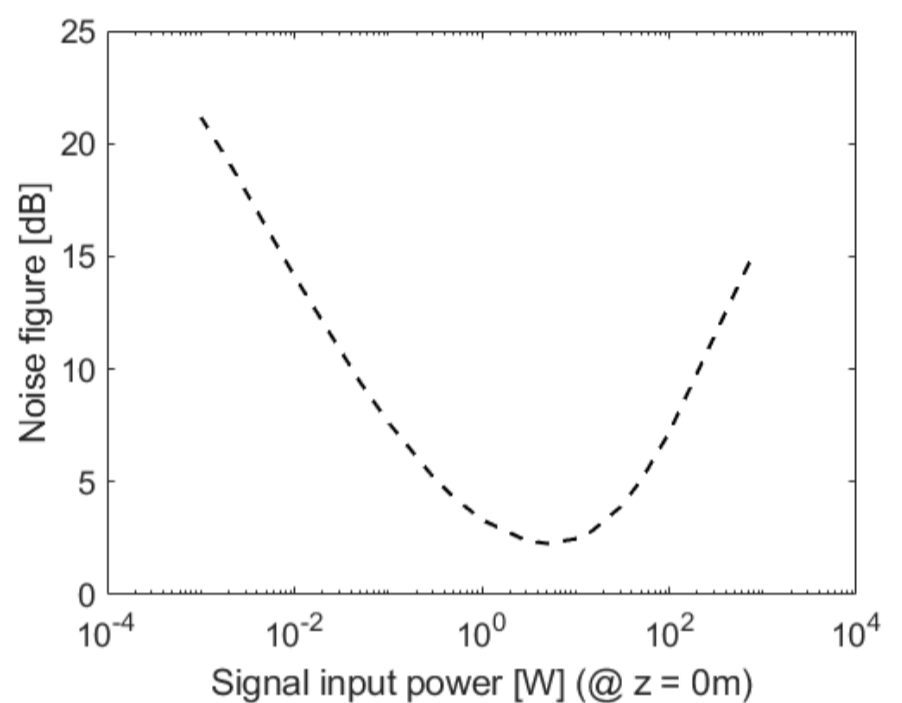


Figure-1 : Adalékolt szálerősítő által okozott jel-zaj viszony romlása, a bemeneti jelteljesítmény függvényében.

4. Összefoglalás

Diplomamunkám során megismerkedtem az adalékolt és adalékoltalan optikai szálerősítők modellezésével, mely során három különálló szoftver csomagot készítettem el a különböző jelenségek vizsgálatához. A szoftvereket japán és magyar kutatók segítségével teszteltem és validáltam. Itterbium adalékolt szálerősítők modellezése során sikerült meghatároznom az optimális bemeneti jelteljesítményt, mellyel a legkevesebb zaj adódik a rendszerhez az erősítés során. A Raman erősítők modellezése során sikerült realizálnom egy iterációs eljárást, komplex egymásra ható pumpák esetében is, visszafelé terjedő pumpákra. A számolt eredmények jó egyezést mutatnak a Japánban elvégzett mérési eredményekkel.

Kapcsolófrekvencia-modulációra alkalmas DC-DC konverter fejlesztése

POLLÁK CSABA

Villamosmérnök BSc, Nagyfrekvenciás rendszerek és alkalmazások

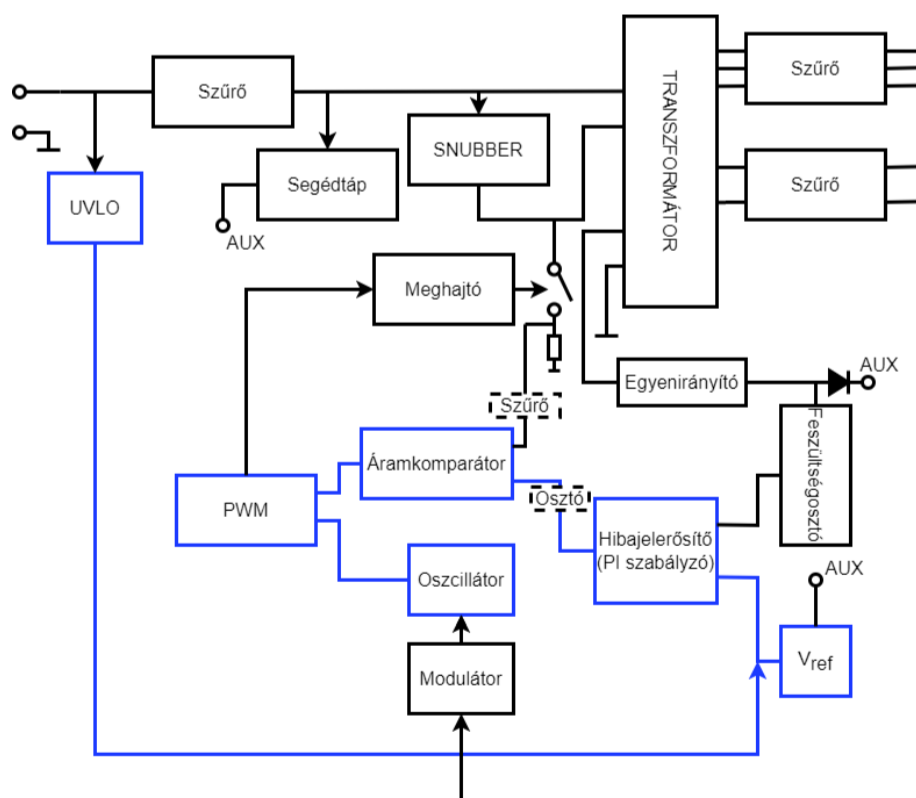
2022/2023/II. félév Témavezető: Qiao Viktor, PhD hallgató

1. Bevezetés

Szaktervezési feladatom egy kapcsolóüzemű DC-DC konverter elkészítése volt. A feladat különlegessége, hogy a konverter kapcsolófrekvenciáját egy külső moduláló jel hatására változtatni lehet, amivel energiavonali kommunikációt lehet megvalósítani. Az elkészített konverter célja a kapcsolófrekvencia-moduláció hatásainak tanulmányozása.

A műholdfedélzeti berendezések általában három összeköttetéssel csatlakoznak a rendszeroldali elemekhez. Az első az energiabusz, ami az energiaellátást biztosítja, a második az elsődleges kommunikációs busz, a harmadik pedig a redundáns kommunikációs busz. Mivel egy műholdon számos berendezés található, a műhold teljes vezetékezése akár meglehetősen bonyolult és nagy méretű lehet. A PLC (Powerline Communication) technológia alkalmazásával az összeköttetések száma berendezésenként egyre csökkenthető.

A legtöbb műholdfedélzeti berendezésben található kapcsolóüzemű DC-DC konverter, mely a berendezés egyedi tápfeszültség igényeit elégíti ki. A kapcsolóüzemű konverter működési elvéből adódóan jelentős mértékű kapcsolófrekvenciás zajt állít elő. Általános esetben ezt zavarnak tekintjük és szűrőkkel igyekszünk a zavar szintjét minimálisra csökkenteni, azonban a kapcsolófrekvencia modulációja lehetőséget biztosít információ átvitelére minimális többlethardware hozzáadása mellett.

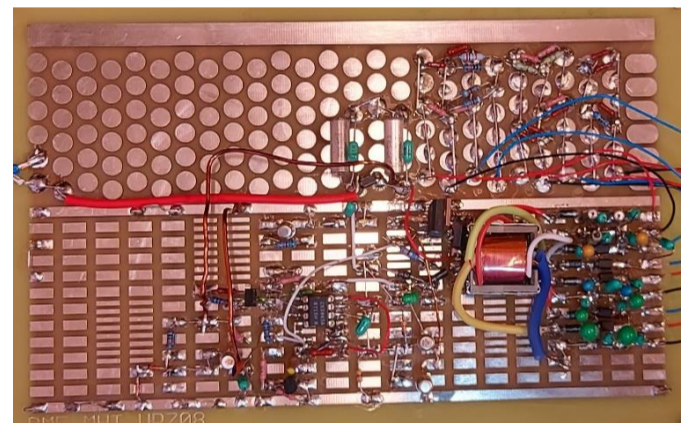


1. ábra: A konverter blokkvázlata

2. Tervezés

A feladat megvalósításához a műholdfedélzeti berendezésekben gyakran alkalmazott flyback topológiájú konvertert használtam. A konverter méretezéséhez az Úrtechnológia laboratóriumában jelenleg fejlesztés alatt álló Sweeping Langmuir Probe nevű berendezés tápellátás igényét tekintettem irányadónak.

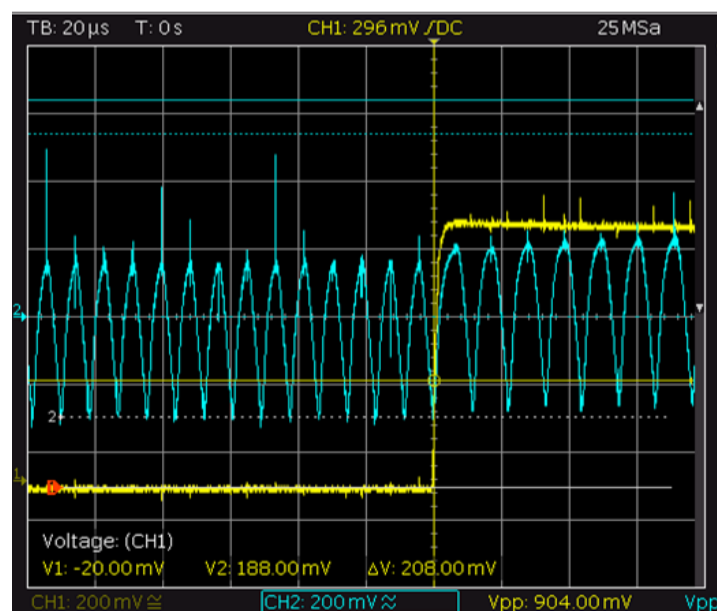
A félév során megterveztem egy kapcsolófrekvencia modulálására alkalmas flyback topológiájú DC-DC konvertert, elvégeztem a konverter méretezését: kiválasztottam a ferritmagnet, megterveztem és elkészítettem a transzformátort, kiválasztottam a félvezető eszközöket és kondenzátorokat. A 3843 típusú szabályozó integrált áramkörrel fix frekvenciás árammódusú szabályozást valósítottam meg az 1. ábrán látható módon.



2. ábra: Az elkészített modelláramkör

3. Mérések és eredmények

A konverter modelljét a 2. ábrán látható fejlesztőpanelen felépítettem, elvégeztem az áramkör élesztését, mérésekkel igazoltam, hogy a modell az alapfunkciók ellátására képes. A frekvenciamoduláció demonstrációja a 3. ábrán látható.



3. ábra: Bemeneti feszültség hullámosság változása a moduláló jel hatására

Parallelization of sparse matrix operations

SZIKORA, MARCELL

Villamosmérnök MSc, Vezetéknélküli rendszerek és alkalmazások főspecializáció
2022/2023/II. félév Témavezető: Reichardt, András, mesteroktató

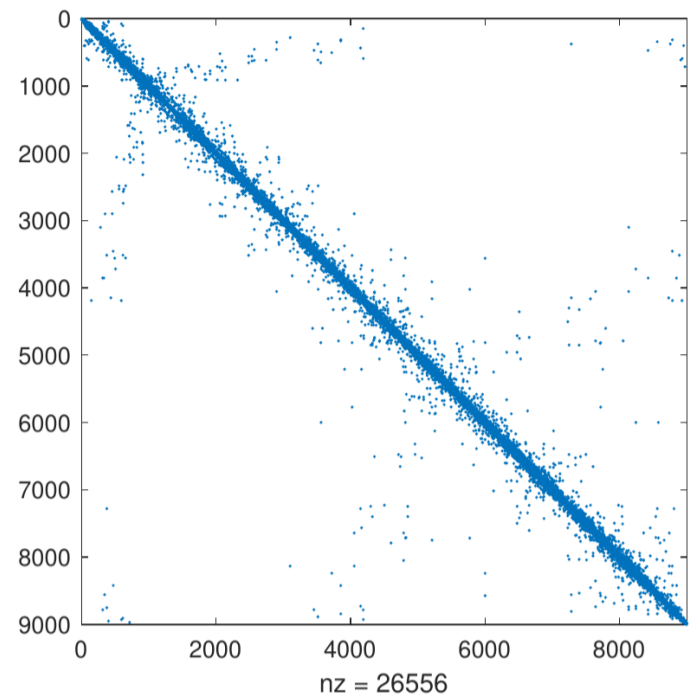
Sparse matrix computations play a crucial role in numerous mathematical calculations, ranging from solving linear systems to eigenvalue computations. However, the size and sparsity of these matrices pose significant challenges in terms of memory consumption and computational efficiency. This thesis focuses on developing efficient parallel algorithms and techniques for handling large-scale sparse matrices in a parallel computing environment. The thesis begins with an overview of sparse matrices, highlighting their importance in mathematical calculations. It explores various sparse matrix storage formats, including CSR, ELLPACK, and LIL, discussing their advantages and trade-offs. The thesis then delves into fundamental operations optimized for sparse matrices, such as matrix-vector and matrix-matrix multiplication, inversion, and transposing.

To leverage the computational power of parallel environments, the thesis explores the use of NVIDIA CUDA technology, OpenCL, and libraries such as cuSPARSE, clSPARSE, and sparseBLAS. It investigates the possibilities and benefits of using these frameworks for performing matrix operations, including LU decomposition, solving linear equation systems, and matrix factorizations.

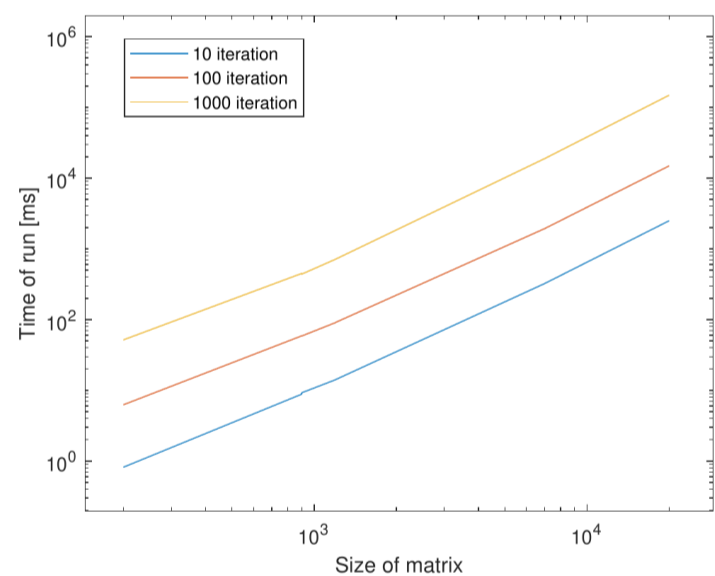
Furthermore, the thesis explores the capabilities and optimizations offered by specialized libraries such as BLAS, LAPACK, and sparseBLAS. It discusses their functionalities, including matrix multiplication, inversion, and solving linear systems, while highlighting their performance advantages and trade-offs. The thesis also examines specific hardware architectures, such as NVIDIA Jetson Nano and RTX 3060 12GB, from the perspective of sparse matrix calculations. It analyzes their computational capabilities, memory requirements, and their suitability for parallel sparse matrix computations.

The practical aspects of the thesis involve implementing and benchmarking parallel algorithms using CUDA, OpenCL, and specialized libraries. It includes code examples and performance evaluations of various matrix operations on different hardware architectures. The experimental results showcase the efficiency and scalability of the proposed algorithms and demonstrate the advantages of utilizing parallel computing for sparse matrix computations.

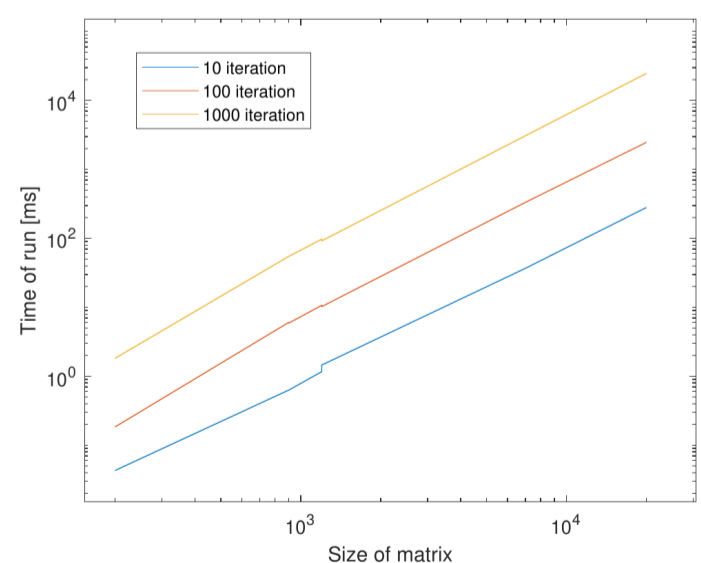
The findings of this thesis contribute to the body of knowledge in the field of parallel sparse matrix computations. The developed algorithms and techniques provide insights into efficient handling of large-scale sparse matrices, enabling faster and more accurate mathematical calculations. The experimental results demonstrate the potential of parallel computing frameworks and specialized libraries for enhancing the performance of sparse matrix operations.



1. ábra. Visual representation of a sparse matrix



2. ábra. SOR algorithm results with OpenCL solver



3. ábra. SOR algorithm results with CUDA solver