

# Developing a mesh network in a wooded area



A Final year project Submitted Towards Consideration  
for a Bachelor of Engineering

**Author**

Liam Hogan

**Supervisor**

Philip Creevy

South East Technological University  
Department Of Engineering Technology  
School of Engineering  
Ireland.

January 31, 2024

# Contents

List of Figures	3
List of Tables	4
1 Introduction	1
2 Literature Review	2
3 Methodology	3
4 Results	4
5 Discussion	5
6 Conclusion & Future Work	6
Bibliography	6
Bibliography	7
A Appendix A	8
B Python Scripts	9
C Bash scripts	10

# List of Figures

# List of Tables

# Listings

# Glossary

<b>APD</b>	Avalanche PhotoDiode	<b>MC</b>	Multiple-Carrier
<b>API</b>	Application Programming Interface	<b>MIMO</b>	Multiple Input Multiple Output
<b>ASK</b>	Amplitude Shift Keying	<b>MLSE</b>	Maximum Likelihood Sequence Estimation
<b>AWG</b>	Agile Waveform Generator	<b>MMF</b>	Multi Mode Fiber
<b>B2B</b>	Back-2-Back	<b>MSK</b>	Minimum Shift Keying
<b>BBP</b>	Baseband Processor	<b>MSO</b>	Mixed Signal Oscilloscope
<b>BER</b>	Bit Error Ratio	<b>MZI</b>	Mach-Zehnder Interferometer
<b>BL</b>	Bandwidth-Length	<b>MZM</b>	Mach-Zehnder Modulator
<b>BLAST</b>	Bell Labs <u>L</u> ayered <u>S</u> pace <u>T</u> ime	<b>NGPON</b>	Next Generation Passive Optical Network
<b>BT</b>	Time Bandwidth Product	<b>NLSE</b>	Non-Linear Schrödinger Equation
<b>CD</b>	Chromatic Dispersion	<b>NRZ</b>	Non-Return to Zero
<b>CDMA</b>	Code Division Multiple Access	<b>ODN</b>	Optical Distribution Network
<b>CPM</b>	Continuous Phase Modulation	<b>OS</b>	operating system (OS)
<b>CSI</b>	Channel State Information	<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>D</b>	Dispersion Coefficient	<b>OOK</b>	On Off Keying
<b>DD</b>	Direct Detection	<b>OSA</b>	Optical Spectrum Analyzer
<b>DECT</b>	Digital Enhanced Cordless Telecommunications	<b>OSNR</b>	Optical Signal to Noise Ratio
<b>DPO</b>	Digital Phosphorous Oscilloscope	<b>PAPR</b>	Peak to Average Power Ratio
<b>DPM</b>	Digital Phase Modulation	<b>PD</b>	Photo Diode
<b>DSP</b>	Digital Signal Processing	<b>P-i-N</b>	P-doped Intrinsic N-doped Photodiode
<b>EDFA</b>	Eridium Doped Fiber Amplifier	<b>PON</b>	Passive Optical Network
<b>FBMC</b>	Filter Bank Multi-Carrier	<b>PRS</b>	Partial Response Signalling
<b>FDM</b>	Frequency Division Multiplex	<b>QMDD</b>	Quadrature Modulation Direct Dectection
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiple Access	<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>FEA</b>	Finite Element Analysis	<b>RIN</b>	Relative Intensity Noise
<b>FEC</b>	Forward Error Correction	<b>SCPI</b>	Standard Commands for Programmable Instruments
<b>FFT</b>	Fast Fourier Transform	<b>SISO</b>	Single Input Single Output
<b>FIR</b>	Finite Impulse Response	<b>SMF</b>	Single Mode Fiber
<b>FRS</b>	Full Response Signalling	<b>SNR</b>	Signal to Noise Ratio
<b>FTTx</b>	Fiber To The x	<b>SOA</b>	Semiconductor Optical Amplifier
<b>GASK</b>	Gaussian Amplitude Shift Keying	<b>SPM</b>	Self Phase Modulation
<b>GFDM</b>	Generalised Frequency Division Multiplexing	<b>SS</b>	Spread Spectrum
<b>GIPO</b>	General Purpose Input/Output	<b>SSFM</b>	Split-Step Fourier Method
<b>GLPF</b>	Gaussian Low-Pass Filter	<b>SSSFM</b>	Symmetricised Split Step Fourier Method
<b>GMSK</b>	Gaussian Minimum Shift Keying	<b>TCM</b>	Trellis Coded Modulation
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications	<b>TDM</b>	Time Division Multiplex
<b>GVD</b>	Group Velocity Dispersion	<b>TDMA</b>	Time Division Multiple Access
<b>IFFT</b>	Inverse Fast Fourier Transform	<b>TFM</b>	Tamed Frequency Modulation
<b>IIR</b>	Infinite Impulse Response	<b>TIA</b>	TransImpedance Amplifier
<b>IMDD</b>	Intensity Modulation Direct Detection	<b>UFMC</b>	Universal Filtered Multiple Carrier
<b>ISI</b>	InterSymbol Interference	<b>USB</b>	Universal Serial Bus
<b>IVI</b>	Interchangeable Virtual Intruments	<b>VISA</b>	Virtual Instrument Software Architecture
<b>LAN</b>	Local Area Network	<b>WDM</b>	Wave Division Multiplex
<b>LD</b>	Dispersion Length		
<b>LD</b>	Laser Diode		
<b>LUT</b>	Look-Up Table		

## Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

# Chapter 1

## Introduction

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.



## Chapter 2

# Literature Review

## Chapter 3

# Methodology

## Chapter 4

# Results

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

## Chapter 5

# Discussion

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

## Chapter 6

# Conclusion & Future Work

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

# Bibliography

Appendix A

Appendix A

## Appendix B

# Python Scripts



## Appendix C

### Bash scripts