已完成的工作

总的来说，目前已有的工作内容主要针对于实验，论文内容还没有着手撰写。笔者已经完成对弹性光网络研究背景的调研，了解了光纤传输网络的发展历程。除此之外，还调研了常见光纤网络的攻击和防御手段，以及弹性网络中多条不相关路径的发展史。

随后又深入了解了EON的特征，基于课题内容研究了几下重点问题：路由选择和频谱资源分配，包括几种路由选择方式，以及目前常用的频谱分配算法。完善了多条不相关光路的定义：1）不同链路之间的传播路径和路径所经过的节点不重叠，即节点不相交；2）业务的不同链路所占用的频谱资源位置要不重叠；3）业务的不同链路因该采取不同的调制格式。需要说明的是本课题所研究的不相关光路基于弹性光网络系统。

然后研究了EON中的RSA（Routing and Spectrum Allocation，路由和频谱分配）问题。提出了基于链路的MILP（Mixed Integer Linear Programming，混合整数线性规划）公式，以确定每个业务的路由，调制格式和频谱分配，并考虑了QoT（Quality of Transmission，传输质量）。目标是尽量减少网络中所需的频谱槽数量，以满足所有业务需求。最后，通过示例对MILP模型进行了评估和比较，并对数值结果进行分析。已做的MILP实验证明了越少条数的不相关光路，其失败次数越低，但是由于考虑多重不相关光路进行安全传输，所以过少的不相关光路条数是不能很好地保证传输的安全性，故在阻塞率和安全传输的综合考虑下，选取不相关光路的时候应该折中采取，实验时所选的就是折中的三条不相关光路。

所写的约束条件有：单路径路由约束、无环路约束、链接不相交约束、流量守恒约束、起始频率排序约束、一个路径只能用一种调制格式、只能在使用路径后分配频率槽(FS, Frequency Slot)、最大FS索引约束（不能超过链路的最大FS索引）、频谱连续性和非重叠频谱分配约束、公共链路上FS索引先后约束、起始频率排序约束、分配给请求的不相交路径的FS索引不能重叠约束、考虑距离的调制格式约束、传输范围约束、链接不相交路径约束、节点不相交路径约束。如图所示，为了降低求解多目标问题的计算复杂性，模拟实验使用了一个简单的6点拓扑。这里规定，每条链路都是双向的，也就是说，它包含两条相反方向的光纤。实验假定每个光纤链路包含100个FSs。



|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **调制格式的容量和传输距离参数** | | |
| 调制格式 | 子载波的传输速率  (Gbit·s-1) | 传输距离  (km) |
| BPSK | 12.5 | 7200 |
| QPSK | 25 | 3600 |
| 8QAM | 37.5 | 1800 |
| 16QAM | 50 | 900 |



最终，多目标最优的解决方案为9，108。根据CPLEX软件的最终结果，在这样一个简单的网络中，我们可以为这三个业务找到总共9条节点不相交的路径，在这种情况下，最少的频谱消耗为108个FSs。

第四章主要是针对动态业务的频谱分配问题进行了研究，并提出了启发式的动态频谱分配算法。

本章的动态业务比较特别，除了基本的源节点、目的节点、带宽和持续时间之外，还定义了此业务在其中一条光路上传输的最长时间，暂且命名为忍受时间。也就是说，业务在某条链路组传输时，最多在此条路径传输此段时间，事件过后，必须再切换到另外一条不相关路径上继续传输。这么做能够很大程度上提升光网络的安全性。首先会介绍所提的频谱分配算法用到的网络基本假设、术语定义以及数学模型，其次对此算法进行详细介绍，包括流程图和算法举例。最后，对算法的功能进行了实现，并通过与其他算法的对比，得出结论。目前的工作任务是致力于此部分的算法设计。

创新点

通常所采用的安全传输手段基本都是从光物理层进行的，本课题将多重不相关路径应用到光纤网络的安全传输中，在控制层实现信息的安全传输。本课题所采用的多重不相关路径的定义，即这几条不相关路径是指什么不相关，具体有几种不相关。还开发了线性规划模型，解决弹性光网络的路由、调制格式和频谱分配问题，重点是在考虑最大光传输距离的情况下为每个请求确定适当的调制格式。本课题还要建立一个求解动态业务的RMLSA（Routing, Modulation Level and Spectrum Allocation，路由、调制格式和频谱分配）问题的启发式算法。动态的RMLSA问题在业务到达网络时，根据给定的需求选择多条路由，并在这些路由上分配频谱。