**会议纪要**

**会议主题：基于Sionna RT的计算电磁射线追踪与RadioMap生成方法研究**

**会议时间：**2025年4月14日 19:00至20：30

**会议地点：** 西安电子科技大学北校区会议中心303-1会议室

**线下人员：** 承楠 孙瑞锦 王葳 王秀程 马龙飞 周新阳 权赟昊 胡陆莹 齐阁 邓川 孙兴栋 方忠盛 贾宏刚 解思舀 郑雯馨 祝馨平 贾昊燏 张智杰 邱子仪 刘永红 万佳林 朱煜朋 韩松明 刘苏 郑佩林 孙路路 王天宇 于凡迪 尉家豪 杨双宇 傅连浩 郭译凡 侯毓真 李青壮 许嘉洁 闵昕阳 冉艺泉 张玉洁

**线上人员：**陈梦豪 陈哲 李成成 尚佳瑶 杨杰 张岳 赵璇

**记 录 人：**孙路路

**会议内容：**郑佩林介绍了一种基于Sionna RT的计算电磁射线追踪与RadioMap生成方法的研究。

* **承楠：**这个大家都认真听一下，这个跟我们后面要做的是息息相关的，而且里面有比较多的数学，要记录一下，今天趁这个机会，让郑佩林讲一下。
* **承楠：**第三个就是我们现在用的技术，基本上用的就是这个思路吗？怎么理解？
* **郑佩林：**基本都是，这个主要就是说，你从观察者视角射出一个射线，打到屏幕上，然后这个屏幕上的衍射的计算是由其他方向射过来的光的积分得到的。
* **承楠：**这个基本原理是啥。
* **郑佩林：**这个涉及到辐射度量学和反射微分函数的知识。
* **承楠：**你这个报告要把微分讲解一下，要把基本原理的内容讲解一下。
* **郑佩林：**主要是电磁学那一块的，图形学那块的少一点。
* **承楠：**你简单介绍一下，用我们能听懂的话描述一下。
* **郑佩林：**比如说，这是一块平面，假设有一束光打到平面上，观察者想知道打到平面上的像素的颜色，它其实是由反射光决定的，反射光是由打到这个平面上的其他方向的无数的入射光决定的，这无数个入射光与入射角度有关，对于某个方向打过来的光，想知道它的分量是多少，这个时候用图形学上的erdf来数学建模，后面经过相乘得到强度分量，再经过半球面上积分得到总光强。
* **承楠：**也就是积分得到是吧。
* **郑佩林：**一般是蒙特卡洛积分积分，基于蒙特卡洛采样，在半球面上做采样。
* **承楠：**他这个光和电磁波做Ray Trace的区别是啥？
* **郑佩林：**光频率高，波长小，它的Ray Trace基本不考虑相位，只考虑能量，在电磁学中，通信中的电磁波尺度一般是毫米，对于障碍物的尺度就无法忽略，相位无法忽略。
* **承楠：**图像理论为什么计算复杂度高？
* **郑佩林：**因为不仅考虑打直线，在3d场景中，情况非常复杂。
* **承楠：**这是个三维图像问题吗，能遍历到所有路径吗？
* **郑佩林：**对，是三维图像问题，只要算的话，可以无穷无尽的到达，
* **承楠：**路径是有限的吗？
* **郑佩林：**一般设置一个阈值，算到一定程度满足要求就停下来，不可能一直算下去，电磁射线经过墙壁的反弹后能量衰减非常多，经过几次衰减后信号能量基本忽略不计。
* **承楠：**这两个怎么结合呢？
* **郑佩林：**先随机的引路径，后面利用图像的方法找到它的路径。
* **承楠：**这两张图和em的关系是啥？
* **郑佩林：**因为一开始是几何光学射出射线，然后找到路径，有了路径长度可以计算它的相位，跟墙壁的交互和墙壁的材料计算与墙壁之间的作用。
* **承楠：**折射，反射，衍射，透射这些都有是吗？
* **郑佩林：**对。
* **承楠：**什么叫极化？
* **郑佩林：**比如说电磁波在穿过物体的时候，电场一定会影响介质的电荷分布。
* **王秀程：**这个和ftdt的计算量是不是相当的。
* **郑佩林：**我觉得还是会少一点，因为Ftdt一般能算的范围是在十几个波长之内。
* **承楠：**听下来这个像一个工程上的对光锥的一种实现，在精度和速度上找折中，不是原理的，是实现上的。
* **承楠：**Mitsuba是啥？
* **郑佩林：**这个是光线追踪的一个系统，图形学上很多人用它，可以用点云渲染出来，可以用来跑光锥算法。
* **承楠：**你这里整体的流程没有神经网络呀。
* **郑佩林：**有一个很简单的实现，你对智能反射面，反射面里面的参数可变，从发射器打到接受面，再到反射器，学习表面材质的参数和方向，后面可以算出所有值的梯度，再进行反向传播更新参数，从发出射线开始，不管怎么交互得到的值，都是可以微分的，可以计算梯度的。
* **承楠：**为什么要讲时谐波呢？
* **郑佩林：**变化随着时间同步变化，比如两个波相位变化多少，整个场随着时间变化是相同的，后面也会用到。
* **承楠：**这些方向加起来的和是总功率是吧，一共有这么多功率，在各个方向上增益不同，所以将功率分到了不同的方向上，是这样吗？
* **郑佩林：**可以这么理解。
* **王秀程：**比如说手机的极化方向是确定的，我水平放手机和垂直放手机，天线实际的物体极化方向会发生改变，那这样手机信号接收就会有很大差异。
* **郑佩林：**现在大部分手机天线是圆极化，对各个方向接受过来的能量是没有差别。
* **承楠：**我们需要接受天线吗，我们不是做Ray Tracing吗，不是到了就结束了嘛。
* **郑佩林：**有一些软件需要接收天线。
* **承楠：**为啥是发射天线的输入电压，不是输出电压。
* **郑佩林：**因为有一个发射效率。
* **承楠：**发射天线是天线自己的性能，你要算的是信道的，为什么要把天线加入进去 。
* **郑佩林：**因为一些软件是通过天线发出电磁波的，要是不考虑天线这一部分的话，当成默认值，可能无法获得想要的结果。
* **承楠：**也就是说没有接受端的东西，没有接收端的天线，但有发射端的天线。
* **郑佩林：**对，发射端是有的，或者可以理解为不考虑天线，只有一个圆，定义一个函数，函数表示在某个方向上采样的值是多少。
* **王秀程：**不考虑发射天线有点奇怪，感觉什么都不是，变成了空间的物理特性。
* **郑佩林：**对于电磁波的毫米级，墙面当成一个个点，打到后再反射回来，可以再当成子波源，有时候可以当成点，有时候就没了，可以当成Ray Tracing的射线。
* **承楠：**上面好多天线是算单发射器还是多发射器？
* **郑佩林：**多发射器，这个是一个相控阵，是相干的，要考虑相位的叠加。
* **承楠：**什么是相干？
* **郑佩林：**就是波峰对波谷，两个信号就没了，就是想干抵消。要考虑矢量特性。
* **承楠：**非相干信号为什么可以直接叠加？
* **王秀程：**现在做出来的效果是直接加的，非相关信号的强度波峰和波谷是错开的，空间任意的相关的概率很低，不相干就可以直接相加。
* **郑佩林：**从另一个角度理解，如果只考虑电磁场的大尺度效应，不考虑衰弱，可以直接加，能量可以理解为时间上的平均。
* **孙瑞锦：**相控阵画出来就是相干的吗？
* **王秀程：**上面的相控阵出来一定是想干的。
* **郑佩林：**相干看自己的理解，考虑的问题是什么，在计算和理论建模中，认为是不是想干的。
* **孙瑞锦：**有一些做信道建模的论文，涉及到Ray Tracing和簇，怎么理解。
* **郑佩林：**簇的能量要求和，考虑在一小块面积上，表面上可能不太一样，比如散射之类的东西，考虑在面上倾向的方向不一样。
* **孙瑞锦：**在三个软件内部做信道建模的时候都没有提到簇的概念。
* **郑佩林：**与软件内部的实现有关，给的只是大概的实现算法，不会给具体细节。

会议总结：

1、 会议主要讨论了Sionna RT在电磁射线追踪中的应用，重点阐述了其几何光学近似、多径效应建模，详细讲解如何在Sionna RT中构建复杂三维场景。  
2、 会议期间，参会人员围绕射线追踪的相干，极化内容及神经网络梯度更新等展开了深入的技术交流与讨论。