# 技术文档（草稿）

## 信道、链路

主要采用的参考星座为北斗（GEO，后续可能参考美国的GPS同步卫星），starlink（LEO），telesat（LEO），oneWeb（LEO）[1][2]。不同的星座模型预设值不一样，用户也可以根据自己是实际情况和测试情况设定合适的值。

#### 发射天线的输出功率、增益

发射天线的功率目前采用各向同性的全辐射天线，辐射值为一个定值，增益也为一个定值。

#### 接收天线的增益、灵敏度

接收天线的增益设定为一个定值。所有模型的天线灵敏度目前为一个值，-160dB，可以上浮至-90dB。

#### 物理信道的自由空间衰减、雨衰减（主要的大气衰减，其余不考虑）

自由空间衰减采用弗里斯传输公式，其占总衰减的80%以上。

注：F为传输频率，单位MHz。D为传输距离，单位km。

传输频率可以根据实际情况设置，也可以根据已有的星座模型进行预设。传输距离同理，且同步轨道卫星的距离基本固定在一个值，约为36000km。

雨衰减为主要的大气衰减，根据不同的降雨强度和频率有较大的差异。由高度（雨层高度和卫星高度）和天线辐射倾角引起的影响不考虑。降雨强度取一个平均值。卫星通信一般选择C波段（4-8GHz）、ku波段（12-18GHz）和ka波段（27-40GHz）[3]。雨衰值具体多少一般是由外部输入决定，仿真平台只提供一些模板雨衰。用户根据自己实际想测试的环境在本平台外用适合的模型计算得到雨衰值。

具体的雨衰计算过于复杂，建议简化计算一个大概的值即可。目前的雨衰只能设置一个固定的值，不能动态变化，后续考虑实现。

#### 频段和波束

GEO卫星一般选择ku/ka波段，但两者有所不同。本文档只列举不同点，底层的频道波束划分和复用仿真平台并不涉及，对上层的网络传输测试影响不大。

1. 频率资源不同，ku可用带宽没有ka多。
2. 天线增益不同，决定了ka可以用更小的口径。
3. 抗雨衰能力不同，频率越高抗雨衰能力越差。
4. 卫星设计不同，国际上流行的ka卫星都用点波束设计，在同一卫星下需要波束切换。ku一般都是大波束，同一卫星下不用切换。
5. 点波束可以波束复用，带宽使用率增加，所以ka单位带宽成本降低。
6. 卫星公司的运营方式不同，ku往往是租MHz，用户自建平台。ka是租Mbps，用户只买终端入网。

#### 延迟模型

主要设计的是信道的传播延迟，传输环境为大气层和近真空，基本可以忽略光路折射弯曲和光速减小的问题，直接采用两点距离除以光速的公式。

总的RTT由仿真系统内部其余模块模拟时间+两倍的delay得出。

## 运动

为了统筹以下三种节点的运动模型，初步忽略地球的自转。

#### GEO卫星采用常位置运动模型

GEO卫星对地静止，轨道唯一，外部只需要输入其对地点的经度即可。GeoLon类为存储卫星位置的类。输入端口可以输入一个GeoLeo类数据，或者输入卫星个数，或者按照程序要求输入一个存储一系列卫星经度的文件，然后使用GeoNodeHelper类的Install方法进行节点安装。

#### LEO卫星采用圆周运动模型

LEO卫星对地运动速度极快，基本可以忽略地球自转的影响，采用其原本的在轨圆周运动模型。LeoOrbit类存储LEO卫星及其轨道的信息，包含轨道高度，轨道倾角，轨道面数，单轨道面含有卫星数四个参数。用LeoOrbitNodeHelper类的Install方法进行安装节点。为了节省仿真时间，卫星的位置更新并不是实时的，只在需要用到卫星位置的时候才会用仿真时间对卫星的位置进行更新，在LeoCircularOrbitMobility类实现。同时在该类中，可以使用相关的方法手动调整卫星的位置。

#### 地面网关和节点采用常位置运动模型

地面节点的运动模型与GEO卫星基本一致，区别有采用的半径不一样同时需要输入纬度信息。外部需要输入网关的经纬度信息。LeoLatLon类存储了地面节点的经纬度信息。输入端口可以输入源节点目的节点的LeoLatLon类数据，或者地面网关的数量（一个纬度圆上节点数量\*一个经度圆上节点数量），或者从文件按要求格式输入一系列地面节点的经纬度信息，然后使用LeoGndNodeHelper类的Install方法进行节点安装。

## 参考文献

1. Inigo del Portillo, Bruce G. Cameron, Edward F. Crawley, "A technical comparison of three low earth orbit satellite constellation systems to provide global broadband", Acta Astronautica, Volume 159, 2019, Pages 123-135, ISSN 0094-5765
2. Meng Wang, Tao Shan, Lei Liu, Hao Huan, Ran Tao, "On-orbit BDS signals and transmit antenna gain analysis for a geostationary satellite", Advances in Space Research, Volume 69, Issue 7, 2022, Pages 2711-2723, ISSN 0273-1177
3. "IEEE Standard Letter Designations for Radar-Frequency Bands," in IEEE Std 521-2019 (Revision of IEEE Std 521-2002) , vol., no., pp.1-15, 14 Feb. 2020, doi: 10.1109/IEEESTD.2020.8999849.