B5GPC预测2030年网络流量需求将在现有基础上增加5-10倍，且网络中流量有一大部分比重是asynchronously但repeatedly的。边缘缓存技术可以减轻核心网的压力，而且结合卫星网络广覆盖的特点可以进一步提高缓存效率。但是，卫星设备本身能力有限，而不同地区对内容具有不同喜好，反复的传输会导致大量的资源浪费，而卫星本身又不具备充足的存储容量。如何根据差异化的地面内容喜好，来动态调整内容缓存的placement，使得卫星网络能耗降低的同时最大化满足用户对内容的需求将是本研究需要解决的关键问题。

卫星-卫星：卫星传输能耗

卫星缓存文件：存储能耗

1. **System Model：**

考虑低轨卫星网络下的内容缓存和缓存内容的分发。我们考虑了一个由多个LEO卫星、B个基站、I个移动用户组成的可缓存星地一体化网络。卫星为Polar星座，m个轨道，每个轨道上有n颗卫星，共有s颗卫星。我们认为每颗卫星与其他卫星的覆盖不重叠，所有的BSs和卫星都有有限的高速缓存存储容量。其中卫星在不连接光纤的地区为地面BSs提供回程传输，而地面用户接入BSs进行通信服务。每个卫星都可以在其覆盖范围内为大量的BSs和用户提供边缘缓存服务。

系统包含I用户和S卫星，可以表示为集合 = {1,2，…、i}和 = {1,2，…，s}。集群表示为K = {1,2，…，k}，表示文件n缓存在卫星s上，的取值为，其中表示文件n缓存在卫星s上，表示文件n没有缓存到卫星s上。卫星网络用G={S,E}表示，S表示所有卫星节点集合，E表示边的集合，。对于每条边，表示卫星s和s’通过ISL连接，而表示卫星s和s’之间没有连接。本文将表示为N个文件的集合。

每颗卫星与四颗周围卫星建立ISLs：两个平面内ISLs位于同一轨道上的相邻卫星之间，两个平面间ISLs位于两个相邻轨道上的相邻卫星之间。模型基于准静态场景，即卫星的网络拓扑结构和文件缓存服务期间的相关用户保持不变。

相同区域的缓存内容具有相似性。如果几个用户对一个相同的内容具有请求需求，那么这些内容将缓存到距离这几个用户都相对较近的卫星上，释放卫星缓存内容的空间。

1. Request Model

请求模型服从Zipf分布，内容请求节点在地表呈均匀分布。区域内分布相同。人们发现，对于真实网络中的视频内容的内容的受欢迎程度服从Zipf分布。用户请求文件的概率可以被定义为：

Zipf区域类型同这里的RS，即k为区域编号。是区域k的文件流行分布系数。是区域k中文件的流行程度。举个例子，当= 1时代表文件是区域k中最受欢迎的文件。在每个集群中请求文件的概率之和为1。

1. Energy Model

能量消耗的部分暂不考虑用户传输文件到基站的能量消耗和基站传输文件到Leo的能量消耗，只考虑leo卫星缓存文件消耗的能量和文件通过卫星ISL传输消耗的能量。在该模型中，功耗由内容缓存和内容传输组成。特别是，回程内容传输的消耗则不考率是因为影响较小。leo卫星缓存文件消耗的能量表示为：

这里每个文件的大小用bits表示。是每个卫星缓存每比特文件的功率，以瓦特为单位计算。

因此，由于缓存卫星的差异，问题公式将分为两种形式。当接入卫星的缓存容量足够时，文件在接入卫星上缓存，没有ISL传输，我们不考虑用户传输文件到基站的时延和基站传输文件到leo卫星的时延以及卫星缓存文件的时延。当接入卫星的缓存容量不足时，需要在非接入卫星上缓存文件，传输链路包括多跳ISL，这种情况下，缓存文件到卫星网络的延迟为传播时延和传输时延的和，可以表示为：

其中，h表示卫星间跳数，表示卫星之间的距离，c表示光速，值为 km/s。

缓存内容分发的能耗为通过ISLs传输文件产生的通信能耗，因此文件在接入卫星上缓存时不考虑此能耗，当在非接入卫星上缓存文件时，卫星ISL传输消耗的能量表示为：

这里为卫星之间的传输功率，是卫星s传送文件n到卫星s’的传输速率。

文件缓存消耗的总能量消耗为。

能量消耗主要有两部分，都与数据量大小有关：一是缓存资源消耗，二是传输资源消耗,其中是卫星n传往m的数据包大小，和分别是能量消耗系数。

1. **问题建模：**



优化变量：cache deployment，transmission rate

C2:

C3：

C4：

C5：

C6：

C6：用户需求需要被满足，暂不考虑

约束：传输带宽，缓存容量、能量（传输、缓存）、负载均衡暂不考虑

1. **预期仿真图：**

E：energy consumption

M：平均文件大小

α：Zipf系数

β：缓存能量消耗系数

*γ：内容更新速率*

1. E, α-E, β-E，γ-E