

网络中核心外围结构的出现

摘要翻译

许多重要的传输网络，例如世界上的航空公司和贸易网络，呈现出特征性的核心 - 外围结构，其中一些节点高度互连，并且网络的其余部分陷入树中。然而，核心外围出现的机制仍然是难以捉摸的。在这里，我们证明了一个简单的修剪过程，基于去除未充分利用的链接和负载的重新分配，可以导致核心外围的出现。如果链路承载足够大的负载或对全球连接至关重要，则认为链路是有益的。这种激励的再分配过程由单个参数控制，该参数平衡连接和利润。所获得的网络具有高弹性和连接的核心，具有磨损的外围。平衡网络显示出比世界航空网络或世界贸易网络更高的弹性，揭示了通过修剪实现强大结构特征的途径。

模型

全连接无向网络，并用邻接矩阵 $A_{ij}(N, V)$ 表示。文中用了1000个节点的网络来做试验。由于我们感兴趣的是交通网络，对于每一个link，我们用load l_{ij} ，cost c_{ij} ，长度 d_{ij} 来刻画。长度由高斯分布决定（??? 小于0的怎么办？）所有结点散布在地球大小的球面上： $u_{ij} = b_{ij} - c_{ij}$ 。两个量分别是benefit和cost。我们令 $b_{ij} = l_{ij}$ ，并假设 $c_{ij} = (1 + \delta_{ij})c$ 。

一旦链接被修剪，其负载将通过下一个最佳（最短路径）替代方案重新分配，这可能使这些替代链接比以前更有利。在多个路径具有相同长度的情况下，随机选择一个路径。负载重新分配过程可以分两步解释。首先，当删除链接时，负载被路由通过节点之间可用的下一个最短路径。其次，下一个可用路径上的每个链路都必须吸收从源到接收器的进入负载。选择最短路径作为下一个可用路径的原因是因为通常在传输网络中，旅行时间的长度和在大多数乘客驱动的网络中的便利性对于消费者和服务提供者来说都是最重要的。然而，对两个其他备选方案（随机路径和第二个最短路径）的鲁棒性分析表明，在关键窗口中观察到CP特征，并且不同方案中网络的鲁棒性保持不变。修剪过程最终产生仅包含基本链接的网络。

为了分配流量，我们引入一个量：popularity p_i 。开始时，它在 $[1/3, 1]$ 之间随机取值。也可以从无标度分布取值： $P(p) \sim k^{-\gamma}$ 。依次地，将最初始的流量定义为两个结点之间popularity的积 $l_{ij} = p_i p_j$ 。（作者做过一些实验，发现流量函数怎么取，区别不是很大）

几个量的定义是很有意思的：

- 相对核心性 $\tau = \frac{t}{T}$, $T = \frac{(N-1)(N-2)}{2}$.
- 结构指标 $\lambda = (\tau_{\max} - \tau_{\min}) \frac{S_{\tau_{\min}}}{S_{\tau_{\max}}}$ 如果一个网络真的有CP结构，有很多低coreness的结点，也有几个高coreness的结点。

网络分类

连通性驱动型、核心周边型、效用驱动型。

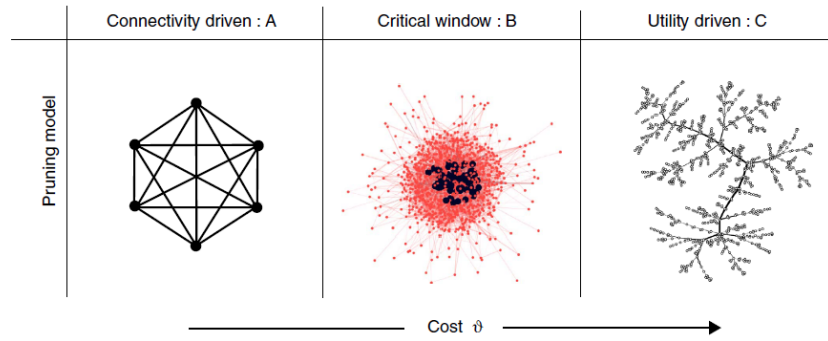


Figure 1 | Schematic representation of the network classes obtained by our algorithm. For vanishing cost, the network is fully connected (network A of six nodes—shown for simplicity) resembling the initial network. For significantly high cost, the network is tree-like, exhibiting no loops (network C of 10^3 nodes). In between, the proposed pruning process generates a network (network B of 10^3 nodes) with a core-periphery structure. The network in regime B was obtained for cost, $\vartheta = 0.92$, corresponding to a peak in the core-periphery measure (details in the text). For the central network, the layout was generated by applying the Fruchterman-Reingold algorithm²³. Colours show the difference in magnitude of coreness with black indicating the core and red, the periphery.