应用层组播

1. 选举簇首

文献[2]选举簇首及辅助簇首的方法，仅考虑了簇内节点间的距离，或者是仅考虑了节点的出度及传输时延，而没有考虑节点的移动性，应用层组播节点的移动性大，如果没有考虑组播节点的移动性，推举出的簇首可能是非常不稳定的节点。文献[3]推举簇首的方法则仅考虑了节点的移动性，没有考虑节点的出度和传输时延，这种情况下选举出的簇首的转发能力和传输效率可能会满足不了需求。本文选择簇首的方法，充分考虑了节点的移动性、数据转发能力和传输时延等因素，在节点移动的情况下，保证数据传输的可靠性和高效性。

* 1. 节点稳定度

首先说明两个参数：链路过期时间（LET）和节点稳定度。

参考文献[1]，根据链路中两个节点的位置、移动方向和移动速度，可以预测该链路的过期时间LET，其定义为：



其中：



（,）、（,）分别为节点的二维空间坐标; 、分别为节点的移动速度值; 、分别为节点的移动方向。

根据LET，定义节点的稳定度为该节点与其所有相邻结点组成的链路的LET之和，即：



其中为节点的相邻节点集合。

* 1. 节点优先值

节点的优先值，考虑的因素有节点的稳定度、节点的出度、节点的最大出席和节点的传输时延。其定义如下：



其中V为拓扑图的节点集合，是[0,1]之间的平衡系数，用于协调稳定度、节点度数和节点传输时延的权重。、分别为节点及其邻节点的出度之和、拓扑中所有节点的出度之和，为以节点为源结点，其余结点为目的结点的传输路径的传输时延之和，。即：



若两个节点间有多条传输路径，取传输路径时延的平均值。节点的稳定度越高，节点退出的概率就越小；节点的出度越小，最大节点度越大，则节点分配给每个链路的带宽越大，节点的转发能力就越强，那么组播树的转发效率也越高，且节点由于链路越多，负担过大，带宽不足而崩溃的几率也越小，则组播树的稳定性也会相应的提升。节点的传输时延越小，则组播树的传播效率也越高，工作性能越好。因此，节点稳定性越高、出度与最大度的比值越小、传输时延越低，节点的稳定性和转发能力就越高，传输时延就越小。可以看出，节点的优先值越低，节点的性能就越好。

* 1. 选举簇首的过程

1. 节点维护一个信息表info-list，存储节点的ip地址、稳定值、出度、最大出度和传输时延。
2. 各节点向相邻节点发送探测报文，探测报文中包含信息表info-list的信息。随机选择某一节点作为暂定簇首，并维护成员信息表in-member-list。当节点收到探测报文时，如果该节点不是暂定簇首，则转发该探测报文给其相邻节点；如果该节点是暂定簇首，则将探测报文中该节点的成员信息表in-member-list中没有的信息添加进该表中。
3. 经过一段时间，暂定簇首的成员信息表in-member-list中包含了所有节点的信息，并计算出所有节点的优先值。将优先值最小的结点命为簇首，次小值命为备用簇首。并向簇内所有成员发送选举出的簇首和备用簇首的信息。成员接收信息后，将簇首和备用簇首的信息记录在信息表中。
   1. 若暂定簇首不是选举出的簇首和备用簇首，则将成员信息表in-member-list发送给簇首和备用簇首。成员信息表被接收并保存后，暂定簇首将成员信息表删除。
   2. 若暂定簇首是选举出的簇首，则暂定簇首只需记录备用簇首信息，并将成员信息表in-member-list发送给备用簇首。
   3. 若暂定簇首是选举出的备用簇首，则暂定簇首只需记录簇首的信息，并将成员信息表in-member-list发送给簇首。
4. 簇内传输路径构建

为方便描述，我们先定义几个术语．覆盖网构成连通图，其中， 是待加入组播的节点集合， 为组播源；待求树；算法过程是由图生成树，即将 中节点及相关边纳入到的过程．

称树生成过程中已纳入 的节点集合为树节点，未纳入的节点集合为树

余节点；称两顶点分别在和 中的边为备选边（AE）。称在 中顶点具有可用度（出度未达到最大度约束）的备选边为度可用备选边（DAE）。

链路的传输效率主要与节点的转发能力和传输时延有关，为此，引入链路贡献度的概念。节点的最大出度和数据传输到该节点延时的比值为该节点的链路贡献度，其计算公式为：



其中为簇首到节点的传输路径，若有多条到达节点的传输路径，取传输路径时延的平均值。基于节点的链路贡献度和稳定度，提出以下构建以簇首为源的传输路径的算法，首先将簇首s添加到中：

1. 根据生成度可用备选边集合，并计算中节点相应的度可用备选边的链路贡献度。
2. 根据中节点的链路贡献度，从大到小选择k个节点添加到待加入集合K中。
3. 选择K中稳定度最大的节点，把节点及相应边加入到待求树T中，节点j的可用度减1。
4. 更新集合，；清空集合K

重复以上步骤，直到。

其中，k称为调节因子，可根据应用情景的特性确定。当k较大时，侧重于选择稳定性较高的节点；当k较小时，侧重于选择链路贡献度较大的节点。

1. 簇间组播树构建

所有推举出的簇首构建组播树，组成组播传输结构的第二层，簇间成员的通信依靠簇首来完成。首先，所有簇首构建无线mesh网络，根据簇首的数量N判断第二层是否需要分簇及推举簇首：

1. N <= 3k – 1, 则将第一层簇首组成一个簇，不需推举簇首。这种情况下，认为簇内的每个成员都是平等的，因此随机选择某一结点为组播源结点。构建簇内传输路径的方法，与第一层中的过程相同。
2. 若N > 3k – 1，则将第一层簇首分成多个簇，各个簇需推举簇首，以组成传输结构的第三层。各个簇的数量n的大小维持在范围k~3k-1。簇内推举簇首及构建簇内传输路径的方法与第一层的相同。

其中k可以根据应用场景动态调整。如果需要构建第三层及以上的传输结构，则采用以上相同的方式构建，直至顶层节点的数量不大于3K-1。

1. 组播树的动态维护
   1. 节点的加入
   2. 节点的退出
   3. 簇的分裂与合并

参考文献

[1] W. Su, S.-J. Lee, M. Gerla, “Mobility prediction in wireless networks,” MILCOM 2000, Volume: 1, Pages:491-495, 22-25 Oct. 2000

[2] 杨玲.基于优先度的层次化应用层组播算法研究[D].华中科技大学,2007.

[3] Yao Yu, Qi Zhang, and Sidan Du,“Mobility-aware Multicast over Mobile Ad Hoc Networks,” in IEEE International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management, CCCM 2009.