[1]Wenzheng Xu, Weifa Liang, et al., Efficient Scheduling of Multiple Mobile Chargers for Wireless Sensor Networks, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Sep. 2016. JCR 1区，影响因子：4.06

作者所属学校：Australian National University

研究内容：在大规模无线传感器网络中部署多个移动充电车（MCV）采用无线能量传输技术（WET）为节点进行充电。为找到最小网络运营成本，本文首先为MCV定义了一个充电调度问题，即派遣多辆MCV协作完成充电任务，能够使监测区域内的车辆行驶距离（称之为服务成本）最小，同时没有一个节点会耗尽能量。针对这一NP-难问题，假定在给定监测区域内节点的能量消耗率不会改变，本文首先在一定近似率的前提下提出近似算法。基于提出的近似算法同时提出了一个启发式算法。

现有研究存在问题：现有充电调度算法忽略了节点的能量消耗率变化。

挑战：不同节点的能量消耗率是不同的，在一定监测时长T内不同节点的充电频率也是不一样的。因此，需要确定的问题有1）何时开始派遣MCV为节点充电；2）在每一轮充电周期中包含哪些节点；3）给定一系列待充电节点，哪些节点需要由哪些MCV充电；4）每个MCV的节点充电次序是什么。

[2] Qihua Wang, Fanzhi Kong, et al. Optimized Charging Scheduling with Single Mobile Charger for Wireless Rechargeable Sensor Networks，Symmetry，2017，9（285），**JCR 2区**，影响因子：1.457。

**作者所属学校**：南京邮电大学

**研究背景**：无线充电技术（WCT）能够缓解WRSN中节点能量受限问题。

**研究问题**：对于移动充电器（MC）制定动态优化调度机制以得到最大化单一MC的vacation time的比率。

**研究内容**：针对大规模WRSN，根据初始节点拓扑将其划分为子网络，综合分析节点的能量水平，工作状态以及不同节点的约束条件，通过求解优化问题，得到了各个子网络动态网络拓扑的最优充电路径，延长了部署的无线传感器网络的生命周期。

**现有研究仍存在问题**：

1. MC移动速度对WRSN生命期的影响；
2. 以往研究忽略了服务站位置对WRSN生命期的影响；
3. 如果网络中部分节点的剩余能量达到阈值，如何处理剩余传感器节点。

不同于当前单MC充电机制，本文的创新点在于：

1. 提出一种新方法以确定服务站的位置；
2. WRSN被分为几个子网络，在保证一定覆盖率的前提下，不是每个子网中的所有传感器节点都被选择为活动节点。当剩余能量达到一定的阈值之后，节点将停止工作并等待充电；

为延长网络寿命以及考虑网络服务质量，本文提出一种新颖的优化充电调度算法，可以最大化MC的vacation time。

[3] Pengzhan Zhou, Cong Wang and Yuanyuan Yang, “Leveraging Target k-Coverage in Wireless Rechargeable Sensor Networks” 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems.

**研究背景**：WRSN能量受限，利用WET以延长网络寿命。大多数的研究集中于延长网络寿命，但是不计移动充电器（MC）的运转。由于无线传感器部署成本较低，因此在一定网络区域内高密度部署会导致网络内的覆盖冗余，所以应当减少覆盖冗余以节约能量成本。

**研究内容**：作者放宽了节点持续运行的含义，暂时耗尽能量的节点仍然考虑以低功耗存在于MC的k-coverage范围中。在这一假设下，研究内容主要包含

1.建立理论分析模型。

2.利用分布式算法对传感器节点按照负载均衡的目标进行聚类划分。

3.提出充电算法𝜆-GTSP以决定每个聚类内的最佳充电节点个数仍然能保证k-coverage覆盖，随之规划MC的充电路径。

[4] Fu L, Cheng P, Gu Y, et al. Optimal charging in wireless rechargeable sensor networks[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2016, 65(1): 278-291. JCR 1区 IF: 4.06

**研究背景**：在无线传感器网络中，节点需要为自身充电到设定的能量阈值才能检测，计算和通信，因此，在部署可充电传感器网络时，充电时延问题成为一种不可忽略的设计挑战。

**研究内容**：为解决充电时延问题，可以通过设计能量源的最优化移动策略，让网络中所有节点充满能量时所耗的总时延最短。文中通过构建数学模型，提出了一种线性规划方法，同时为了进一步降低计算负责度，通过离散化充电功率来得到一种近似率为(1+Ө)/(1-ε)的启发式近似算法。

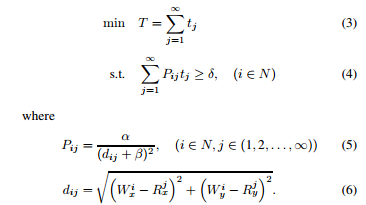
A.充电模型

在空间远距离传输的经典Friis’模型上稍作修改以适用于室内近距离传输

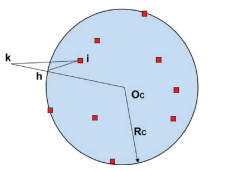
![C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\$ER)(_][%B0Q3Z](AQQ(2ZU.png](data:image/png;base64,)

B.问题构建和算法设计

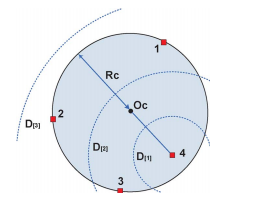
将充电时延定义为从充电过程开始，到最后一个需要充电的节点（或全部需要充电的节点）充电至能量阈值的时间。事实上，充电时延在数值上等于在所有需要充电的节点停留时间之和。我们需要做的是最小化充电时延，因此得到如下优化函数：



能量源的可停留区域可以从初始区域缩小为一个最小包围区域Smallest Enclosing Space(SES),该区域是包含N个节点的最小外接圆，这说明能量源必须停留在包含所有节点的最小外接圆区域上或内。



离散化最小包围区域，在缩小停留区域后仍然有无穷多个停留点，所以采用区域分割方法将SES圆分割成有限块子区域，并给每个区域赋值一个充电功率向量以减少计算复杂度

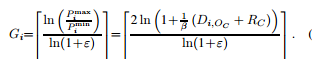


节点*i*和能量源可能的停留点之间的距离满足：C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\KHXYYWPYNETS%A6XF1GO$0Q.png则充电功率满足取值C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\YL`6T4ND%C}I}IWNMH4}(3Y.png

进一步对SES进行功率离散化，针对节点*i*画Gi个同心圆，满足任意两个同心圆之间的充电功率差异比值小于一个值1+ε。然后离散化每个同心圆线上的充电功率，得到第g圈上的充电功率离散化计算值为：C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\806_T6B)0~WEF]F3B3{7O81.png

将功率离散化之后需要将距离继续离散化，即将充电功率离散化序列带入充电模型中可以得到一系列离散化距离序列。同心圆Gi的数目取决于以节点*i*为圆心的能覆盖整个SES区域的最小同心圆大小，即为满足如下条件的最小正整数：

C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\[Y}L4KKIA}{R@CCV_`[OQ{T.png



通过对所有节点画同心圆可以将整个SES区域分割成有限数量的子区域，定义子区域总数量为S，离散后的SES区域内的圆弧数量最多是C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\X@_%0NF{G_O%@~HTH627@J7.png

因此，子区域的总数S应具有上限值：

C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\}Y8RL$@`{C}S{PO`I{Y{8}T.png

区域分割完成后，需要给每一个子区域赋值一个近似的充电功率，对于子区域Gs中的任意位置点q，可知该位置处对节点i的充电功率Pi[q]取值范围是

C:\Users\dell\AppData\Roaming\Tencent\Users\514914731\QQ\WinTemp\RichOle\QB%MS17Q7909PQV`(F7O%92.png

得到分割区域及每一块对应的充电功率后，相当于将能量源可能停留的位置点的数量近似缩减为这些有限数量的区域，大大缩减最优解的搜寻区域，将离散化后的充电向量加入优化目标中，用线性规划方法得到近似最优停留区域以及相应的停留时间。

**B.聚合相近区域**

有些情况下，最优解包含的停留点非常多，为此需要聚合停留点，本文采用基于经典K-means方法，将n个地理位置分成k个簇，使得每一个子簇内具有较高的相似度，就是使子簇内位置均方差总和最小。

**C.实验**

主要实验指标：充电时延与各参数改变情况的变化情况。