****

计算机科学与技术（创新实验班）

科研项目实践报告

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **项目名称：** | 具有无线充电，唤醒策略和差错控制编码的无线传感器网络的效用-寿命折中问题 | | |
| **班 级：** | 16计创 | **学 号：** | 161002408 |
| **姓 名：** | 何润喆 | | |
| **电 话：** | 15501215699 | | |
| **电子邮箱：** | ssfldsh@163.com | | |
| **指导教师：** | 李巨虎 | | |

**北京林业大学**

**一、研究背景和意义**

**（**阐明课题研究的背景，即根据什么、受什么启发而进行这项研究以及研究的理论和应用价值，还包括国内外研究现状和参考文献，参考文献需在文中引用，不限字数**）**

无线传感器网络（WSN）是能量受限的无线传感器节点的集合，这些节点随机分布在动态变化的环境中，并且能够以多跳的方式彼此无线通信。无线传感器网络的发展是受到军事应用的推动，例如在偏远丛林地区检测敌人。如今，此类网络通常用于检测和记录环境的物理状况，例如温度，声音，压力，污染水平，湿度等，收集的数据将通过网络传输到中心位置。随着物联网（IoT）的发展，广泛的智能和小型无线传感设备已用于诸如环境传感，医疗保健监视，工业监视等领域。

尽管无线传感器网络系统在这些领域具有巨大的潜力，但是在实现上述应用上仍然存在一些主要障碍。 WSN中使用的设备通常具有较低的处理速度，较小的存储单元和有限的通信带宽。而且，由于节点是电池供电的，因此有限的电池容量会限制传感器节点的寿命和效用[1]。

这时，想办法延长无线传感器网络的效用和寿命就显得至关重要。同时，效用和网络寿命是能量受限的WSN中两个基本但相互矛盾的设计目标，这意味着最大化一个将降低另一个，这就要求我们根据实际应用的需要在二者之间进行一个折中。

在以往的文献中，有许多关于以多种不同方式优化WSN网络寿命的论文。 Yang et al. [2]在采用时分多址（TDMA）调度的优化方案中，共同考虑链路调度，传输功率和传输速率，并通过迭代算法解决了优化问题。 Madan和Lall [3]通过分布式方式使用次梯度算法来最大限度地延长网络寿命。文献[4]使用Alternating Direction Method of Multipliers解决了寿命优化问题。 Ehsan et al. [5]为多信道接入WSN设计了能量和跨层感知路由方案，这些方案考虑了无线充电，MAC争用和网络约束，旨在最大程度地延长网络寿命。但是，所有这些工作都没有考虑由于流量速率的减少而导致传感器节点的效用下降。实际上，网络生存期和实用性是WSN中两个基本但相互冲突的设计目标。 Chen et al. [6]分析了无线传感器网络中的效用-寿命折中问题。He et al. [7]遵循了跨层设计方法。这两篇论文都没有采取某些特殊的方法来确保系统的可靠性。 Fei et al. [8]提供了WSN中多目标优化（MOO）的指南和调查。如[8]所示，许多论文旨在解决无线传感器网络中的寿命，速率折中问题，但没有同时将速率，可靠性和网络寿命三者结合起来。Lun et al. [9]通过将错误控制方案引入具有多路径路由的传感器节点，提高了系统的可靠性。 Yu等人使用了自动重复请求（ARQ）和混合ARQ方案 [10]。通过重新传输，ARQ方案提高了系统的可靠性，同时增加了节点的能耗。实际上，通过使用一些合适的错误控制代码，我们可以提高系统的可靠性并减少重传次数。Xu et al. [11]通过采用数据包的理论端到端错误概率描述了WSN的速率，可靠性和生命周期的折中。同样，Zou et al. [12]对WSN采用了通用的寿命-效用率-可靠性联合方法，并采用了通用错误编码处理能力模型。然而，[11]和[12]中的模型均未考虑差错控制码的编码/解码能力。

He et al. [13], Magno et al. [14], Deng et al. [15], and Kamalinejad et al. [16] 提出能量收集是改善WSN寿命的有用方法。他们假设电池能量在启动时为零，这对于带有带可充电电池的传感器的许多应用场景而言可能不切实际。由干扰引起的分组丢失所引起的挑战也没有得到解决。

本文在系统模型中考虑了无线传感器网络的寿命，速率和可靠性，并将速率，可靠性和寿命的优化目标组合到一个目标中，以表征它们之间的权衡。我们还发现合适的错误控制编码方案是解决效用-寿命折衷联合问题的关键，我们找到了一种根据实际应用需求选择最合适的差错控制编码的方法。

**References**

1. Nikolaos A. Pantazis, Stefanos A. Nikolidakis, and Dimitrios D. Vergados. Energy-Efficient Routing Protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013, 15(2):551–591

2. Hongyu Yang, Yuan Zhou, Yu-Hen Hu, Boyu Wang, and Sun-Yuan Kung. Cross-layer design for network lifetime maximization in underwater wireless sensor networks. In 2018 IEEE International Conference on Communications (ICC), pages 1–6. IEEE, 2018.

3. R. Madan and S. Lall. Distributed algorithms for maximum lifetime routing in wireless sensor networks. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2006, 5(8):2185–2193

4. Farzad Tashtarian, Ahmadreza Montazerolghaem, and Amir Varasteh. Distributed lifetime optimization in wireless sensor networks using alternating direction method of multipliers, 2018, arXiv preprint arXiv:1807.09701

5. Samina Ehsan, Bechir Hamdaoui, and Mohsen Guizani. Radio and medium access contention aware routing for lifetime maximization in multichannel sensor networks. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2012, 11(9):3058–3067

6. Jiming Chen, Weiqiang Xu, Shibo He, and Student Member. UtilityBased Asynchronous Flow Control Algorithm for Wireless Sensor Networks. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2010, 28(7):1116– 1126

7. Shibo He, Jiming Chen, David K.Y. Yau, and Youxian Sun. Cross-layer optimization of correlated data gathering in wireless sensor networks. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2012, 11(11):1678–1691

8. Zesong Fei, Bin Li, Shaoshi Yang, Chengwen Xing, Hongbin Chen, and Lajos Hanzo. A survey of multi-objective optimization in wireless sensor networks: Metrics, algorithms, and open problems. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2017, 19(1):550–586

9. Desmond S. Lun, Muriel Médard, Ralf Koetter, and Michelle Effros. On coding for reliable communication over packet networks. Physical Communication, 2008, 1(1):3–20

10. Kan Yu, Filip Barac, Mikael Gidlund, and Johan Åkerberg. Adaptive forward error correction for best effort wireless sensor networks. IEEE International Conference on Communications, 2012, pages 7104–7109

11. Weiqiang Xu. Distributed optimal rate reliability lifetime tradeoff in time varying wireless sensor networks. 2013, 13(9):4836–4847

12. Junni Zou, Hongkai Xiong, Chenglin Li, Ruifeng Zhang, and Zhihai He. Lifetime and distortion optimization with joint source/channel rate adaptation and network coding-based error control in wireless video sensor networks. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2011, 60(3):1182–1194

13. Tengjiao He, Kwan Wu Chin, and Sieteng Soh. On Wireless Power Transfer and Max Flow in Rechargeable Wireless Sensor Networks. IEEE Access, 2016, 4(c):4155–4167

14. Michele Magno, David Boyle, Davide Brunelli, Emanuel Popovici, and Luca Benini. Ensuring survivability of resource-intensive sensor networks through ultra-low power overlays. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 2014, 10(2):946–956

15. Ruilong Deng, Yongmin Zhang, Shibo He, Jiming Chen, and Xuemin Sherman Shen. Globally optimizing network utility with spatiotemporally-coupled constraint in rechargeable sensor networks. 2013 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM), 2013, pages 4810–4815

16. Pouya Kamalinejad, Chinmaya Mahapatra, Zhengguo Sheng, Shahriar Mirabbasi, Victor C. M. Leung, and Yong Liang Guan. Wireless energy harvesting for the internet of things. IEEE Communications Magazine, 2015, 53(6):102–108

**二、研究目标和研究内容**

（研究目标是课题研究的总体目标；研究内容是为了完成研究目标，需要完成的几个研究点）

无线传感器网络有着多种多样的用途和巨大的潜力。然而，由于节点是电池供电的，因此有限的电池容量会限制传感器节点的寿命和效用。

效用和网络寿命是能量受限的WSN中两个基本但相互矛盾的设计目标，这意味着最大化一个将降低另一个。

通过引入权重参数，我们将速率，可靠性和寿命这三个看似矛盾的优化目标组合到一个目标中，以表征它们之间的权衡。无线能量收集（WEH）用于延长传感器节点的寿命。唤醒无线电（WUR）方案被认为是解决传感器节点空闲侦听能量耗散的有效解决方案。为了提高传输的可靠性并减少重传，提出了错误控制编码（ECC），从而降低了能耗。我们还发现合适的错误控制编码方案是解决效用-寿命折中问题的关键，我们找到了一种根据实际应用需求选择最合适的错误控制代码的方法。仿真和实验结果评估了所提方案在延长节点寿命和增加传感器节点效用方面的有效性。

**三、研究方法、技术路线和实验方案**

（跟研究内容相对应，详细介绍）

查阅相关文献和资料，构建正确的无线传感器网络模型并将能量获取，唤醒策略和系统可靠性包含在内。

节点效用

节点寿命的倒数Si受限于



各参数的物理意义和由来见项目的成果论文。

引入平衡函数：



（其中 为 的倒数， 为 0~1的常数）

来讨论传感器节点效用和生命周期的折中问题。

我们注意到，对于给定的 ,平衡函数随着效用函数 和节点寿命函数 的增大而增大，通过最大化平衡函数，我们能同时获得给定下较大的节点效用 和节点寿命 。常数 越大，平衡函数中 对平衡函数的值的影响越大， 对平衡函数的值的影响越小。通过改变常数 的值，我们能改变节点效用和节点时间对平衡函数的影响程度。在实际应用中，如果比较看重提升节点的效用，可以将的值取大些；如果比较注重提升节点的寿命，可以将 的值取小一点。

那么在 一定的情况下，如何使平衡函数取得最大值呢？由 可知，平衡函数与(源节点速率，即节点i每秒生成的将要发送到其他各节点的信息位数之和) ，(信息经过编码后，发送一次，一个包不出错的概率) 相关，同时平衡函数还与 有关，对 进行分析可以得到：



在传感器电池容量 和能量获取功率 一定的情况下Si的最小值取决于 , 受限于：





可以看出，在选用的传感器，能量获取功率,唤醒策略和常数一定的情况下，仅与 ,（=编码冗余位/有效信息位）有关。又因为(重传次数)由决定， 由 决定，实际上 仅与 有关。

综上所述，在选用的传感器，能量获取功率,唤醒策略和常数一定的情况下，平衡函数的值与 , 和 有关。

（1）当 和 一定时，增大 ,传感器节点的生命和效用函数同时变大。即在 和 一定时，应选取能让 增加的编码方式。

（2）当 和 一定时,减小 ,传感器节点的寿命增加，效用函数的值不变。即在 和 一定时，应选取能让 减小的编码方式。

（3）当 一定时，同时改变 和 的情况，由上面的讨论可以得到，要使平衡函数取得最大值，应使 尽可能大，而 尽可能的小，然而当 取得最小值时， 并不总是取得最大值；相反，减少( )通常会导致 的减小。为此我们应选取合适的 和 ，使得平衡函数取得最大值。

分析 和 可得，在选用的传感器，能量获取功率,唤醒策略和常数一定的情况下，Ps与P’仅与n（码长）,k（码长-冗余）,e（能够纠错的位数）三值有关，为此，如何根据实际应用条件选取合适的编码策略就成为了优化平衡函数的关键。

构建如下的仿真过程：

1. 确定无线传感器网络拓扑：



1. 查阅相关资料给定参数具体取值：

****

1. 列举常用编码的n, k, e值，绘制给定节点速率下的平衡函数随不同编码方式的变化情况：



This figure shows the value of balance function  for different coding schemes. The yellow balls represents the BCH code and the blue balls represents the RRNS code.

平衡函数H的具体取值如下：



通过观察我们发现在所给速率下，RRNS(128, 60, 32)编码能时平衡函数取得最大值。事实上，根据我们的仿真，在其他几种情况下，RRNS(128, 60, 32)编码也往往能取得较其他编码而言更好的效果。

1. 增加其他几组实验验证所采用的无线能量获取技术WEH, 无线唤醒策略WUR, 差错控制编码在延长节点寿命，增加节点效用上的有效性：



This figure shows the lifetime of the sensor node for different cases with source node rate  varying from  when  and the data is coded with RRNS(128, 60, 32).



This figure shows the utility of the sensor node for different cases with source node rate  varying from  when  and the data is coded with RRNS(128, 60, 32).



This figure shows the value of the balance function  for different cases with  varying from  when source node rate  and the data is coded with RRNS(128, 60, 32).

1. 采用实际节点验证我们的成果：



This figure shows the lifetime of sensor mote TelosB for different coding schemes when  and .

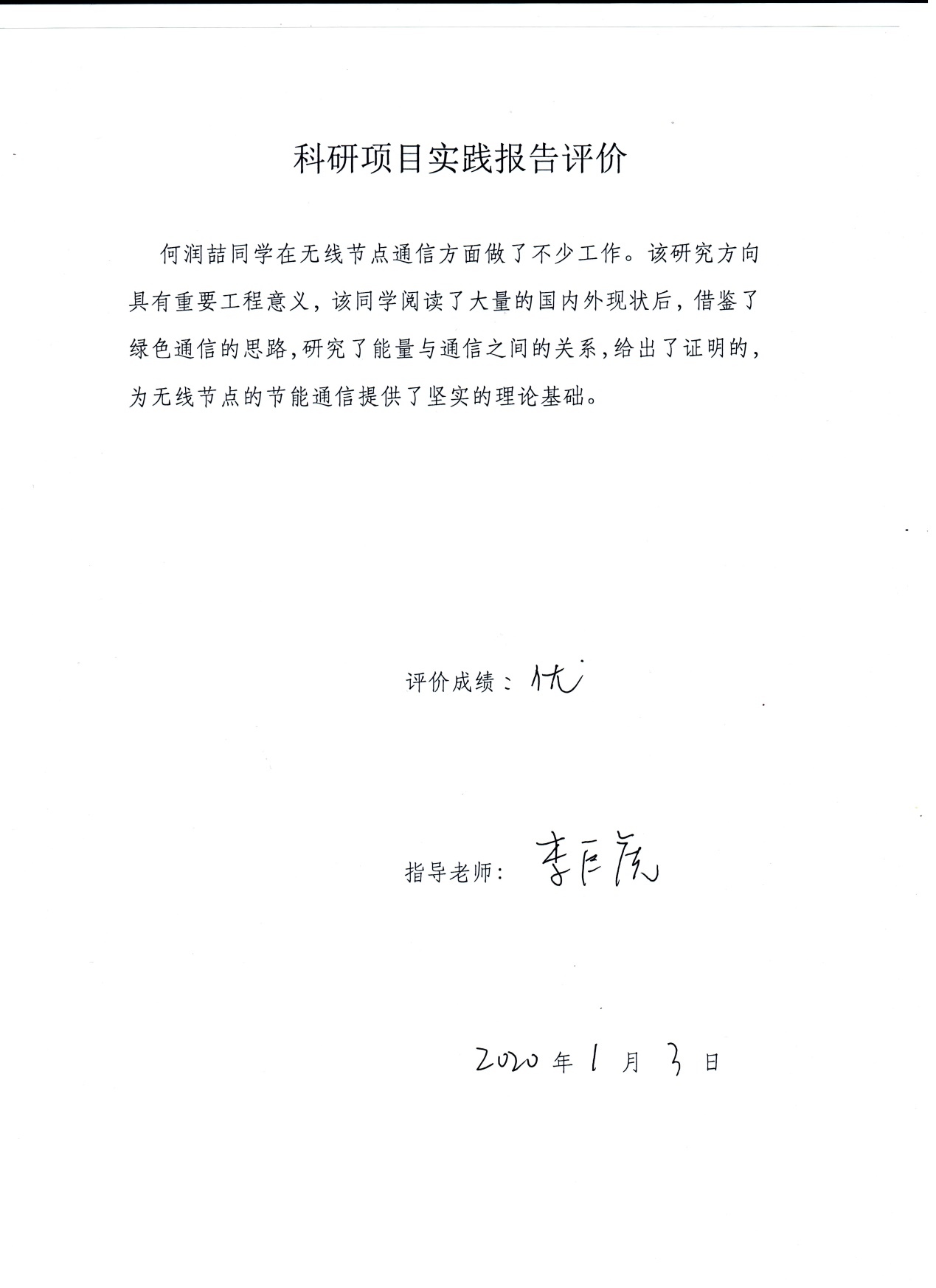
**四、研究成果**

一个无线的并且易于传输能量的专用RF源被部署于系统之中，以指定的速率和最佳频率向节点提供能量。 我们提出了一种唤醒无线电方案，以增加传感器节点的寿命。 通过选择合适的差错控制编码以最大化平衡函数，给出模型并解决了结合了WEH，WUR和ECC方案的效用-寿命折中问题。 仿真结果验证了所提方案在延长系统寿命和提高系统效用上的有效性。

**五、总结、收获和体会**

通过本次科研实践项目，我获益良多。从文献的获取到英文文献的阅读，还有论文的撰写技巧这些都是我之前没接触过的东西，我感觉自己获得了极大的成长。最重要的是，我培养了求真务实的科学精神。

**六、指导教师评价（按照“优、良、中、及格和不及格”打分）**

****