

多媒体传感网中一种基于优化覆盖及压缩代价评估的节能机制

沙 超^{1,2}, 王汝传^{1,2}, 黄海平^{1,2}, 孙力娟^{1,2}

(1. 南京邮电大学计算机学院, 江苏南京 210003; 2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏南京 210003)

摘 要: 为降低无线多媒体传感网能耗, 利用贪婪算法调整节点传感方向, 实现优化覆盖并降低了传感开销. 同时, 对节点数据压缩代价进行评估, 使其以最小的能量代价传输数据, 并根据多媒体事件流规律, 优化网络生存时间. 仿真结果表明, 本方法在延长网络生存时间方面表现出了较好性能.

关键词: 无线多媒体传感网; 能量消耗; 贪婪算法; 优化覆盖; 压缩代价评估

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2011) 10-2353-06

An Energy Saving Strategy Based on Coverage Optimization and Compression Cost Estimation for Wireless Multimedia Sensor Networks

SHA Chao^{1,2}, WANG Ru-chuan^{1,2}, HUANG Hai-ping^{1,2}, SUN Li-juan^{1,2}

(1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, Jiangsu 210003, China;

2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing, Jiangsu 210003, China)

Abstract: To reduce energy consumption in wireless multimedia sensor networks, a greedy algorithm about sensing direction adjustment is proposed which enhances network coverage and reduces the sensing overhead. A type of compression cost estimation method is also described to minimize the node's power on transmission and the network lifetime is optimized according to the regularity of multimedia event stream. Simulation results show that this method obtains satisfactory performance on prolonging networks lifetime.

Key words: wireless multimedia sensor networks; energy consumption; greedy algorithm; coverage optimization; compression cost estimation

1 引言

无线多媒体传感网需感知、处理和传输大数据量的图像及音视频信息, 能耗较高^[1]. 文献[2]通过建立虚拟簇, 实现了多媒体数据节能传输, 但并未降低传输量; Markus等^[3]设计了一种多图像序列分布式编码和集中式解码过程, 降低了部分传输能耗, 但处理开销较大; 文献[4]以一组传感区域相互重叠的节点来分担传感任务, 节约处理能耗, 但其任务调度与数据融合的复杂度都较高; Navrati等^[5]提出根据多媒体数据包内容来动态变化节点状态以延长网络生存期的方法, 但并未考虑节点状态切换的开销; 文献[6]使用元数据进行多媒体信息传输前的通告与控制, 降低了传输能耗, 但信道利用

率不高. 此外, 上述文献都没有评估节点数据压缩代价, 也未能根据多媒体事件发生规律, 提出相应的节点休眠策略.

本文利用贪婪算法调整节点传感方向, 评估数据压缩能耗代价, 并根据多媒体事件流到达与持续时间规律, 制定节点休眠策略, 优化网络生存时间.

2 方法描述

2.1 网络模型

多媒体传感节点随机撒播在面积为 S 的正方形区域中, 其传感区域如图 1(a) 中的扇形 $O_1A_0A_7$. α 为节点 O_1 的传感扩张角; C_0 为方向矢量, r 为其传感半径. Sink 节点位于网络中心且与各节点直接可达.

收稿日期: 2009-12-18; 修回日期: 2011-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60973139, No. 61003039, No. 61003236); 江苏省科技支撑计划(工业)项目(No. BE2010197, No. BE2010198); 江苏省现代服务业发展专项资金; 江苏省高校自然科学基金基础研究项目(No. 10KJB520013, No. 10KJB520014); 江苏省计算机信息处理技术重点实验室基金(No. kjs1022)

同文献[7]类似,定义节点拥有 h 个虚拟传感区域,且 $h = 2\pi/\alpha$ (设 α 可被 2π 整除). 设 Π 是多媒体节点在网络中可能位置的集合; Ψ 是节点类型的集合; D_k 代表一个类型为 k 的节点所有可能传感方向的集合; 仅当一个处于位置 i 且类型为 k 的多媒体节点的传感方向为 d 时, x_{id}^k 为 1, 否则为 0. 于是, 式(1)成立.

$$\sum_{k \in \Psi} \sum_{d \in D_k} x_{id}^k \leq 1, \forall i \in \Pi \quad (1)$$

定义 (x_j, y_j) 为节点 j 在以基站为原点的坐标系中的坐标, $d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$ 为任意节点 i 和 j 的距离, $d_j = \sqrt{x_j^2 + y_j^2}$ 为 j 到基站的距离. 设网络中节点总数为 N , 且任意节点 j 的初始和最低剩余能量门限分别为 E_{init}^j 和 E_{th}^j ; 定义所有节点传感面积总和为网络的传感覆盖面积(多重覆盖区域的面积只计算一次).

2.2 基于贪婪覆盖的传感方向调整

在讨论多媒体节点覆盖问题时, 几乎都要调整其传感区域^[7]. 为此, 这里构建一种贪婪的传感方向调整方法, 并以节点 j 为例, 说明其调整过程. 定义 Ω 为已确定自身传感方向的节点集合, 初始值为空.

(1) 考察 j 的 h 个虚拟传感区域, 定义其中没有与 Ω 中任何节点的传感区域重叠且和网络边缘不相交的虚拟区域有 h' 个, 若 Ω 为空, 则 $h' = h$;

(2) 若 $h' = 1$, 则确定该虚拟区域为 j 的实际传感区域, 并将 j 加入 Ω , 如图 1(b) 中的扇形 $O_1A_3A_4$. 此时, 网络新增传感重叠面积为 0, 新增传感覆盖面积为 $\alpha r^2/2$;

(3) 若 $h' > 1$, 定义 $S_1, S_2, \dots, S_{h'}$ ($h \geq h' > 1$) 为这 h' 个虚拟传感区域, 且令 $S_1 = S_2 = \dots = S_{h'} = \emptyset$. 对于同时满足 $d_{ij} \leq r$ 且 $i \notin \Omega$ 的节点 i , 若其被 S_c ($1 \leq c \leq h'$) 所对应的传感区域覆盖, 则 $S_c = S_c \cup \{i\}$. 当所有符合条件的节点完成上述判定后, 考察 $S_1, S_2, \dots, S_{h'}$ 中的元素数量:

① 若存在唯一的 $S_k = \min\{S_1, S_2, \dots, S_{h'}\}$ ($1 \leq k \leq h'$), 则确定 S_k 所对应的虚拟区域为 j 的实际传感区域, 如图 1(c) 中的扇形 $O_1A_0A_7$, 并将 j 加入 Ω . 此时网络新增重叠面积为 0, 新增覆盖面积为 $\alpha r^2/2$.

② 若存在多个 $S_k = \min\{S_1, S_2, \dots, S_{h'}\}$, 定义 $\beta = \arctan|y_j/x_j|$. 选取这些虚拟区域中, 方向向量与 β 最接近的一个作为 j 的传感区域, 如图 1(d) 中的扇形 $O_1A_0A_1$. 此时网络新增重叠面积为 0, 新增覆盖面积为 $\alpha r^2/2$.

(4) 若 $h' = 0$, 则 j 无论选择哪个虚拟区域, 都将和 Ω 中节点的传感区域发生重叠或者和网络边缘相交, 如图 1(e). 定义 j 的第 q ($1 \leq q \leq h$) 个虚拟区域被 Ω 中

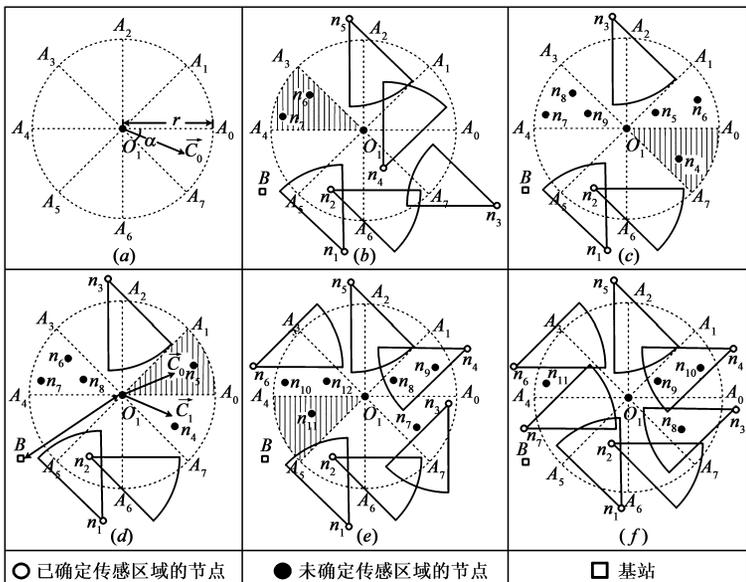


图1 基于贪婪覆盖的节点传感方向调整
节点的传感区域所覆盖的面积总和为 A_{jq} (多重覆盖的面积只计算一次) 且该虚拟区域在处于网络外的面积为 A_{jq}' , 则为保证最大化覆盖, 选择使 $A_{jq} + A_{jq}'$ 最小的一个虚拟区域作为 j 的传感区域, 如图 1(e) 中的扇形 $O_1A_4A_5$. 此时网络新增传感重叠面积和覆盖面积分别为 A_{jq} 和 $\alpha r^2/2 - A_{jq} - A_{jq}'$. 若新增覆盖面积小于门限值 A (一般定义为 $0.7\alpha r^2/2$ ^[5]), 则认为 j 是冗余节点, 将其休眠. 如图 1(f) 中的节点 O_1 .

2.3 重叠传感区域分配

为实现能耗均衡, 这里对节点传感区域中的多重覆盖部分重新分配. 假设节点经过调整后的实际传感区域如图 2(a), 其中 B 为基站. 节点 n_3 的传感区域中, 共有多边形区域 MLn_2Jn_1 , LJn_2 及不规则区域 $ICHJ$ 等三个多重传感覆盖部分. 定义节点 j 经过调整后的实际传感区域为 S_j , 则其经过重叠传感区域分配后的实际传感区域 S_j^* 的生成过程如下:

- (1) 令调整前后的实际传感区域相同, 即 $S_j^* = S_j$;
- (2) 考察 S_j^* 中的各多重覆盖部分, 并设其个数为 τ_j . 例如, 对于节点 n_3 , 有 $\tau_3 = 3$.
- ① 若 $\tau_j = 0$, 则 j 的传感区域不与其他任何节点的传感区域相交, 此时 $S_j^* = S_j$, 如图 2 中的节点 n_4 .

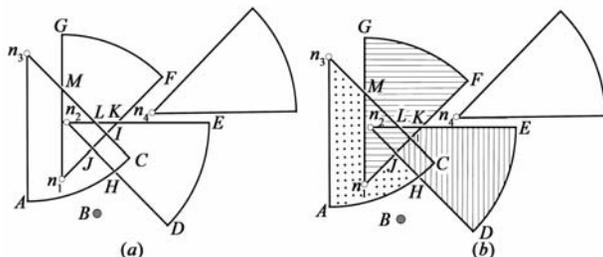


图2 重叠传感区域分配

②若 $\tau_j > 0$, 定义 j 的各个多重覆盖部分的面积为 $A_j^{(1)}, A_j^{(2)}, \dots, A_j^{(\tau_j)}$, 其覆盖重数分别为 $\kappa_j^{(1)}, \kappa_j^{(2)}, \dots, \kappa_j^{(\tau_j)}$. 则对于每一个 $A_j^{(\omega)} (1 \leq \omega \leq \tau_j)$, 分别考察覆盖它的 $\kappa_j^{(\omega)}$ 个节点到基站的距离. 若在所有这些距离中, d_j 不是最小的, 则 $S_j^* = S_j^* - A_j^{(\omega)}$, 否则, $S_j^* = S_j^*$. 即远离基站的节点经过调整后的实际传感区域较小, 从而保证了网络的能耗均衡.

图 2(b) 中, 经过调整后的节点 n_1, n_2, n_3 的实际传感区域分别用不同阴影标记. 于是, 当节点 j 采样一帧分辨率为 $c \times f$ 的 8 位位图图像时, 总共可减少的传感数据量为 $8c \times f \times [(S_j - S_j^*) / S_j]$ 比特.

2.4 数据压缩代价评估

在传输多媒体数据前进行压缩, 可能带来额外计算开销^[8]. 为此, 在数据传输前, 对其压缩代价进行评估. 这里拟订以二维哈尔小波变换法^[9]进行图像压缩. 对于节点 j , 设其采样分辨率为 $c \times f$, 图像位数为 8. 实现单帧哈尔小波变换将进行 mn^2 次乘法及 $mn^2 - mn$ 次加法运算^[9], m 和 n 分别是二维图像矩阵行列号, 即这里的 f 和 c . 设节点完成单次乘法与加法运算的能耗分别为 e_m 与 e_p , 则其单帧图像压缩能耗为:

$$E_c^{(j)} = e_m \times c^2 f + e_p \times (c^2 f - cf) \quad (2)$$

根据节点传输能耗公式^[10], j 发送单帧原始图像到基站的能耗:

$$E_t^{(j)} = E_{elec} \times (16S_j^* cf / r^2 \alpha) + \epsilon_{amp} \times (16S_j^* cf / r^2 \alpha) \times d_j^2 \quad (3)$$

E_{elec} 和 ϵ_{amp} 分别是发送电路和发送放大电路的单位能耗. 设 j 的压缩率为 η_j , 则其发送单帧压缩后的图像数据到基站的能耗:

$$E_t^{(j)'} = E_t^{(j)} \times \eta_j \quad (4)$$

$$E_t^{(j)} \geq E_c^{(j)} + E_t^{(j)'} \quad (5)$$

于是, 当式(5)成立时, 表明传输原始图像到基站的代价较大, 则 j 将在本地完成图像压缩, 否则, j 将原始采样图像直接传输至基站. 将式(2)、(3)代入式(5), 可得:

$$E_t^{(j)} \geq (e_m c^2 f + e_p c^2 f - e_p cf) / (1 - \eta_j) \quad (6)$$

$$\text{即: } d_j \geq \sqrt{\frac{r^2 \alpha (e_m c + e_p c - e_p) - 16 E_{elec} (1 - \eta_j) S_j^*}{16 \epsilon_{amp} (1 - \eta_j) S_j^*}} \quad (7)$$

仅当网络中节点的数据压缩率与它到基站的距离满足式(7)时, 才进行本地数据压缩. 即各活跃节点只需通过式(7)的判断, 即可确定自身的数据传输策略, 计算复杂度较低.

2.5 面向多媒体事件流的网络生存时间优化

多媒体节点频繁数据采集是导致其耗能迅速的主要原因之一^[8]. 这里认为仅当多媒体事件发生在其实

际传感区域时, 节点才开始工作, 其余时间均处于监听状态. 为此, 作如下定义:

p_j : 多媒体事件被节点 j 捕获到的概率. 根据文献^[7], $p_j = S_j^* / S$

P_j^k : 在固定时间段 T 内, 节点 j 捕获到 k 次多媒体事件的概率

$E_S^{(j)}$: 节点 j 采样单帧图像数据的能耗, 其值与 S_j^* 成正比

$E_c^{(j)}$: 节点 j 完成单帧图像压缩的能耗

$E_t^{(j)}$: 节点 j 传输单帧未压缩的图像到基站的能耗

$E_t^{(j)'}$: 节点 j 传输单帧已压缩的图像到基站的能耗

$E_m^{(j)}$: 节点 j 在单位时间内的传感事件监听能耗

$E_T^{(j)}$: 节点 j 在时间段 T 内的总能耗

L_j : 节点 j 的网络生存期

L : 多媒体传感器网络生存期

这里认为传感事件之间相互独立, 且其到达时间间隔和持续时间分别服从参数为 λ 和 μ 的负指数分布^[11] ($\lambda < \mu$). 任意多媒体事件在网络各处发生的概率都相同^[8], 则在 T 内, j 捕获到 1 次事件的概率为:

$$P_j^1 = [(\lambda T) / 1!] e^{-\lambda T} p_j + [(\lambda T)^2 / 2!] e^{-\lambda T} [C_{1/2}^1 p_j (1 - p_j)] + \dots [(\lambda T)^n / n!] e^{-\lambda T} [C_{1/n}^1 p_j (1 - p_j)^{n-1}] + \dots \quad (8)$$

忽略大于 n 次的小概率事件, 并将式(8)化简后得:

$$P_j^1 = p_j e^{-\lambda T} \sum_{i=1}^n [(\lambda T)^i / i!] \times C_i^1 (1 - p_j)^{i-1} \quad (9)$$

同时易得 j 在 T 内捕获到 k 次多媒体事件的概率:

$$P_j^k = p_j^k e^{-\lambda T} \sum_{i=k}^n [(\lambda T)^i / i!] \times C_i^k (1 - p_j)^{i-k} \quad (10)$$

多媒体传感器网络中的事件往往是突发性的^[12], 持续时间较短而时间间隔较长. 为此, 根据泊松过程事件到达时间与服务时间分布规律, 设在 T 内, 当节点捕获并处理完第 i 次传感事件后, 将在随后的 $S_i(i)$ 时间内休眠. $S_i(i)$ 的定义如式(11), 其中 μ_i 为第 i 次多媒体事件的处理时间.

$$S_i(i) = \begin{cases} 1/\lambda - 1/\mu_i, & \lambda < \mu_i \\ 0, & \lambda \geq \mu_i \end{cases} \quad (11)$$

则在 T 内, j 的总能耗可以表示为:

$$E_T^{(j)} = \begin{cases} TE_m^{(j)} - E_m^{(j)} \{ P_j^1 S_i(1) + P_j^2 [S_i(1) + S_i(2)] + \dots \\ P_j^n \sum_{i=1}^n S_i(i) \} + (P_j^1 + 2P_j^2 + \dots + nP_j^n) \\ \times (E_s^{(j)} + E_t^{(j)}), & \text{式(7) 不成立} \\ TE_m^{(j)} - E_m^{(j)} \{ P_j^1 S_i(1) + P_j^2 [S_i(1) + S_i(2)] + \dots \\ P_j^n \sum_{i=1}^n S_i(i) \} + (P_j^1 + 2P_j^2 + \dots + nP_j^n) \\ \times (E_s^{(j)} + E_c^{(j)} + E_t^{(j)'}), & \text{式(7) 成立} \end{cases} \quad (12)$$

化简后得:

$$E_T^{(j)} = \begin{cases} E_m^{(j)}(T - \sum_{k=1}^n P_j^k \sum_{i=1}^k S_t(i)) + (E_s^{(j)} + E_t^{(j)}) \sum_{i=1}^n iP_j^i, & \text{式(7) 不成立} \\ E_m^{(j)}(T - \sum_{k=1}^n P_j^k \sum_{i=1}^k S_t(i)) + (E_s^{(j)} + E_t^{(j)}) \\ + E_c^{(j)} \sum_{i=1}^n iP_j^i, & \text{式(7) 成立} \end{cases} \quad (13)$$

考虑网络中一节点 ρ , 若不对其实际传感区域重新调整, 且根据事件到达与服务时间分布对其休眠, 则它的网络生存期可表示为:

$$E_T^{(\rho)} = \begin{cases} TE_m^{(\rho)} + (E_s^{(\rho)} + E_t^{(\rho)}) \times \sum_{i=1}^n iP_\rho^i, & \text{式(7) 不成立} \\ TE_m^{(\rho)} + (E_s^{(\rho)} + E_c^{(\rho)} + E_t^{(\rho)}) \times \sum_{i=1}^n iP_\rho^i, & \text{式(7) 成立} \end{cases} \quad (14)$$

由 $E_s^{(j)}$ 的定义和式(3)易知, $E_s^{(\rho)} \geq E_s^{(j)}$ 且 $E_t^{(\rho)} \geq E_t^{(j)}$, 假设各节点压缩效率相同, 则 $E_t^{(\rho)} \geq E_t^{(j)}$. 同样, 由 p_j 的定义和公式(10)易知, $P_\rho^i \geq P_j^i$. 因此, $E_T^{(\rho)} \geq E_T^{(j)}$ 成立.

由此可由式(15)预计 j 的生存时间. 则对于网络中的 N' 个活跃节点, 可得 $L = \min\{L_1, L_2, \dots, L_{N'}\}$. 此即本文方法下的最大化网络生存期.

$$L_j = (E_{init}^j \times T) / E_T^{(j)} \quad (15)$$

3 仿真结果与分析

3.1 网络仿真环境

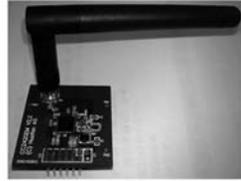
我们在 Matlab 下进行验证, 同时, 在我们开发的由 OV7620 图像传感模块、CC2420 无线通信模块及 AT-mega128L 微控制模块等所构成的多媒体节点上, 分别对采样能耗、运算能耗、可用采样分辨率等参数进行了实测, 将实测值用于仿真中. 无线多媒体节点硬件如图 3, 仿真参数如表 1.

表 1 仿真参数设置

仿真参数	符号	数值	单位
网络规模		500 × 500	M ²
多媒体节点 j 的初始能量	E_{init}^j	7200	Joule
多媒体节点 j 可工作的最低剩余能量	E_{th}^j	3600	Joule
单个像素点采样能耗	e_s	1.54	nJ
采样图像分辨率	$c \times f$	172 × 144	Pixel ²
单次加法运算能耗	e_p	3.91	nJ
单次乘法运算能耗	e_m	7.81	nJ
发送与接收电路单位能耗	E_{elec}	50	nJ/bit
发送放大电路单位能耗	ϵ_{amp}	100	pJ/bit/m ²
多媒体事件平均到达率	λ	0.02	S ⁻¹
多媒体事件平均服务率	M	0.05	S ⁻¹
节点 j 在单位时间的监听能耗	$E_m^{(j)}$	22.5	μ J



(a) CMOS 图像传感模块



(b) ZigBee 无线传输模块



(c) 无线图像传感器节点

图 3 自主研发的无线多媒体传感器节点

3.2 仿真结果与分析

图 4 是网络覆盖率的仿真结果. 这里同 DCS-dist^[13] 及 D-Greedy^[14] 方法进行了对比. 在节点数量一定时, 本文方法的覆盖率最高. 这是由于我们利用贪婪的传感方向调整, 减少了传感重叠区域面积; 在节点数量较多时, DCS-dist 的性能也较好. 这是由于它采用了分布式邻居节点通信模式, 也能在一定程度上避免传感区域重叠; D-Greedy 对每个节点都设置了优先级, 因此, 在节点数量较少时, 覆盖效果较好. 但随着节点数量的增加, D-Greedy 并没有解决传感区域重叠问题, 导致其覆盖率较低.

传感重叠面积占网络总面积比例如图 5. 可以看出, 本文方法下的比例最小. 在 $r = 50\text{m}$, $\alpha = \pi/6$ 时, 其值保持在 7% 以下, 大大降低了网络开销. 这一方面是由于各节点调整了传感方向, 使得相邻节点间出现传感重叠的概率变小; 另外, 在传感方向调整过程中, 出现了大量冗余节点, 根据本文方法, 将休眠这些节点, 保证了重叠覆盖区域比例较低.

表 2 是网络中冗余节点的分布状况. 随着节点数的增加, 冗余节点数量及其所占比例都在增长. 另外, 冗余节点大多位于网络边缘, 这是由于贪婪调整是按节点与基站的距离由小到大依次进行的. 远离基站的节点将消耗更多能量, 因此, 冗余节点这样的分布方式, 有利于网络边缘节点失效后的及时替换, 可以进一步延长网络生存期.

表 2 冗余节点在网络中的分布状况

节点数量	冗余节点与基站间的距离 (m)						冗余节点总数	冗余节点占所有节点的比例
	0 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 250	250 以上		
50	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
75	0	0	1	0	1	1	3	4.0%
100	0	0	1	1	1	3	6	6.0%
125	0	1	1	2	2	5	11	8.8%
150	0	0	2	2	9	10	23	15.3%
175	0	1	2	3	11	14	31	17.7%
200	0	1	2	1	18	20	42	21.0%

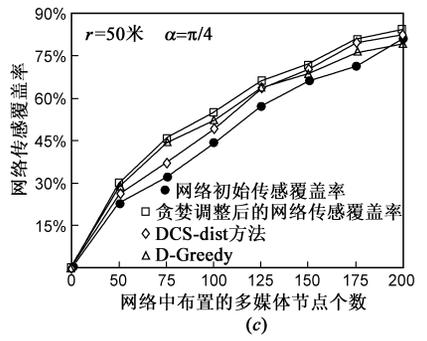
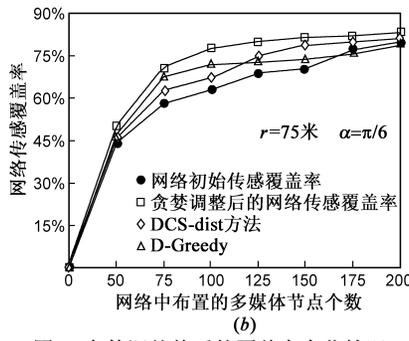
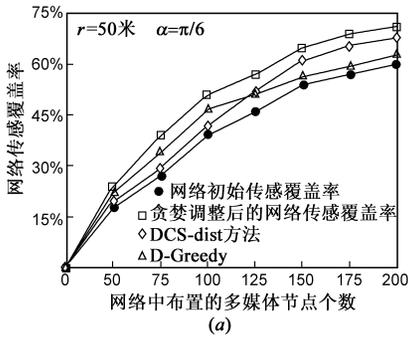


图4 贪婪调整前后的覆盖率变化情况

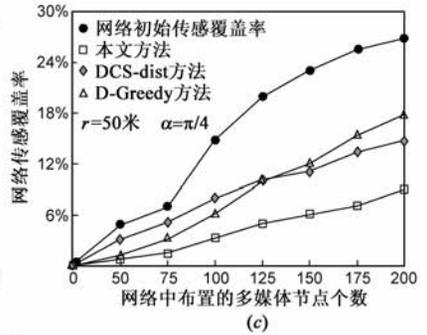
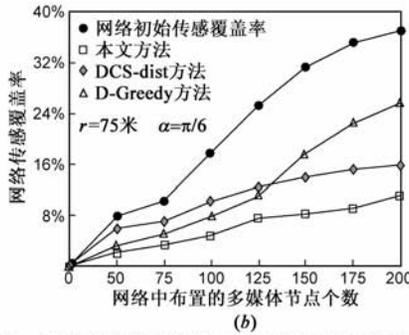
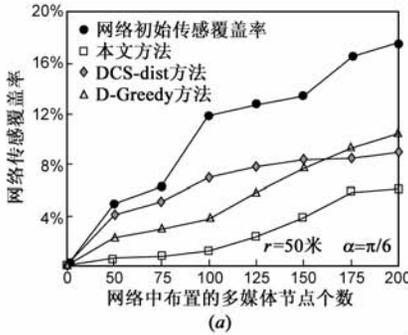


图5 贪婪调整前后网络重叠覆盖区域比例情况

图6是进行本地压缩的节点比例情况.当 η_j 一定时,节点数越多,本地压缩的节点比例越小.这是因为经过传感方向调整和重叠传感区域分配后,部分节点的实际传感区域 S_j^* 变小,造成式(7)右部增大.于是,满足式(7)的节点数减少.而当节点数一定时,压缩率越高,采用本地压缩的节点越多.

图7是多媒体事件漏检率的实验结果.当 r 和 α 固定时,无论节点是否采用2.5节的休眠策略,漏检率都将随节点数的增加迅速减少.而在节点数一定时, r 和 α 越大事件漏检率越低.

表3 实验策略要求

实验	是否进行贪婪调整?	是否重新分配传感重叠区?	是否评估压缩代价?	是否根据多媒体事件到达率和持续时间休眠节点?
实验1	否	否	否	否
实验2	是	是	否	否
实验3	是	是	是	否
实验4	是	是	是	是

中,当节点数增多后,事件漏检率降低,而节点传感区域并未变化,导致只要有事件发生,几乎都有节点参与传感,网络能耗较高,生存时间减少;当节点数较少时,实验1和2的生存时间差距不大.这主要因为此时重叠区域比例较低.但随着节点数的增加,实验2的网络生存时间明显大于实验1;当节点数较少时,实验3的网络生存时间大于实验2.这是因为它采用压缩代价评估,使得部分距基站较远的节点实现本地压缩,节约了能量.但由图7知,随着节点数的增加,采用本地压缩的节点将变少,此时实验2和3的差别减小;由于实验4同时进行了传感区域调整、压缩代价评估和基于事件到达率与持续时间的休眠,因此,网络生存时间最长.此外,在传感方向调整过程中,仅当 $h > 1$ 时,节点才需要和其邻居节点进行一次交互;同样,在传感区域分配时,各节点也仅需同其邻居进行一次交互,以确定自身实际传感区域.因此,本文方法总体通信代价也较低.

4 小结

本文利用贪婪算法调整多媒体节点传感方向,提

图8和图9是网络生存时间的实验结果.在实验1

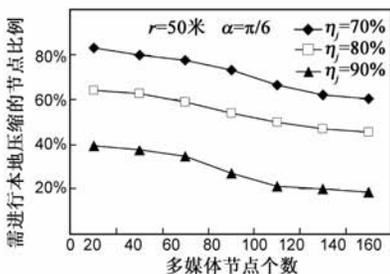


图6 采用本地数据压缩的节点比例

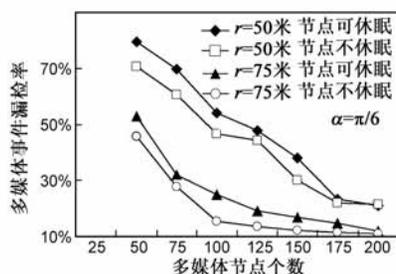


图7 多媒体事件漏检率

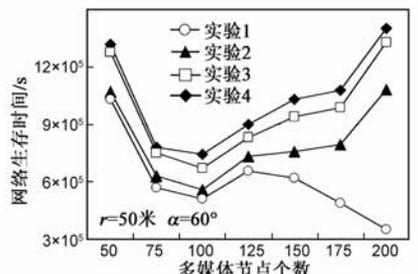


图8 r=50米时的网络生存时间

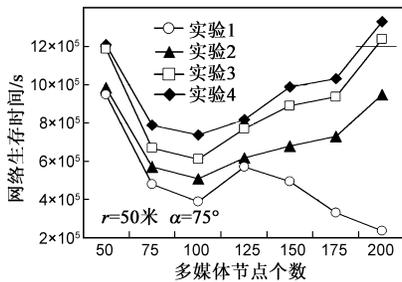


图9 $r=75$ 米时的网络生存时间

高了网络覆盖率,又降低了覆盖重叠区域比例;评估了节点数据压缩能耗代价,以最小能量代价处理和传输数据;在此基础上,由多媒体事件流到达与持续时间规律,制定节点休眠策略,进一步优化了网络生存时间。

参考文献

- [1] 刘文红,张宏科,陶丹.一种适用于唤醒机制的异构传感器网络节点协同唤醒路由算法[J].电子学报,2007,35(7):1341-1346.
LIU Wen-hong, ZHANG Hong-ke, TAO Dan. A novel cooperative wake-up routing algorithm for wake-up mechanism in heterogeneous sensor networks[J]. Acta Electronica Sinica, 2007, 35(7):1341-1346. (in Chinese)
- [2] 鲁琴,罗武胜,张勇.多媒体传感器网络中基于两跳簇结构的图像传输方案[J].传感技术学报,2007,20(11):2476-2480.
LU Qin, LUO Wu-sheng, ZHANG Yong. Two-hop clustered image transmission scheme in multimedia sensor networks[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2007, 20(11):2476-2480. (in Chinese)
- [3] Markus Flierl, Bernd Girod. Coding of multi-view image sequences with video sensors[A]. Image Processing, 2006 IEEE International Conference[C]. Atlanta, GA: IEEE ICIP, 2006. 609-612.
- [4] D Tao, H Ma, Y Liu. Energy-efficient cooperative image processing in video sensor networks[A]. PCM 2005[C]. Jeju Island, Korea; Lecture Notes in Computer Science, Part II, LNCS 3768, 2005. 572-583.
- [5] Navrati Saxena, Abhishek Roy, Jitae Shin. A QoS-based energy-aware MAC protocol for wireless multimedia sensor networks[A]. Vehicular Technology Conference[C]. Singapore, VTC Spring, 2008. 183-187.
- [6] Yao Lan, Wen Wenjing, Gao Fuxiang. A real-time and energy aware QoS routing protocol for multimedia wireless sensor networks[A]. Proceedings of the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation[C]. Chongqing, 2008. 3321-3326.
- [7] Osais Yahya, St-Hilaire Marc, Yu F Richard. The minimum cost sensor placement problem for directional wireless sensor

networks[A]. IEEE Vehicular Technology Conference, 2008. The 68th IEEE Vehicular Technology Conference[C]. Calgary, BC, VTC 2008-Fall, 2008. 1-5.

- [8] Akyildiz I F, Melodia T, Chowdhury K R. A survey on wireless multimedia sensor networks[J]. Computer Networks, 2007, 14(6):921-960.
- [9] Eric J Stollnitz, Tony D DeRose, David H Salesin. Wavelets for computer graphics: A primer[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1995, 15(3):76-84.
- [10] Heinzelman Wendi Rabiner, Chandrakasan Anantha, Balakrishnan Hari. Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks[A]. Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences[C]. Hawaii, 2000. 223-232.
- [11] 林恺,赵海,尹震宇,张希元.无线传感器网络路由中的能量预测及算法实现[J].通信学报,2006,27(5):21-27.
LIN Kai, ZHAO Hai, YIN Zhen-yu, ZHANG Xi-yuan. Energy prediction and routing algorithm in wireless sensor network[J]. Journal on Communications, 2006, 27(5):21-27. (in Chinese)
- [12] Cao Yanchuan, Xue Yuan, Cui Yi. Network-calculus-based analysis of power management in video sensor networks[A]. GLOBECOM-IEEE Global Telecommunications Conference[C]. Washington, DC, GLOBECOM'07, 2007. 981-985.
- [13] Yanli Cai, Wei Lou, Minglu Li. Cover set problem in directional sensor networks[A]. 2007 International Conference on Future Generation Communication and Networking[C]. Jeju Island, Korea, 2007. 271-275.
- [14] Cheng Weifang, Li Shanshan, Liao Xiangke, Changxiang Shen, Chen Haitao. Maximal coverage scheduling in randomly deployed directional sensor networks[A]. Proceedings of the International Conference on Parallel Processing Workshops[C]. Xi'an, China, 2007. 68-73.

作者简介

沙超男,1983年生,江苏南京人,南京邮电大学计算机学院讲师,主要研究方向是无线传感器网络技术。

王汝传男,1943年生,安徽合肥人,南京邮电大学计算机学院教授、博士生导师,主要研究方向是计算机软件、计算机网络、信息安全、移动代理和虚拟现实技术等。E-mail: wangrc@njupt.edu.cn

黄海平男,1981年生,福建三明人,南京邮电大学计算机学院讲师,苏州大学博士研究生,主要研究方向是无线传感器网络和信息安全。

孙力娟女,1963年生,江苏南京人,南京邮电大学计算机学院教授、院长、博士,主要研究方向是无线传感器网络、计算机软件在通信中的应用和信息安全。