

# 基于幂函数曲线和网络编码的多媒体传感网 大数据可靠传输控制

于红 朱丽莉

(长春工业大学信息传播工程学院 长春 130012)

**摘要** 提出了一种适用于无线多媒体传感器网络的基于幂函数回归曲线预测和随机线性网络编码的协同合作大数据可靠传输控制机制,以为多媒体大数据传输提供高可靠性、资源利用率和服务质量的保障。首先根据多媒体数据特征和动态网络拓扑,提出一种基于幂函数回归曲线的预测模型;然后在网络层和物理层以视频帧为单位进行网络编码;最后建立一种基于预测和网络编码的协同合作大数据可靠传输控制机制。通过数学分析和仿真验证,分析了所提机制与传统机制的系统性能,证明了所提机制的优越性能。

**关键词** 无线多媒体传感器网络,幂函数曲线,大数据,可靠性

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2014.12.020

## Big Data Reliable Transmission Control Mechanism Based on Power Function Curve and Network Coding for Wireless Multimedia Sensor Networks

YU Hong ZHU Li-li

(Dissemination of Information Engineering College, Changchun University of Technology, Changchun 130012, China)

**Abstract** This paper proposed a reliable transmission control mechanism based on the large data collaborative forecasting power function regression curves and random linear network coding to provide high reliability, resource utilization and quality of service for multimedia data transmission, which is suitable for wireless multimedia sensor networks. Firstly, according to the data characteristics and dynamic multimedia network topology, a prediction model was presented based on the power function regression curve. Then the video frames were used as a unit for network coding at the network layer and the physical layer. Finally a collaborative network-based prediction and coding big reliable data transmission control mechanisms were established. Through mathematical analysis and simulation, the proposed mechanism was evaluated by analysis of system performance with the traditional mechanisms. The conclusion proves the superiority of the proposed mechanism.

**Keywords** Wireless multimedia sensor networks, Power function curve, Big data, Reliability

## 1 引言

多媒体传感网不仅具有无线传感器网络的应用特点<sup>[1]</sup>,而且可以实现多样性的多媒体信息感知、采集和转发等<sup>[2]</sup>功能,具有广泛的应用前景,同时也带来了多样性数据传输保障的难题,动态网络拓扑、节点能量受限、网络资源受限等问题严重影响多媒体实时通信的系统性能及多媒体传感网生命周期,因此在多媒体大数据传输的可靠性、吞吐率、能效和播放质量等性能之间研究具有均衡性的可靠传输控制机制,从而改善多媒体传感网的大数据应用性能已经成为学术界和工业界的研究热点之一<sup>[3]</sup>。

无线传感网中多媒体通信性能保障等方面已经取得了一系列研究成果<sup>[4-13]</sup>,然而已有的数据可靠传输控制机制仍有一些不足。文献[4]对无线传感器网络中的目标跟踪应用进行了深入研究,针对节点选择问题,提出了能够保证目标跟踪

可靠性和网络生命周期的最优化解算法并给出了节点生存期定义,以便更好地满足不同用户的多样性需求。文献[5]深入研究了多媒体传感网中的数据感知和传输过程中的能耗问题,并基于粗粒度和细粒度的周期性能耗过程,结合视频帧间色块匹配问题来降低能耗,同时保证传输带宽,以及多媒体传感网的高覆盖率。文献[6]在无线网络中基于机会式网络编码技术研究了一种高效广播重传方法并验证了其有效性和可行性。叶松涛等人<sup>[7]</sup>在充分考虑了视觉传感器网络的通信特性和协同合作方式特征的基础上,建立了基于散度模型的图像压缩机制,该机制在降低图像数据规模的同时,通过传感网簇内节点的像素均分方法实现图像大面积扩散,从而提高接收方图像峰值信噪比,优化网络性能。

在无线传感网中,如果某些节点多次被选中作为中继转发节点,能量消耗过高过快而死亡,则极有可能导致网络整体传输跳数增加甚至崩溃。针对该问题,文献[8]基于地理位置

到稿日期:2014-02-10 返修日期:2014-03-04 本文受吉林省自然科学基金项目(yh2011022)资助。

于红(1968—),女,硕士,副教授,主要研究方向为传媒理论、网络安全等,E-mail:yuhong2786@163.com;朱丽莉(1959—),女,博士,教授,主要研究方向为传媒理论。

信息预测提出了一种路由算法,充分考虑了邻居节点的剩余能量,将节点转发数据控制机制结合预测值作为路由选择和协作节点选择的重要参考。同时,文献[9]针对节点能量资源严重受限的问题,将如何降低其能耗作为建立数据传输路径的主要依据,结合能量和距离的影响因素以簇为单位研究簇头节点实时状态,同时充分考虑发送、转发和接收功率的控制机制,引入分簇路由建立了基于簇头预测和功率控制的节能路由算法。

此外,文献[10]在无线单跳环境下,针对无线信道不稳定易受干扰从而严重影响系统效率的问题,考虑到无线网络中心节点的多样性传输数据的特点,基于网络编码技术提出一种传输控制机制并建立了一种基于编码组的数据传输框架。文献[11]在无线网络中充分考虑数据流特性的基础上采用随机线性编码和部分确认重传机制,提出了一种可靠传输机制。Govind Gupta 等人<sup>[12]</sup>根据无线传感网中部署的高密度节点间数据高冗余特点,基于数据传输过滤预测机制提出一种高效数据收集转发机制。Naser Zaeri 等人<sup>[13]</sup>分析了无线传感网服务覆盖特点,基于通用算法提出一种基于用户自定义的无线传感网覆盖技术及数据传输机制。

本文的主要工作包括:(1)根据多媒体传感网的数据传输特性和无线信道特征,建立一种基于幂函数回归曲线的预测算法;(2)针对在多媒体传感网上进行大数据通信的需求建立基于网络编码的数据传输控制机制;(3)针对多媒体传感网的多样性服务质量保障需求,提出基于预测和网络编码的大数据可靠传输机制,并通过数学分析和仿真实验证明了所提策略的高效性和有效性。

## 2 多媒体传感网平台

### 2.1 网络模型

在多媒体传感器节点部署密度较高的多媒体传感网平台上,各多媒体传感器节点部署的初始地理二维空间信息已知,随着节点的随机移动,该空间信息逐步成为未知数据。此外,每个多媒体传感器节点实时更新单跳可达距离的相邻多媒体传感器节点的相关信息,该信息包括相邻节点的二维空间信息、相邻信道的信噪比和移动速度等信息。维护二维空间信息和移动速度可以实时定位其它多媒体传感器节点,信噪比可以周期性洪泛操作监测无线信道,从而在最底层即物理层获得信道实时状态信息。

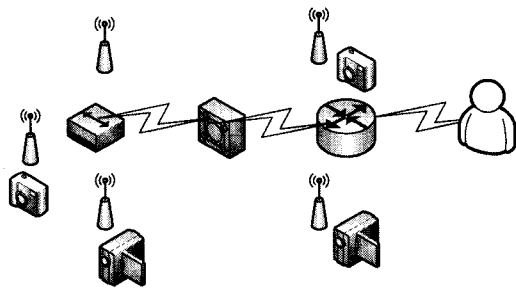


图1 多媒体传感网拓扑

当某多媒体传感器节点  $S$  准备发送多媒体数据到接收端节点  $D$  时,在二维空间上中间转发节点  $i$  一定是比节点  $j$  更接近接收端节点  $D$  的相邻节点或信道质量优于其它节点。中间节点集合  $R$  记录所有比节点  $S$  更接近  $D$  的相邻多媒体

传感器节点。SNR 记录 2 个多媒体传感器节点间的单跳转发多媒体传感器节点的无线信道质量如式(1)所示,该多媒体传感网平台如图 1 所示。

$$SNR = SNR_{R_i} + SNR_D + \sqrt{\frac{SNR_{R_i}}{SNR_D}} \quad (1)$$

其中,  $SNR_{R_i}$  表示相邻节点集合  $R$  中某个多媒体传感器节点与当前节点间的无线信道信噪比,  $SNR_D$  表示当前节点与接收端节点间的无线信道信噪比。

### 2.2 幂函数曲线回归预测模型

为了能够实时监测无线信道,为多媒体通信提供大数据传输保障,本文采用基于幂函数曲线回归预测节点二维地理空间移动距离。幂函数曲线是由  $x$  表示  $y$  的次幂函数回归曲线,如式(2)所示。

$$\hat{y} = ax^b \quad (2)$$

由式(2)可得到幂函数曲线回归图像,如图 2 所示。如果监测对象的二维分值以数对为单位监测值接近图 2 中任一曲线,则表明监测对象符合幂函数回归曲线,可以进行回归拟合。

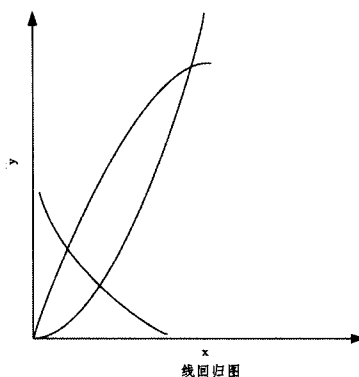


图2 幂函数曲线回归图

为了研究多媒体传感网大数据传输过程,采用幂函数回归曲线基于时间预测节点移动距离。分别给出了经过变换的原始值与变换后拟合值的对比结果以及原始值和预测值的对比结果,如图 3 所示。从图 3 可以看出,幂函数回归曲线可以很好地预测多媒体传感网节点移动距离等二维地理空间信息。

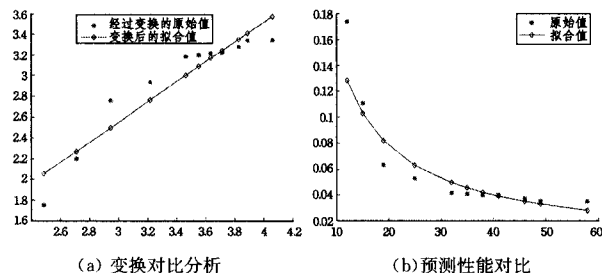


图3 幂函数曲线回归预测性能分析

## 3 基于网络编码的大数据传输控制机制

### 3.1 网络编码模型

在多媒体传感网中,在每个多媒体传感器节点和中间转发节点上采用网络编码技术,对网络层的由视频帧分割而成的数据包进行随机线性分解得到网络编码后的数据包,中间节点对这些分解后的数据包进行协同合作转发,直到接收端

节点正确解码并满足用户对服务质量的需求为止。

设定发送端多媒体传感器节点发送的多媒体大数据由  $L$  个视频帧构成,并分解为  $J$  个数据包,这些数据包又隶属于  $V$  个 GOP。接收端节点以 GOP 为单位,对收到的可靠数据包进行还原,从而得到可播放视频,以上关系如式(3)所示。

$$L_D = \text{GOP} \cdot \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \cdots & V_{1J} \\ V_{21} & V_{22} & \cdots & V_{2J} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ V_{L1} & V_{L2} & \cdots & V_{LJ} \end{bmatrix} \quad (3)$$

在式(3)的基础上,实现网络编码算法,记为  $NC(L, J)$ ,编码后冗余度记为  $Y$ ,当某个图像组(Group of Pictures, GOP)中的视频帧因为某些数据包的出错或丢失而无法还原时,NC 编码算法可以从冗余度为  $Y$  的冗余包中结合原始数据包加以还原从而减少重传次数。因此,网络编码技术非常适合在多媒体传感网上使用,可以为多媒体大数据通信提供有效保障,如图 4 所示。

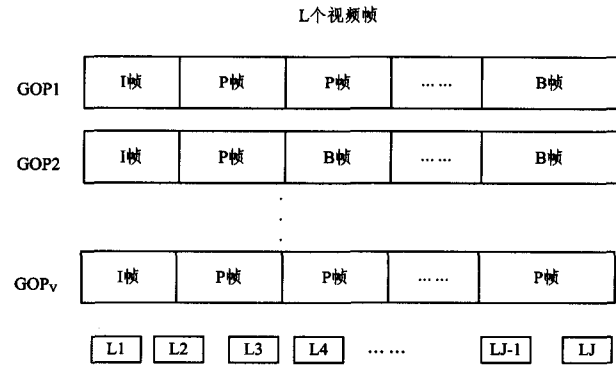


图 4 多媒体大数据网络编码方案

### 3.2 多媒体大数据可靠传输控制机制

基于以上在多媒体传感网上大数据通信时的幂函数回归曲线预测算法和多媒体数据的网络编码机制,建立了一种适用于多媒体传感网的能够提供大数据可靠传输和支持多样性服务质量保障的协同合作控制机制,记为 FNCBT,其工作流程描述如下:

步骤 1 在发送端节点或中间转发节点上采用幂函数回归曲线预测算法进行中继选择和节点二维空间地理信息计算。

步骤 2 在发送端节点和被选中的若干协作中继节点上执行网络编码 NC 算法,然后发送分解后的数据包。

步骤 3 执行步骤 1、步骤 2 操作直至接收端节点正确收到数据包或主动丢弃。

## 4 性能验证与测试

为了测试所提的适用于多媒体传感器网络的基于幂函数回归曲线预测和网络编码的大数据可靠传输机制 FNCBT 在多媒体传感网上的系统性能,通过 3 组实验从丢包率、平均时延、可解码帧率等方面与传统的传输控制机制(TCS)进行对比验证。

$M \times N$  个带有话筒、摄像头和图像采集器等设备的多媒体传感器节点随机部署在 2000 平方米的仿真场景中,簇内簇头节点、汇聚节点和接收端节点分别随机部署在场景中。多媒体传感器节点通信距离为 80 米。数据包长度为 2500 字节,洪泛包长度与数据包长之比为 0.08。其中  $RXThresh$  值

为  $5.82 \times 10^9$ ,  $CSThresh$  值为  $5.011 \times 10^{12}$ 。为了便于分析多媒体传感器节点密度对大数据通信性能的影响,定义  $T$  表示该值。

采用 Nakagami 分布模拟多媒体传感网无线信道,发送、转发和接收的信号功率采用 Poisson 分布,该功率如式(4)所示。

$$f(u, r, H) = \frac{r^k u^{k-1}}{\Gamma(r) H^k} \quad (4)$$

其中,  $H$  是 Poisson 分布函数,  $k$  表示 Nakagami 衰弱权值,  $H$  记录无线信道广播信号功率,可由式(5)得到。

$$H(SNR) = \frac{P_u P_r G_t}{SNR} \quad (5)$$

从图 5 可以看出,本文所提的 FNCBT 机制无论在何种节点密度情况下均保持较高的信噪比,从而为多媒体传感网大数据通信提供了高质量无线信道保障。

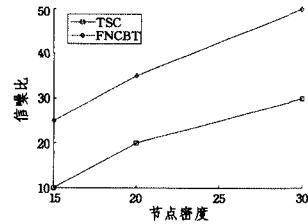
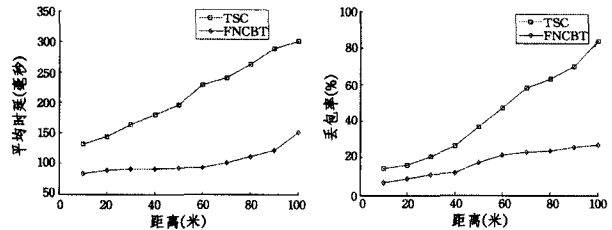
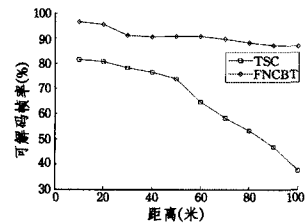


图 5 节点密度对信噪比的影响



(a) 平均时延

(b) 丢包率



(c) 可解码帧率

图 6 系统性能随距离的变化分析

第一组实验中,多媒体大数据发送端到接收端距离取值从 0 米到 100 米,步长为 10 米,接收端多媒体传感器节点移动速度从 0 米每秒到 2 米每秒向线性反方向随机移动。图 6 给出了所提 FNCBT 与传统 TCS 机制中,距离对端到端平均时延、丢包率和可解码帧率等系统性能的影响。随着距离的增大,基于幂函数回归曲线预测和网络编码的 FNCBT 大数据可靠传输机制的系统性能明显优于传统的 TCS 算法。短距离通信时,两种策略性能差距不大,随着距离的增大,传统机制的系统性能明显下降,当大于 100 米时已经难以提供多媒体通信使得接收端的可解码帧率下降至 35%,无法正常观察视频。然而,所提 FNCBT 机制因为采用幂函数回归曲线预测算法,能够准确实时获得接收端二维空间地理位置信息并从未待选中间转发节点中选择最佳节点进行中继协作传输从而提高资源利用率,能更好地适应动态拓扑下的大数据传输。

另外,从图 6(b)中可以看到 FNCBT 机制的系统丢包率并未因距离的增大而无限增大,而是保持较低的平稳状态,这得益于网络编码带来的系统增益。

第二组实验中,随着无线信道信噪比的变化,分析比较了所提 FNCBT 机制与传统 TCS 机制在系统吞吐率、平均重传次数、平均峰值信噪比(Peak to Signal Noise Ratio, PSNR)等系统性能的变化。信噪比变化范围是 $[-20\text{dbm}, 0\text{dbm}]$ ,步长为  $5\text{dbm}$ ,数据包个数从 1000 到 10000,以 100 个数据包每秒的速度发送。图 7 显示了信噪比电话对两种传输机制传输吞吐率、所需的平均重传次数和衡量视频质量的 PSNR 的变化规律。基于网络编码的算法显现出了比传统机制优越的性能。随着信道质量的提升,FNCBT 机制的吞吐率始终保持较高的稳定状态,然而传统 TCS 机制的吞吐率反而急剧下降,从而导致较高的大数据重传,使得平均 PSNR 在较好的信道上难以提升质量而是保持较低的变化趋势。FNCBT 机制因为采用网络编码技术,较好地融合了物理层比特和链路层数据帧的融合,得到信道协作增益,带来了较高的平均 PSNR,保障了多媒体大数据的接收质量,满足了用户的多样性需求。

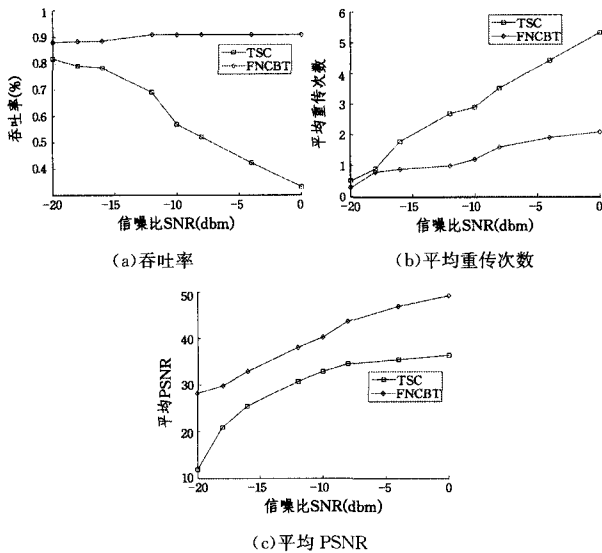


图 7 系统性能随着信道质量的对比分析

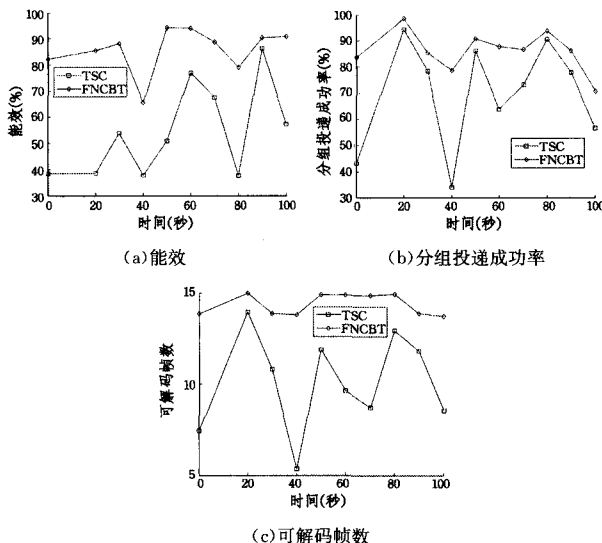


图 8 性能随着时间的验证分析

在无线传感器网络中,进行多媒体大数据长时间实时传

输对于节点以及整个网络的能效要求较高。因此第二组实验中,发送端节点将一段时长为 100 秒的中等质量多媒体数据发送至接收端节点,该段视频数据为 4CIF 分辨率,视频帧率为 32 帧每秒,图像组 GOP 为 22 帧。此外,结合第二组实验中的平均 PSNR,该组实验分析了平均主观评分(Mean Opinion Score, MOS)的变化情况,以便更好地分析多媒体数据视频质量。图 8 给出了随着时间的变化,所提 FNCBT 机制与传统 TCS 机制的能效、分组成功投递率以及可解码帧率的变化情况。

从图 8 中可以发现,传统的 TCS 机制的能效容易因无线信道的改变而发生突变,例如在 80 秒时,能效几乎降低至 35%,严重影响多媒体传感器节点的生命周期,容易导致节点死亡,而此时看到所提的 FNCBT 机制能效受到的影响较小,能效能够一直保持较高的稳定状态,有效延长多媒体传感网的生命周期,提供多媒体大数据的可靠传输。图 8(b)从分组成功投递率方面验证了所提机制的可靠性。总之,所提的 FNCBT 机制在保持高能效的同时提供了高可靠性的保障,从而为接收端播放视频质量提供了有效保障。

为了进一步分析所提可靠传输机制的性能,下面从算法复杂度出发进行对比分析,结果如表 1 所列。表 1 列出了所提基于网络编码的大数据可靠传输保障机制与传统机制的算法复杂度。

表 1 算法复杂度

算法	TCS	FNCBT
复杂度	$O(N^2)$	$O(N\log N)$

其中,FNCBT 算法的复杂度最低,而且结合上述基于时间、信道质量和时间的性能对比分析可以看出,其也是性能最好的方案,相比传统控制方案系统性能得到了显著改善。在多媒体传感网上,对于大数据通信采用传统算法,在实时性方面可以考虑以协作方式改善终端节点数据采集和处理效率,对于多跳传输过程中的性能保障,所提机制采用网络编码给出了有效保障。

**结束语** 本文针对多媒体传感网在大数据传输过程中多样性服务质量保障的需求,提出了一种基于幂函数回归曲线预测和网络编码的协同合作可靠传输机制,该机制在可靠性、实时性、能效和视频播放质量等方面表现出了优越的性能。针对多媒体传感网的动态拓扑和节点随机移动,建立了幂函数回归曲线预测算法,该算法能准确地预测节点移动速度和距离。同时在物理层和链路层采用网络编码技术的基础上,提出了适用于多媒体传感网大数据通信的协同合作可靠传输控制机制。针对多媒体传感网平台,通过 3 组实验对所提机制与传统机制在丢包率、吞吐率、能效、时延和可解码帧率等方面进行了性能测试与验证,结果证实了所提机制比传统机制具有更高的网络资源利用率、更高的可靠性和能效以及视频播放质量等性能。

## 参考文献

- [1] Zhang Yang, Meratnia N, Havinga P. Outlier Detection Techniques for Wireless Sensor Networks; A Survey[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2010, 12(2): 159-170

(下转第 124 页)

表1 算法运行时间比较

图像大小	方法	平均时间(s)
800×532	Fridrich et al. <sup>[4]</sup>	294.69
800×532	Popescu and Farid <sup>[5]</sup>	70.97
800×532	Irene Amerini <sup>[11]</sup>	4.94
800×532	本文方法	2.15

**结束语** 本文针对图像克隆篡改认证中的几何空间变化及畸变操作攻击研究了局部特征不变检测的认证算法,并提出了离群检测算法。本算法具有以下特点:首先利用自搜索方法在同一幅图像完成特征点的匹配,并通过标明匹配点对直观给出图像篡改检测结果。其次,利用尺度不变特征避开几何空间变换攻击,减少了误判,并能有效抵御畸变操作攻击。最后,通过离群检测提高对图像篡改的检出正确率。实验结果显示,本文算法不但对常见的旋转、缩放、拉伸等几何空间变化具有良好的检测效果,而且在加扰、模糊以及 JPEG 压缩等畸变攻击下也有较强的稳健性。在今后工作中,将进一步研究如何在匹配集中,通过特征点的特征域逐步生长出篡改区域。

## 参 考 文 献

- [1] 胡东辉,王丽娜,江夏秋,等.盲环境下的数字图像可信性评估模型研究[J].计算机学报,2009,32(4):675-687
- [2] 吴琼,李国辉,涂丹,等.面向真实性鉴别的数字图像盲认证技术综述[J].自动化学报,2008,34(12):1458-1466
- [3] Shivakumar B L, Baboo S S. Detecting copy-move forgery in digital images: a survey and analysis of current methods [J]. Global Journal of Computer Science and Technology, 2011, 10(7): 61-65
- [4] Fridrich J, Soukal D, Lukáš J. Detection of copy-move forgery in digital images [C]// Proceedings of Digital Forensic Research Workshop. Cleveland, OH, 2003: 231-240
- [5] Popescu A C, Farid H. Exposing digital forgeries by detecting traces of resampling [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2005, 53(2): 758-767
- [6] 骆伟祺,黄继武,丘国平,等.鲁棒的区域复制图像篡改检测技术[J].计算机学报,2007,30(11):1998-2007
- [7] 张静,冯占磊,苏育挺,等.基于像素匹配的图像复制-粘贴篡改检测算法[J].天津大学学报,2009,42(8):713-720
- [8] Pan X, Siwei L. Region duplication detection using image feature matching [J]. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2010, 5(4): 857-867
- [9] 王鑫,轩波,彭思龙,等.基于融合的高分辨率彩色图像拷贝-变换-移动篡改检测[J].中国图象图形学报(A),2010,15(7):1047-1053
- [10] 李生红,张爱新,郑燕双,等.基于 SIFT 的图像复制遮盖篡改检测技术[J].解放军理工大学学报:自然科学版,2009,10(4):339-343
- [11] Amerini I, Ballan L, Caldelli R, et al. A SIFT-based forensic method for copy-move attack detection and transformation recovery [J]. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2011, 6(3): 1099-1110
- [12] Lindeberg T. Scale-space [J]. Encyclopedia of Computer Science and Engineering (Benjamin Wah, ed), 2009, 4(1): 2495-2504
- [13] Mikolajczyk K, Schmid C. Scale and affine invariant interest point detectors [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(1): 63-86
- [14] Lin W, Li D. Adaptive downsampling to improve image compression at low bit rates [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(9): 2513-2521
- [15] Keren D, Peleg S, Brada R. Image sequence enhancement using sub-pixel displacements [C]// Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1988: 742-746
- [16] Lowe D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints [J]. International Journal of Computer Vision, 2004, 60(2): 91-110
- [17] Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector [C]// Proceedings of Fourth Alvey Vision Conference. Manchester, UK, 1988: 147-151
- [18] Mikolajczyk K, Schmid C. A performance evaluation of local descriptors [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(10): 1615-1630
- [19] Hartley R, Zisserman A. Multiple view geometry in computer vision (Second Edition) [M]. Cambridge University Press, 2004
- [20] CASIA TIDE v2. 0. CASIA tampered image detection evaluation database [EB/OL]. <http://forensics.idealtest.org>
- [21] MICC-F220 Dataset [EB/OL]. <http://jean.micc.unifi.it>

(上接第 94 页)

- [2] Misra S, Reisslein M, Xue G. A survey of multimedia streaming in wireless sensor networks [J]. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 2008, 10(4): 18-39
- [3] 尹浩,詹同宇,林闯.多媒体网络:从内容分发网络到未来互联网[J].计算机学报,2012,35(6):1120-1130
- [4] 任倩倩,李建中,王宇.无线传感器网络具有跟踪质量保证的节点选择算[J].计算机学报,2012,35(10):2009-2015
- [5] 沙超,孙力娟,王汝传,等.无线多媒体传感器网络中能量高效的采样和传输方法[J].通信学报,2011,32(2):1-10
- [6] 卢冀,肖篙,吴成柯.一种基于机会式网络编码的高效广播重传方法[J].电子与信息学报,2011,33(4):858-863
- [7] 叶松涛,林亚平,易叶青.视觉传感器网络中基于散度模型的协作式图像压缩机制[J].通信学报,2011,32(3):69-78
- [8] 林恺,赵海,尹震宇,等.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
- [9] 丁一鸣,吴昊,李承恕.无线传感器网络中一种基于簇头预测和功率控制的节能路由算法[J].铁道学报,2010,32(1):43-48
- [10] 陆一飞,陶军,沈呈.基于网络编码的无线单跳传输框架的研究与实现[J].通信学报,2010,31(4):45-54
- [11] Chen Jing, Li Tong, Du Rui-ying, et al. Efficient reliable opportunistic network coding based on hybrid flow in wireless network [J]. China Communications, 2011(7): 125-131
- [12] Gupta G, Misra M, Garg K. Energy efficient data gathering using prediction-based filtering in wireless sensor networks [J]. Int. J. of Information and Communication Technology, 2013, 5(1): 75-94
- [13] Zaeri N, Habib S. Exploration of sensor technology under simulation and measurement approaches [J]. Int. J. of Information and Communication Technology, 2011, 3(2): 116-130