ISSN 1000-9825, CODEN RUXUEW
Journal of Software, Vol.18, No.5, May 2007, pp.1122−1129
DOI: 10.1360/jos181122
© 2007 by *Journal of Software*. All rights reserved.

E-mail: jos@iscas.ac.cn
http://www.jos.org.cn
Tel/Fax: +86-10-62562563

无线多媒体传感器网络中一种自适应的报头压缩机制*

周新运[1,2+], 孙利民[1], 皇甫伟[1], 牛建伟[3]

[1](中国科学院 软件研究所,北京 100080)

[2](中国科学院 研究生院,北京 100049)

[3](北京航空航天大学 计算机学院,北京 100083)

An Adaptive Header Compression Scheme in Wireless Multimedia Sensor Networks

ZHOU Xin-Yun[1,2+], SUN Li-Min[1], HUANGFU Wei[1], NIU Jian-Wei[3]

[1](Institute of Software, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

[2](Graduate School, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

[3](School of Computer Science and Engineering, BeiHang University, Beijing 100083, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-10-62645408, Fax: +86-10-62645410, E-mail: xinyun01@ios.cn, http://www.ios.ac.cn

Zhou XY, Sun LM, Huangfu W, Niu JW. An adaptive header compression scheme in wireless multimedia sensor networks. *Journal of Software*, 2007,18(5):1122−1129. http://www.jos.org.cn/1000-9825/18/1122.htm

Abstract: Wireless multimedia sensor networks (WMSNs) transfer information-intensive data (e.g. audio, video, image), so it is necessary to utilize wireless channel efficiently. Header compression is a useful mechanism which can reduce the amount of data transferred and can improve channel utilization efficiency. Based on the characteristics of WMSNs, an advanced adaptive header compression (AAHC) scheme is proposed, which adjusts the parameters of compression algorithm according to the exact estimation of wireless channel state and adopts UDP (user datagram protocol) Lite as its transport layer protocol. This scheme can get high compression ratio and error-resistant robustness at the same time. The simulation results show that AAHC scheme outperforms the traditional ROHC (robust header compression) scheme and CRTP (compressed RTP) scheme.

Key words: wireless multimedia sensor network; header compression; W-LSB (window-based least significant bits) encoding; UDP (user datagram protocol) Lite

摘 要: 无线多媒体传感器网络传输大数据量的音频、视频、图像等数据,需要高效地利用宝贵的无线信道资源.报头压缩技术能够减小传输的数据量,提高信道利用效率.提出一种自适应的报头压缩机制 AAHC,基于对信道状态的准确估计,动态调整压缩算法的参数,并使用 UDP(user datagram protocol) Lite 协议作为传输层协议. AAHC 机制在获得较高压缩效率的同时,可保证报头压缩的抗差错鲁棒性.仿真结果表明,AAHC 机制的性能优于传统的 ROHC(robust header compression)机制和 CRTP(compressed RTP)机制.

* Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.60472076, 60673178, 60434030 (国家自然科学基金); the National Grand Fundamental Research 973 Program of China under Grant No.2006CB303007 (国家重点基础研究发展规划(973)); the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant.Nos.2006AA01Z218, 2006AA01Z215 (国家高技术研究发展计划(863))

Received 2006-12-30; Accepted 2007-03-05

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

关键词: 无线多媒体传感器网络;报头压缩;W-LSB(window-based least significant bits)编码;UDP(user datagram protocol) Lite
中图法分类号: TP393 文献标识码: A

随着电子技术、传感技术和无线通信技术的快速发展,无线传感器网络(wireless sensor network,简称 WSN)引起了广泛关注[1],被誉为全球未来三大高科技产业之一[2].无线传感器网络是由部署在监测区域中的大量传感器节点组成的多跳自组织的无线网络系统,它由各个传感器节点协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息,并将这些信息发送给感兴趣的用户[3].

无线多媒体传感器网络(wireless multimedia sensor network,简称 WMSN)[4,5]是一种特殊的无线传感器网络,是由一组具有感知、计算和通信能力的多媒体传感器节点组成的分布式传感器网络.它通过节点上多媒体传感器采集周边环境的多种媒体信息(音频、视频、图像等),通过多跳方式将数据汇集到汇聚节点,实现全面、有效的环境监测.

无线多媒体传感器网络通常由多媒体传感器节点(multimedia senor node)、汇聚节点(sink node)组成.在无线多媒体传感器网络中,传输的数据主要是音频和视频数据.视频数据的信息量非常巨大,如果在无线链路上持续传输视频数据,则无线信道带宽可能成为系统的瓶颈,同时,视频信息的传输和处理需要耗费大量的能量,这将导致能量有限的传感器网络迅速耗尽能量,网络的生存周期将大为缩短.为此,提出了唤醒协作机制[6],在平常的监测过程中,只传输音频信息,只有在特定事件发生时,才启动视频信息的传输.在这种机制下,既可以节省网络带宽资源和能量,又可以利用音频和视频信息获得所需要的丰富信息.

在无线多媒体传感器网络中,802.11 系列物理层标准得到了广泛的应用.802.11a[7]采用正交频分复用 OFDM(orthogonal frequency-division multiplexing)技术,工作于 5GHz 频段,最高可实现 54Mbps 传输速率.802.11b[8]标准工作于 2.4GHz 频段,根据接收信噪比分别采用 DBPSK(difference by phase shift keying),DQPSK (difference quarter phaseshift keying),CCK(colementary code keying)等 3 种调制技术,对应 1Mbps,2Mbps 和 5.5Mbps/11Mbps 这 4 种传输速率.802.11g[9]标准与 802.11b 标准兼容,工作于 2.4G 频段,采用 OFDM 调制技术,最高传输速率达到 54Mbps.在本文的仿真实验中,物理层采用 802.11g 标准.

在传输音频和视频过程中,每个数据帧都需要传输 RTP/UDP/IP 报头,RTP/UDP/IP 报头在 IPv4 协议族中长度为 40 字节,在 IPv6 协议族中长度为 60 字节.在音频传输过程中,每个 IP 数据分组中话音的有效载荷较小.以 GSM(global system for mobile communications)编码的话音为例,话音的有效载荷为 33 字节,IPv4 协议族中的 RTP/UDP/IP 报头为 40 字节,则报头占整个包长度的 55%;对 IPv6 协议族而言,报头所占比例更大.由此可见,在音频传输中,报头传输占据了大部分的带宽,浪费了宝贵的无线信道资源.为了提高多媒体传感器中无线信道的利用效率,需要引入报头压缩机制.在视频或图像的传输中,利用报头压缩同样可以提高无线信道的利用效率.

本文第 1 节介绍报头压缩的基本原理和研究进展.第 2 节介绍无线多媒体传感器网络无线信道的特点,提出典型的无线信道模型.第 3 节提出自适应的报头压缩机制,它基于无线信道模型准确评价信道状态,并修改算法的相应参数,达到压缩率和鲁棒性的平衡.第 4 节通过仿真实验验证本文提出的报头压缩机制.最后总结全文.

1 报头压缩的基本原理和研究进展

报头信息存在大量冗余:首先是包里的冗余,即不同协议的报头携带了相同信息或可推论的信息;其次是连续包之间的冗余,即同一个包流的前后包的对应字段间只有微小的变化.根据报头中各个字段的变化方式,可将其分为不变字段和变化字段.不变字段包括静态字段、静态已知字段和可推导字段.报头中的字段大部分是静态和静态已知字段,这些字段在第 1 次成功传输后就可以忽略.IPv4 中的报头校验和字段、IPv4 的分组长度和 UDP(user datagram protocol)包长度字段等属于可推导字段,这些字段可以从其他字段推导出来,对它们的压缩也比较简单.变化字段包括非归类推测字段、较少变化字段、静态变化字段和交替变化字段.UDP 的校验和字段属于非归类推测字段;IPv4 的服务类型字段属于较少变化字段;RTP 的序列号字段属于静态变化字段;IPv4 的

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

生存时间字段属于交替变化字段.所有这些变化字段都较难压缩.

RFC2508[10]提出了 CRTP(compressed RTP)报头压缩方案.在使用 UDP 校验和时,CRTP 能够将 40 字节的 RTP/UDP/IP 报头压缩到 4 个字节;在不使用 UDP 校验和时,能够压缩到 2 个字节.其缺点在于,在来回响应时间较长的有损链路上,一个包的丢失将导致在来回响应时间间隔内所有后续包的丢失.

RFC3095[11]提出了 ROHC(robust header compression)机制.它被设计为能在具有较长来回响应时间且差错率较高的链路上健壮、有效地进行报头压缩.在每个压缩的报头中包含了一个根据原始未压缩报头计算得到的校验和,基于该校验和可在本地修复上下文的同步丢失.在 RFC3095 中,ROHC 定义了为 3 种不同协议族设计的压缩类:RTP/UDP/IP 压缩类、UDP/IP 压缩类和 ESP/IP 压缩类.IETF ROHC 工作组在此基础上进一步提出了针对其他协议的压缩类,包括 IP 协议、TCP/IP 协议和 UDP Lite 协议等[12].

文献[13]提出了一种自适应的 TCP/IP 报头压缩算法,提出基于信道状态进行自适应调整以进一步提高压缩算法的性能.这种算法适用于无线 IP 网络中对 TCP/IP 报头的压缩.

无线多媒体传感器网络有自身的特点,需要结合无线多媒体传感器网络的特性提出相应的报头压缩算法.

2 无线多媒体传感器网络无线信道特性与建模

在 WMSN 网络中,无线信道具有以下特性:

高比特误码率:无线链路易出错,其比特误码率变化范围为 10^{-6}~10^{-3},最高甚至可达 10^{-2};

长延迟:无线链路的来回响应时间可长达 100~200ms;

衰落特性:无线信道中存在多种衰落,包括多径衰落和慢衰落等;

差错突发性:无线链路上的差错呈现出明显的突发特性.

文献[14]指出,可以近似用多态 Markov 模型模拟无线信道.

在文献[13]中,采用 Gilbert-Elliot(GE)信道模型,使用两状态 Markov 模型描述信道状态.根据接收信噪比将信道划分为无错状态和出错状态,分别由 G 和 B 表示.在 G 状态下,信道无差错,数据帧可以成功传输;而在 B 状态下,传送的数据帧出现错误,无法正确传输.两个状态之间可以相互转化.GE 信道模型如图 1 所示.

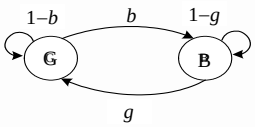

Fig.1 GE channel model

图 1 GE 信道模型

由于信道状态的多变性,仅用两个状态来描述无线信道将无法提供足够的信息,为了准确地刻画信道,需要提供更准确的信道模型.

本文采用三状态 Markov 模型(three states markov channel,简称 TSMC)来建模无线信道,根据接收比特误码率(bit error rate,简称 BER)来划分信道状态,相对于信噪比 SNR(signal-to-noise ratio),BER 可以屏蔽不同调制方式的影响,更好地反映信道的差错模型.

根据信道反馈的 SNR 值和所采用的调制方式,通过计算可获取信道的 BER 值.

记 E_b 为比特信号功率,N_0 为噪声功率,信噪比 SNR 可用二者的比值表示为

$$SNR=10\log(E_b/N_0) \tag{1}$$

对于 DBPSK 调制方式,BER 可以表示为

$$BER=\frac{1}{2}\mathrm{e}^{-\frac{E_b}{N_0}} \tag{2}$$

由此可知,通过 SNR 可以求得 BER.

对于 DQPSK 调制方式,其 BER 表示如下:

$$BER=Q\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) \tag{3}$$

其中,Q 函数定义见文献[15].同理,BER 可以表示为 SNR 的函数.

对于 CCK 调制方式,BER 则需要通过符号错误率 SER(symbol error rate)来计算,SER 是 SNR 的函数,其计算方式见文献[16],从而可以得到 BER 是 SNR 的函数.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

对于 OFDM 调制方式,BER 可以表示如下[17]:

$$\overline{BER}=\frac{1}{N_c}\sum_{p=0}^{N_c}BER[p] \tag{4}$$

$\overline{BER}$ 为所有 N_c 个子载波的比特误码率的均值.其中,每个子载波的比特误码率可以如下计算:

$$BER[p]=\frac{1}{N_s}\sum_{k=1}^{N_s}\phi(\gamma_k^{mmse}[p]) \tag{5}$$

式中$\phi(\gamma)$函数的定义见文献[18],它可以表示为 SNR 的函数,从而有平均比特误码率 $\overline{BER}$ 是 SNR 的函数.

将 BER 值的取值范围划分为 3 个区间,每个区间对应一个信道状态,这 3 个状态分别为:差状态 BS(bad state)、平均状态 AS(average state)和好状态 GS(good state).根据求得的 BER 值判定信道所处的状态.相对于原来的 GE 信道模型,TSMC 可以更准确地描述无线信道变化.TSMC 信道模型如图 2 所示.链路状态的转移概率矩阵可以表示为

$$P=\begin{pmatrix}1-p_{ga}-p_{gb} & p_{ga} & p_{gb}\\ p_{ag} & 1-p_{ag}-p_{ab} & p_{ab}\\ p_{bg} & p_{ba} & 1-p_{bg}-p_{ba}\end{pmatrix} \tag{6}$$

式中,p_{ga} 代表从 GS 状态转移到 AS 状态的概率;p_{gb} 代表从 GS 状态转移到 BS 状态的概率;$1-p_{ga}-p_{gb}$ 代表停留在 GS 状态的概率;p_{ag},$1-p_{ag}-p_{ab}$,p_{ab},p_{bg},p_{ba},$1-p_{bg}-p_{ba}$ 的含义依此类推.通过调节公式(6)中各个参数的值,就可以表示不同的无线链路特性.

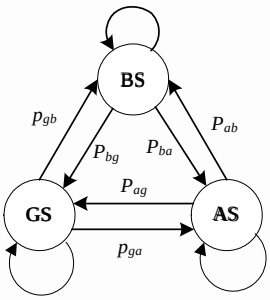

Fig.2 Three states Markov channel model

图 2 三状态 Markov 信道模型

3 AAHC(advanced adaptive header compression)机制

本文提出一种自适应的报头压缩机制 AAHC.该机制的原理如图 3 所示.报头压缩端采用健壮的 W-LSB (window-based least significant bits)编码方法对报头进行压缩;在报头压缩端实现信道评价器,基于信道的反馈信息评价信道状态,并自适应地调整 VSW(variable sliding window)窗口大小,以取得压缩率与鲁棒性的动态平衡;传输层采用 UDP Lite 协议,减小信道出错的影响,提高信道的吞吐量.

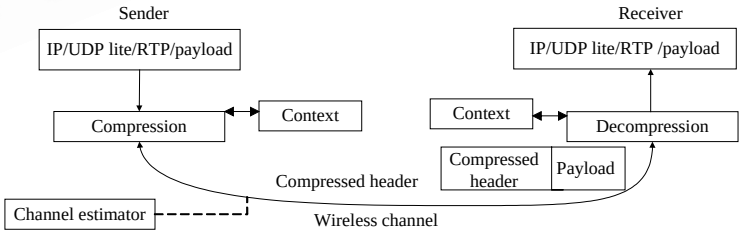

Fig.3 The principle diagram of AAHC header compression scheme

图 3 AAHC 报头压缩机制原理图

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

3.1 W-LSB编码

在传统的报头压缩方案中,解压器在解压缩时需要使用压缩器在压缩报头时所使用的参考基值,在恶劣的无线信道条件下,包含参考基值的包在信道上传输时可能丢失,造成无法正确解压缩.因而,传统的报头压缩机制在无线链路上无法很好地工作.W-LSB 编码机制通过可变滑动窗口 VSW,有效地解决了参考基值丢失所造成的无法正确解压缩的问题.同时,W-LSB 机制只传输最少的有效位数据,解压器据此即可得到新值,使得网络中需要传输的数据量最小化.

在 W-LSB 编码机制中,压缩端维护可变滑动窗口 VSW.它包含一组参考基值,解压器只要接收到 VSW 中的任何一个基值就可以正确解压压缩编码后的数据.只有当 VSW 中的所有基值全部丢失时,压缩器与解压器的上下文才会失去一致.利用 VSW 可以显著提高无线信道中报头压缩的鲁棒性.

VSW 的维护过程如下:初始化时,VSW 设置为空;当发送一个带 CRC 字段的数据分组后,压缩器将它作为基值加入到 VSW 中;当压缩器确信 VSW 中的某个基值不会再用于解压缩时,将其从 VSW 中删除,压缩器可以通过各种反馈机制获取基值是否还会被使用的信息.

报头中动态变化的字段通常都有自身特有的变化特性,例如,IP 报头的序列号字段总是加 1.对于变化较小的字段,因为值的高位在报头压缩期间保持不变,只需编码其最小的若干位,设为 k 位,这些比特可以描述一个值的相对参考值的变化.在链路上只需传输字段值的这 k 位数据,而不是整个值,因而可以显著增大压缩率.W-LSB 编码利用这一特征,在网络中只传输必需的、最少的有效位数据,使得网络中传输的数据量最小化.

确定 W-LSB 机制中所需传输的最低比特位数 k 的方法如下:首先,对于 VSW 中的每个基值 v_ref,求取满足条件的最小 k_ref 值,使得范围表达式 $f(v_ref,k_ref)$中包含要压缩的值,范围表达式 $f(v_ref,k_ref)$的定义如下:

$$f(v_ref,k_ref)=[v_ref-p,v_ref+(2^{k_ref}-1)-p] \tag{7}$$

其次,对 VSW 中的 N 个参考基值,求得这 N 个 k_ref 值中的最大值,这就是最终的 k 值.解压器在接收到这 k 个比特后,利用 VSW 中的任何一个基值就可以正确解压缩.

式(7)中,p 为一个整数,根据所传输的数据的变化特征,可以采取不同的取值策略:

若变化字段持续增加,可取 $p=-1$,此时变化范围为$[v_ref+1,v_ref+2^{k_ref}]$;

若变化字段保持不变或增大,可取 $p=0$,对应变化范围为$[v_ref,v_ref+2^{k_ref}-1]$;

若变化字段在某常值附近上下波动,可取 $p=2^{(k_ref-1)}-1$,对应地,$f(v_ref,k_ref)$的变化范围为$[v_ref-2^{(k_ref-1)}+1, v_ref+2^{(k_ref-1)}]$.

显然,可变滑动窗口 VSW 的大小 N 将决定报头压缩的压缩率.当 N 较小时,报头压缩率较高,但是鲁棒性较弱;相反,当 N 较大时,报头压缩的鲁棒性较强,但压缩率和带宽利用率较低.为此,需要根据信道状态的变化情况,动态调整 VSW 的大小,以取得更好的报头压缩效果.

3.2 UDP Lite协议

在 UDP 协议中,利用 UDP 校验和字段,为 UDP 数据报提供校验功能.当检测到校验和出错时,将丢弃收到的分组.如果业务的上层应用能够使用包含部分差错的净荷数据,则此时无须丢弃这些分组,这可以提高网络的吞吐量.但是,如果禁用 UDP 的校验和功能,则将失去原有的对 UDP 数据报的校验功能.为此,文献[19]提出了 UDP Lite 协议.

UDP Lite 协议使用 Coverage 字段取代 UDP 报头中的 Length 字段,由于 UDP 协议的字段只在网络传输路径的端节点使用,因此,这一改动对网络传输路径的中间节点是透明的.在 UDP Lite 机制中,校验和只校验从 UDP 报头开始的长度等于 Coverage 字段值的字节数.将 Coverage 字段设置为小于整个分组长度的值,可以将数据分为对差错敏感和对差错不敏感两部分.敏感部分数据发生差错,将导致整个分组数据被丢弃;而不敏感部分数据的差错将被忽略.

UDP Lite 协议提供了灵活性,把决定是否丢弃净荷数据中包含差错的分组的权力转移给上层应用本身.通过合理设置 Coverage 字段值,UDP Lite 协议可以保证不丢弃对上层应用有用的净荷数据,从而提高链路的吞吐

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

量.此外,UDP Lite 与 UDP 协议是兼容的,当 Coverage 字段值设置为整个分组长度时,UDP Lite 分组和 UDP 分组的内容完全一致.

3.3 AAHC机制

目前已有的报头压缩方案都没有将无线信道的状态考虑在内,无论信道的状态如何变化,采用的压缩方式都固定不变.无线信道具有突发差错特性,使得一成不变的压缩方案无法获取高性能.为此,本文基于无线多媒体传感器网络的无线信道模型,提出根据信道状态自适应调整 VSW 窗口大小的方法,以取得报头压缩率与鲁棒性之间的动态平衡,并在传输层采用 UDP Lite 协议,进一步提高无线网络的吞吐量.

根据第 3.1 节中对 W-LSB 机制的描述可知,可变滑动窗口 VSW 大小 N 决定报头压缩的效率.当无线信道处于不同的状态时,动态调整 N 值的大小,不仅能够获得很高的报头压缩率,而且能够获得很好的健壮性.调整的具体流程如下:

首先,根据历史数据,建立信道状态与 VSW 窗口大小值 N 之间的映射表,当信道处于 BS 状态时,N 值最大;当信道处于 AS 状态时,N 值较小;当信道处于 GS 状态时,N 值最小.

其次,报头压缩器端根据反馈的信噪比 SNR 信息,结合当前的调制方式,计算得到当前的比特误码率 BER 值.根据得到的 BER 值,判定信道的当前状态,从而动态调整 VSW 的窗口值 N.

在 AAHC 方案中,传输层采用 UDP Lite 协议.在缺省情形下,设置 UDP Lite 协议报头中 Coverage 字段值为 UDP Lite 报头长度,即校验和只校验报头,忽略净荷中的差错.上层应用也可以根据自身特点,设置不同的 Coverage 字段值.在 IP 报头的 Protocol 字段中,为 UDP Lite 协议设置不同于 UDP 的协议号,并采取类似于压缩传统 RTP/UDP/IP 报头的压缩方式来压缩 RTP/UDP Lite/IP 报头.

4 实验验证

为了评估本文提出的 AAHC 机制的性能,在 NS-2 中实现了 AAHC,ROHC 和 CRTP 机制,并对三者的性能进行了比较.我们在报头压缩端实现信道评价器,根据获取的 SNR 值,结合采用的调制方式,得到信道的 BER 值,评价当前的信道状态,并相应地设置 VSW 窗口大小,从而动态调整压缩率.

仿真的拓扑图如图 4 所示.网络采用单层结构,所有的多媒体传感器节点在网络中的地位平等,通过多跳方式与汇聚节点通信.物理层采用 802.11g 协议,传输速率为 54Mbps,调制方式为 OFDM.多媒体传感器节点向汇聚节点发送语音数据,在每个多媒体传感器节点上部署一个 VoIP 话音编码器,采用数据率为 13.2Kbps 的 GSM 编码器,每 20ms 产生一个 264bit 大小的语音数据包,采用 RTP/UDP Lite/IP 协议族传输语音数据包.UDP Lite 协议的 Coverage 字段值采用缺省值,即设置为 UDP Lite 头部的长度值.

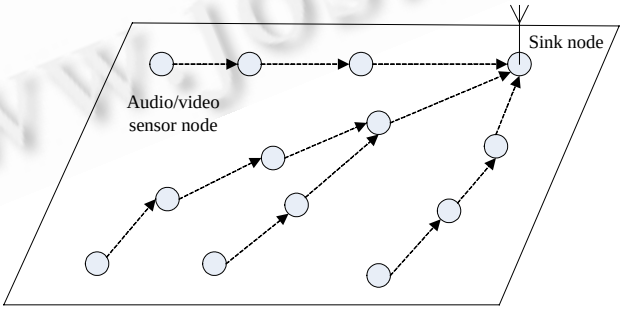

Fig.4 Topology graph of the simulation

图 4 仿真拓扑图

基于丢包率和平均报头长度这两个性能指标,我们对 3 种报头压缩机制的性能进行了对比.其中,丢包率反映了报头压缩机制的鲁棒性,平均报头长度反映了报头压缩机制的压缩率.

图 5 给出了不同信道比特误码率情形下的丢包率变化曲线.由图 5 可知,在抗差错鲁棒性上,AAHC 机制的

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

性能最优,其次为 ROHC 机制,表现最差的是 CRTP 机制.ROHC 的丢包率大约是 AAHC 的 3 倍,CRTP 的丢包率大约是 ROHC 的 8 倍.当信道误码率不超过 10^{-3} 时,AAHC 的丢包率低于 1%.

图 6 给出了不同信道比特误码率情形下的平均报头长度变化曲线.由图 6 可知,在压缩率上,同样地,AAHC 机制的性能最优,其次为 ROHC 机制,表现最差的是 CRTP 机制.AAHC 机制下,RTP/UDP Lite/IP 报头经过压缩后,其平均长度仅略大于 1 字节,在 ROHC 机制下,RTP/UDP/IP 报头压缩后,平均长度为 3 字节左右,而在 CRTP 机制下,RTP/UDP/IP 报头压缩后,其平均长度大于 4 字节.

从仿真结果可知,AAHC 机制在压缩率和抗差错鲁棒性方面都优于传统的 ROHC 和 CRTP 机制.

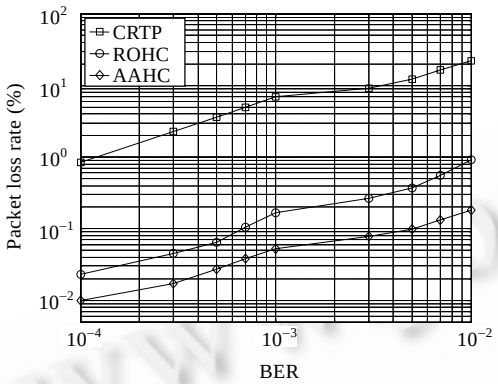

Fig.5 Packet loss rate vs. BER

图 5 丢包率与 BER 的关系

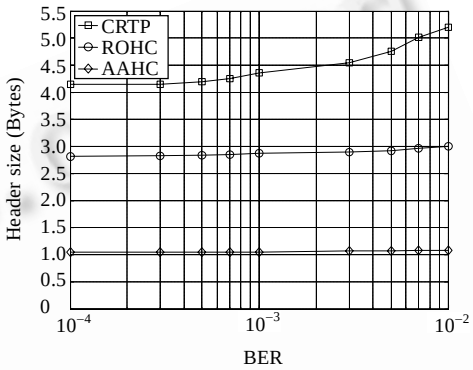

Fig.6 Header size vs. BER

图 6 报头长度与 BER 的关系

5 结束语

本文提出了一种无线多媒体传感器网络中自适应的报头压缩机制.通过准确估计无线信道的状态,自适应地调整报头压缩算法的参数,即调整 W-LSB 编码的 VSW 窗口的大小,以此来动态调整报头压缩率,取得报头压缩与抗差错鲁棒性的平衡;在传输层采用 UDP Lite 协议,只有对差错敏感的数据传输出错才需要重传数据分组,这进一步提高了网络的吞吐量.仿真结果表明,在无线多媒体传感器中,AAHC 机制在报头压缩率和抗差错鲁棒性方面与传统的 ROHC 机制和 CRTP 机制相比都有较大的提高.AAHC 机制的丢包率仅为 ROHC 机制的 1/3 左右,为 CRTP 机制的 1/24 左右.在 AAHC 机制下,RTP/UDP Lite/IP 报头压缩后平均长度仅略大于 1 字节,远远小于 ROHC 和 CRTP 机制的平均报头长度.

References:

[1] Li JZ, Li JB, Shi SF. Concepts, issues and advance of sensor networks and data management of sensor networks. Journal of Software, 2003,14(10):1717−1727 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1717.htm

[2] Sun LM, Li JZ, Chen Y, Zhu HS. Wireless Sensor Network. Beijing: Tsinghua University Press, 2005 (in Chinese).

[3] Akyildiz I, Su W, Sankarasubramaniam Y, Cayirci E. A survey on sensor networks. IEEE Communications Magazine, 2002,40(8): 102−114.

[4] Mao HD, Tao D. Multimedia sensor network and its research progresses. Journal of Software, 2006,17(9):2013−2028 (in Chinese with English abstract). http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/2013.htm

[5] Akyildiz I, Melodia T, Chowdhury KR. A survey on wireless multimedia sensor networks. Elsevier, 2006. http://www.ece.gatech.edu/research/labs/bwn/multimedia.pdf

[6] Smeaton AF, McHugh M. Towards event detection in an audio-based sensor network. In: Aggarwal JK, Cucchiara R, Chang E, Wang YF, eds. Proc. of the ACM VSSN 2005. New York: ACM Press, 2005. 87−94.

[7] IEEE standard for wireless LAN medium access control (MAC) and physical (PHY) layer specifications. IEEE std 802.11a-1999, 1999.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn

[8] IEEE standard for wireless LAN medium access control (MAC) and physical (PHY) layer specifications. IEEE std 802.11b-1999/Cor 1-2001, 2001.

[9] IEEE standard for wireless LAN medium access control (MAC) and physical (PHY) layer specifications. IEEE std 802.11g, 2003.

[10] Casner S, Jacobson V. Compressing IP/UDP/RTP headers for low-speed serial links. Request for Comments RFC2508, IETF, 1999.

[11] Bormann C, Burmeister C, Degermark M, Fukushima H, Hannu H, Jonsson LE, Hakenberg R, Koren T, Le K, Liu Z, Martensson A, Miyazaki A, Svanbro K, Wiebke T, Yoshimura T, Zheng H. RObust header compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed. Request for Comments RFC3095, IETF, 2001.

[12] http://www.ietf.org/html.charters/rohc-charter.html

[13] Wu YC, Huang K, Zheng JP, Sun LM, Cheng WM. An adaptive robust TCP/IP header compression algorithm. Journal of Computer Research and Development, 2005,42(4):655−661 (in Chinese with English abstract).

[14] Wang HS, Moayeri N. Finite-State Markov channel—A useful model for radio communications channels. IEEE Trans. on Vehicular Technology, 1995,44(1):163−171.

[15] Rappaport TS. Wireless Communications: Principles and Practice. Prentice Hall, 1996.

[16] Sheng LZ. The research on quality of service for real-time traffic in IEEE 802.11 based wireless local area network [Ph.D. Thesis]. Beijing: Institute of Software, the Chinese Academy of Sciences, 2006 (in Chinese with English abstract).

[17] Zhou SL, Li BS, Willett P. Recursive and trellis-based feedback reduction for MIMO-OFDM with rate-limited transmit beamforming. IEEE Trans. on Wireless Communications, 2006,5(12):3400−3405.

[18] Cho K, Yoon D. On the general BER expression of one- and two-dimensional amplitude modulations. IEEE Trans. on Communications, 2002,50(7):1074−1080.

[19] Larzon LA, Degermark M, Pink S. The UDP Lite protocol. IETF Internet Draft, 2002.

附中文参考文献:

[1] 李建中,李金宝,石胜飞.传感器网络及其数据管理的概念、问题与进展.软件学报,2003,14(10):1717−1727. http://www.jos.org.cn/1000-9825/14/1717.htm

[2] 孙利民,李建中,陈渝,朱红松.无线传感器网络.北京:清华大学出版社,2005.

[4] 马华东,陶丹.多媒体传感器网络及其研究进展.软件学报,2006,17(9):2013−2028. http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/2013.htm

[13] 吴亦川,黄奎,郑建平,孙利民,程伟明.一种自适应的 TCP/IP 报头压缩算法.计算机研究与发展,2005,42(4):655−661.

[16] 盛凌志.基于 IEEE 802.11 系列协议的无线局域网实时业务服务质量保证机制研究[博士学位论文].北京:中国科学院软件研究所,2006.

周新运(1979－),男,湖南邵阳人,博士生,主要研究领域为无线局域网,无线传感器网络.

皇甫伟(1975－),男,博士,副研究员,主要研究领域为光网络,无线网络,传感器网络.

孙利民(1966－),男,博士,研究员,CCF 高级会员,主要研究领域为无线传感器网络,宽带社区综合网络.

牛建伟(1969－),男,博士,副教授,CCF 高级会员,主要研究领域为移动计算,移动流媒体,无线传感器网络.

© 中国科学院软件研究所 http://www.jos.org.cn