

基于网络编码的体域网可靠数据传输方法研究

李燕香, 曹小凤

(太原工业学院计算机工程系, 山西 太原 030008)

摘要: 随着电子技术的迅速发展, 以能够检测及采集人体生理数据、应用于健康监控、医疗保健、体育竞技等领域的体域网应用越来越广泛。但是由于人体姿态处于不停移动变化中, 无线体域网的网络环境很不稳定, 数据传输的可靠性较低。针对这一问题, 本文引入网络编码技术, 以简化的网络拓扑为模型提出一种基于网络编解码的中继算法, 并分析了该算法的网络传输可靠性。最后, 以丢包率作为网络可靠性衡量指标, 仿真结果表明: 该算法与传统的数据传输算法相比, 在一定程度上提高了数据传输的可靠性。

关键词: 无线体域网; 网络编码; 数据可靠传输

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

Research on the Reliable Data Transmission Method of Body Area Network Based on Network Coding

LI Yanxiang, CAO Xiaofeng

(Department of Computer Engineering, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China)

Abstract: With the rapid development of electronic technology, Body Area Network (BAN) has been widely used in detecting and collecting human physiological data, health monitoring, health care, sports and other fields. However, because the human body posture is constantly changing, the network environment of Wireless Body Area Network (WBAN) is very unstable, and the reliability of data transmission is low. In order to solve this problem, this paper introduces network coding technology and proposes a relay algorithm based on network coding and decoding, taking simplified network topology as a model, and analyses the reliability of the algorithm in network transmission. Finally, the packet loss rate is used as a measure of network reliability. The simulation results show that the proposed algorithm improves the reliability of data transmission to a certain extent compared with traditional data transmission algorithms.

Keywords: Wireless Body Area Network (WBAN); network coding; reliable data transmission

1 引言(Introduction)

无线体域网(Wireless Body Area Network, WBAN)是一种特殊的无线传感器网络。它是由穿戴在人体表面或者移植在人体内部的用于收集人体生理参数的传感器及信息处理中心组成^[1,2]。体域网通过检测人体生理数据, 在远程医疗, 帮老助残, 目击者救护等诸多领域医用广泛^[3]。然而, 随着人体姿势的变化, 体域网的拓扑结构是一个实时变化的网络,

节点之间的通信质量较差, 如何提高体域网节点之间通信的可靠性, 有着重要的研究意义。

本文将网络编码技术应用到无线体域网的数据传输过程中提高数据传输可靠性。文献[4]将网络编码应用于无线 Ad Hoc 网络; 文献[5]通过实验数据验证了将无线广播特性与网络编码结合对数据传输可靠性的提高; 文献[6]提出一种基于网络编码的多路径可靠传输策略; 但是将网络编码应用到

域网的研究相对较少,是一个较新的研究方向。

2 基于BAN网络编码算法(BAN-based network coding algorithm)

2.1 网络模型

本文采用六个源节点,两个中继节点,一个汇聚节点的网络拓扑模型模拟多中继无线体域网网络模型,如图1所示。

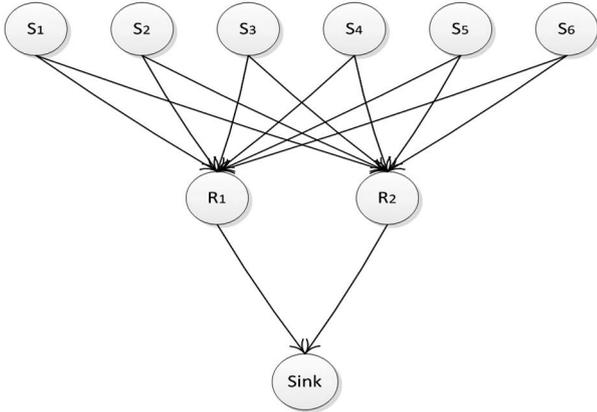


图1 六源二中继网络拓扑图

Fig.1 Network topology of six sources and two relays

为了提高数据传输的可靠性,对中继节点接收到的数据包进行网络编码,并在汇聚节点对数据包进行解码操作,同时对数据包进行去重复操作。

2.2 编码算法

用结合 U 表示中继节点接收到的数据包集合, $U = \{U_1, U_2, U_3, U_4, U_5, U_6\}$ 用集合 C 表示编码后的数据包集合, $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6\}$ 。编码方式如下^[7]:

$$\begin{aligned} C_1 &= U_1, C_2 = U_2, \dots, C_k = U_k, C_{k+1} \\ &= U_{k+1} \oplus U_{k+2}, \dots, C_{n-1} = U_{n-1} \oplus U_n, C_n = U_n \oplus U_1 \end{aligned} \quad (1)$$

其中, k 表示没有进行编码的数据包个数。不同的 k 编码效果不同,本文中 $k=2$ 。编码结果如表1所示。

表1 中继节点网络编码结果

Tab.1 Network coding results of relay nodes

中继节点	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
R_1	S_1	S_2	$S_3 \oplus S_4$	$S_4 \oplus S_5$	$S_5 \oplus S_6$	$S_6 \oplus S_1$
R_2	S_4	S_5	$S_6 \oplus S_1$	$S_1 \oplus S_2$	$S_2 \oplus S_3$	$S_3 \oplus S_4$

进行网络编码时,数据包如表2所示。

表2 网络编码数据包格式

Tab.2 Network-coded packet format

GID	EV	Data
-----	----	------

GID: 数据在发送时按照一定的时间间隔通信,该字段代表是同一个时间间隔标识。每经过一次数据采集间隔,该字

段自动加1。

EV: 编码向量:本文中 k 的取值为2,因此EV有两个分量 $\{i, j\}$ 。分别表示数据包来自两个传感器节点 i 和 j 。

Data: 经过编码的数据包。

2.3 解码算法

汇聚节点接收到来自中继节点的编码数据包(用 A_{ij} 表示这些数据包的数据字段)后,将其放置在矩阵 $D\{n, n\}$ 中, n 为传感器节点个数,矩阵 D 如下所示。

$$D = \begin{bmatrix} A_{11}, A_{12}, 0, 0, 0, 0 \\ 0, A_{22}, A_{23}, 0, 0, 0 \\ 0, 0, 0, A_{34}, 0, 0 \\ 0, 0, 0, A_{44}, A_{45}, 0 \\ 0, 0, 0, 0, A_{55}, A_{56} \\ A_{61}, 0, 0, 0, 0, 0 \end{bmatrix}$$

其中, $D(i, j) = A_{ij}$ 。

$D(i, j) = 0$: 来自传感器节点 i 和 j 的编码数据不存在或丢失。

$D(i, j) \neq 0$ 且 $i \neq j$: 来自传感器节点 i 和 j 的编码数据接收成功接收并保存。

$D(i, j) \neq 0$ 且 $i = j$: 来自传感器节点 i 或 j 的原始未编码数据成功接收并保存。

汇聚节点对保存的数据包首先进行去重检测,将从后续节点接收到的冗余数据包从解码数据中删除(通过EV标识);然后进行数据补全,补全后的矩阵 $D\{n, n\}$ 如下:

$$D = \begin{bmatrix} A_{11}, A_{12}, 0, 0, 0, A_{16} \\ A_{21}, A_{22}, A_{23}, 0, 0, 0 \\ 0, A_{32}, 0, A_{34}, 0, 0 \\ 0, 0, A_{43}, A_{44}, A_{45}, 0 \\ 0, 0, 0, A_{54}, A_{55}, A_{56} \\ A_{61}, 0, 0, 0, A_{65}, 0 \end{bmatrix}$$

最后,反复执行解码操作,直到矩阵 $D\{n, n\}$ 的主对角线全不为零,即所有数据包被解码成功:

$$S_i \oplus (S_i \oplus S_j) = S_j, \text{ 对于 } D(i, i) = 0$$

$$S_i = S_j \oplus (S_j \oplus S_i) = D(j, j) \oplus D(i, j) \quad (2)$$

3 实验分析(Experimental analysis)

本文将不能被成功解码的数据包视为数据包丢失,并以数据包的丢失率(Packet Loss Rate, PLR)作为网络的可靠性的衡量。采用蒙特卡洛方法,与其他两种数据传输机制对比,在不同误码率(Bit Error Rate, BER)、数据包错误率(Packet Error Rate, PER)下,对比网络PLR,验证了本文提出的算法

能够对数据可靠传输带来一定的改善。

Comparing Algorithm1:将数据直接以单链路机制发送到汇聚节点。

Comparing Algorithm2:冗余传输机制。任何数据包都发送两次。

误码率BER由无线电信号的信噪比和调制方式决定,如果给定BER,则数据包错误率(Packet Error Rate,PER)如下^[8]:

$$PER = 1 - (1 - BER)^k \quad (3)$$

k 表示数据包的长度。

如果不适用前向纠错或重传技术,则 $PLR = PER$;如果使用冗余传输,则 PLR 如下^[9]:

$$PLR = [1 - (1 - BER)^k]^R = (PER)^R \quad (4)$$

R 表示重传次数。

当数据包为1000bits时,网络 PLR 随 BER 及 PER 的变化曲线如图2所示。

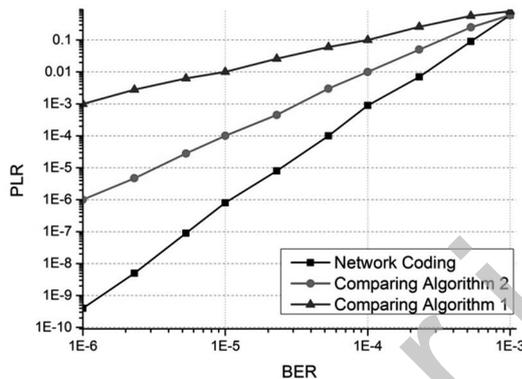


图2 PLR随BER变化图

Fig.2 PLR versus BER

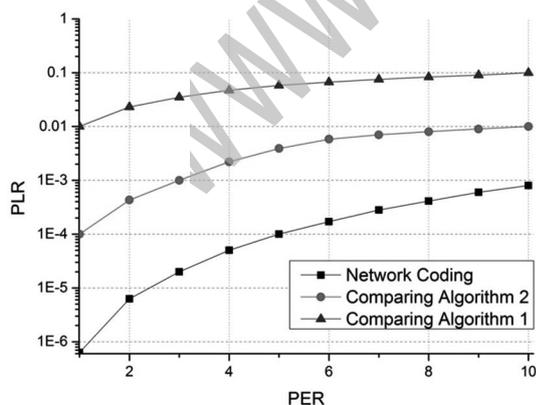


图3 PLR随PER变化图

Fig.3 PLR versus PER

实验数据表明,不同的网络环境BER下,网络编码能够在一定程度上降低 PLR ,提高数据传输可靠性^[10]。

4 结论(Conclusion)

本文针对体域网网络环境不稳定,数据传输可靠性低的问题提出一种基于网络编码的编解码算法提高数据传输可靠性,并通过与传统网络传输机制对比,通过仿真模拟实验验证了本算法对数据传输可靠性有一定的改善。

参考文献(References)

- [1] Wang Y D,Liu Y.Analysis and Comparison of WSN Routing Protocols Oriented to WBAN[J].Applied Mechanics and Materials,2012(241-244):952-955.
- [2] Sun F,Liu Y,Xurigan S,et al.Research of Clothing Sales Prediction and Analysis Based on ID3 Decision Tree Algorithm[C].2015 International Symposium on Computers and Informatics,2015.
- [3] Yessad N,Omar M,Tari A,et al.QoS-based routing in Wireless Body Area Networks:a survey and taxonomy[J].Computing,2017.
- [4] Asterjadhi A,Fasolo E,Rossi M,et al.Toward network coding-based protocols for data broadcasting in wireless ad hoc networks[J].IEEE Transactions on Wireless Communications,2010,9(2):662-673.
- [5] 蒋莹,吴蒙.WSN基于网络编码数据传输可靠性研究[J].计算机技术与发展,2013(4):148-150.
- [6] 陈书阳,冯海林.多路径网络编码的传输可靠性提高策略[J].四川大学学报,2018,55(4):712-718.
- [7] Marinkovic S,Popovici E.Network coding for efficient error recovery in wireless sensor networks for medical applications[C].Emerging Network Intelligence,2009 First International Conference on.IEEE,2009:15-20.
- [8] 朱晓娟,陆阳,邱述威,等.无线传感器网络数据传输可靠性研究综述[J].计算机科学,2013,40(9):1-7.
- [9] 刘毅,宋余庆.无线体域网技术研究[J].小型微型计算机系统,2013,34(8):1757-1762.
- [10] 李燕香.基于网络编码的BAN数据可靠通信方法研究[D].吉林大学,2016.

作者简介:

李燕香(1994-),女,硕士,助教.研究领域:无线体域网.

曹小凤(1989-),女,硕士,讲师.研究领域:人工智能,数据挖掘.