

一种用于车载网络通信管理的逻辑环机制研究

王跃飞,陶绍源,曹三峰,侯亮,杨锦

(1. 合肥工业大学机械与汽车工程学院,安徽合肥 230009;2. 安全关键工业测控技术教育部工程研究中心,安徽合肥 230009)

摘要: 车载通信网络管理(NM)系统的性能直接影响到汽车电子网络通信安全.对 OSEK NM 中逻辑环机制实际运行状态进行建模,建立各工作状态间转换模型;引入 NM 诱导报文和逻辑环不稳定时间,定量分析 OSEK NM 逻辑环不稳定工作状态,推导出度量逻辑环工作性能的计算公式;提出一种支持第二直接后继的逻辑环建环机制,给出该机制下逻辑环的工作性能.实验结果表明:相对于 OSEK NM,支持第二直接后继的建环机制不仅能够提高车载 NM 的实时性,而且能有效降低 NM 对用户报文传输的不良影响.

关键词: 车载网络; 不稳定状态; 第二直接后继; 建环机制; OSEK 网络管理

中图分类号: TN911 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2014)11-2280-06

电子学报 URL: <http://www.ejournal.org.cn>

DOI: 10.3969/j.issn.0372-2112.2014.11.023

Research on Logical Ring for Vehicular Network Communication Management

WANG Yue-fei, TAO Shao-yuan, CAO San-feng, HOU Liang, YANG Jin

(1. School of Mechanical and Automotive Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, Anhui 230009, China;

2. Engineering Research Center of Safety Critical Industry Measure and Control Technology, Ministry of Education, Hefei, Anhui 230009, China)

Abstract: The performance of vehicular network management has a great effect on communication safety between automotive electronic systems. The practical working states of OSEK NM logical ring are modeled and a transition model among working states is established. The definitions of NM induced message and logical ring instable time are introduced, and the equations to evaluate NM performance are derived after the instable state is analyzed quantitatively. A scheme of building ring with second immediate successor is presented and its performance is also analyzed. Experiments show that compared to OSEK NM, the scheme in this paper can effectively improve real time of vehicular NM and reduce its bad interruption on the user message transmission.

Key words: vehicular network; instable state; second immediate successor; building ring; OSEK network management

1 引言

随着 CAN、FlexRay 等总线应用到汽车动力、底盘等安全关键控制系统中,车载网络通信的可靠性和安全性成为整车运行安全的关键因素之一^[1,2]. OSEK (Offene Systeme und deren Schnittstellen für die Elektronik im Kraftfahrzeug)直接 NM(Network Management)(简称 OSEK NM)系统具有网络状态实时监测与错误处理、通信协同挂起与唤醒等功能,是当前主流的车载网络通信安全保障机制^[2~4].

OSEK NM 是一种基于逻辑环(Logical Ring)的分布式车载 NM 机制,对其研究主要集中于常见汽车总线(CAN、FlexRay)系统中 NM 机制的设计与实现方法上.

文献[5]通过剔除合并冗余节点状态提出一种改进的 OSEK NM 状态转换方法,有效减少系统初始化时间;文献[6]设计 NM 消息及其消息间响应时序,给出 NM 消息的 CAN 帧结构和处理算法;文献[7]提出在 FlexRay 网络通信周期动态段中实现 OSEK NM 的方法.文献[8]对比分析 OSEK 直接 NM 和间接 NM 两种方法的优缺点,在 CAN 和 LIN 系统中分别实现这两种方法.文献[9,10]将网络负载率作为判决条件提出了节点动态选择直接与间接 NM 的方法.

OSEK NM 功能的正确实现是以逻辑环稳定工作为前提的,当逻辑环处于不稳定状态时,NM 管理功能将会丧失^[2].目前对于逻辑环工作状态及 OSEK NM 性能的研究较少,国内外公开发表的相关文献非常有限.主

收稿日期:2013-08-05;修回日期:2014-07-29;责任编辑:孙瑶

基金项目:国家自然科学基金(No. 61202096);教育部留学回国人员科研启动基金(No. [2013]693);安徽省自然科学基金(No. 1208085QF118);安徽省省级高等学校自然科学研究项目(No. KJ2012A226);中央高校基本科研业务费专项资金(No. 2013HGCH0014);安徽省科技攻关项目(No. 1101c0603059)

要有文献[11]用有限状态机描述节点内部 OSEK 状态及其转换关系,但没有对逻辑环工作状态建模分析;文献[12]提出稳定工作状态下通过动态地改变定时器的取值来改变 NM 性能,但没有考虑 NM 消息对用户消息的影响;针对逻辑环的不稳定状态,文献[13,14]分别给出特定情形下逻辑环的最差响应时间和可靠性定义及其计算方法,但这些方法缺乏对逻辑环工作性能全面分析,不具一般性。

在上述研究基础上,本文对 OSEK NM 逻辑环工作状态进行建模,研究逻辑环不稳定状态对于 NM 实时性和正常网络传输的不良影响,提出支持第二直接后继的建环方法 (Building Ring with Second Successor, BRSS), 为建立高可靠的车载网络通信在线保障机制提供支撑。

2 OSEK NM 逻辑环工作状态

OSEK NM 是一个独立于具体网络协议的逻辑概念,是将网络节点按 ID 从小到大顺序连接在一起形成的环状逻辑结构。逻辑环机制通过 NM 报文和定时器来实现后继更新、节点跳过检测和逻辑环维持等功能,其中使用较多的是 alive 与 ring 报文、TTyp 与 TMax 定时器^[2,12]。

从 NM 系统运行来看,逻辑环可分为启动 (LR_Startup)、运行 (LR_Run) 和关闭 (LR_Off) 3 种工作状态,其转换关系可用有限状态机来表述^[11]。设 $SM_1 = (\Sigma_1, S_1, s_{01}, \delta_1, q_1)$ 为逻辑环工作状态。 $S_1 = \{LR_Startup, LR_Run, LR_Off\}$, 初始状态 $s_{01} = LR_Startup$, 终止状态 $q_1 = LR_Run$ 。外部触发条件的集合 $\Sigma_1 = \{\tau_{11}, \tau_{12}, \tau_{13}, \tau_{14}\}$, τ_{11} 为全部在线节点入环完毕, τ_{12} 为所有在线节点进入休眠, τ_{13} 为全部节点均已离线, τ_{14} 为节点被唤醒或者上电。状态转换函数集合 $\delta_1 = \{\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{13}\}$, δ_{11} 判断全部节点是否已入环完毕, $LR_Startup \times \tau_{11} \rightarrow LR_Run$; δ_{12} 判断是否当前全部节点都已经休眠或均不在线, $LR_Run \times (\tau_{12} \cup \tau_{13}) \rightarrow LR_Off$; δ_{13} 判断是否有节点被唤醒或上电, $LR_Off \times \tau_{14} \rightarrow LR_Startup$ 。设 $SM_2 = (\Sigma_2, S_2, s_{02}, \delta_2, q_2)$ 为运行状态 (LR_Run)。 $S_2 = \{LR_Stable, LR_Instable\}$, 初始状态 $s_{02} = LR_Stable$, 终止状态 $q_2 = LR_Stable$ 。外部触发条件集 $\Sigma_2 = \{\tau_{21}, \tau_{22}\}$, τ_{21} 为有节点加入或退出逻辑环, τ_{22} 为全部在线节点重新组环完毕。状态转换函数集合 $\delta_2 = \{\delta_{21}, \delta_{22}\}$, δ_{21} 判断是否有节点加入或退出逻辑环, $LR_Stable \times \tau_{21} \rightarrow LR_Instable$; δ_{22} 判断是否全部在线节点重新组环完毕, $LR_Instable \times \tau_{22} \rightarrow LR_Stable$ 。

在 SM_2 中只有逻辑环处于 LR_Stable 状态时 NM 各项功能才能正常实现^[2], 而处于节点加入或退出逻辑

环造成的 LR_Instable 状态时 NM 功能将无法正常进行, 进而影响 NM 系统工作性能。

3 逻辑环 LR_Instable 状态分析

3.1 定义与假设

定义 1 (NM 诱导报文) 在 LR_Instable 状态下, 由定时器超时、跳过检测等 OSEK NM 机制产生的网络管理报文, 其数量记作 $N_{induced}$ 。

定义 2 (逻辑环不稳定时间) 从逻辑环进入 LR_Instable 时刻起, 到没有任何 alive 报文在网络中被传送, 且有唯一 ring 报文沿逻辑环第一次完整传递一圈为止, 所经历的时间长度, 记作 $T_{instable}$ 。

$N_{induced}$ 表示 LR_Instable 下产生的 NM 报文数量, 其值越小表明 NM 对带宽要求就越低, 对用户报文传输的干扰就越小; $T_{instable}$ 表示该不稳定过程持续的时间, 其值越小表明 NM 的实时性越好。

为简化分析作如下假设: (1) 网络中节点的 TTyp 和 TMax 定时均分别相等; (2) 任何 NM 报文均能在一个 TTyp 定时长度内完成发送; (3) 一次只有一个节点加入或退出。另设节点加入或退出稳定的逻辑环为 A, 节点 k 正在定时 TTyp, 已定时长度为 $\alpha \cdot TTyp$, ($0 \leq \alpha \leq 1$), 如图 1 和图 2 所示。

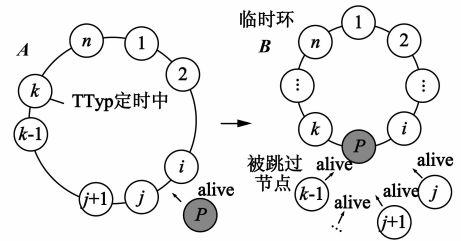


图1 节点加入时情况

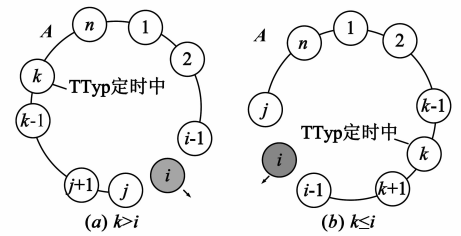


图2 节点退出时情况

3.2 节点加入状况分析

图 1 为节点 P 发送 alive 报文要求入环时情况。节点 i ($k > i$) 接收此报文后更新自身直接后继节点为 P, 逻辑环 A 遭到破坏而断开。 $(1 - \alpha) TTyp$ 后, TTyp 定时到达的 k 发送 ring 报文。

收到该报文后 P 确认并更新直接后继为 k, 临时逻辑环 B 形成。ring 报文沿 B 依次传递, $T_1 = (n - k + i + 1) TTyp$ 时间后, P 发送 ring 报文。收到该报文, 节点 k

立即定时 T_{Typ} , 而 j 到 $k-1$ 之间节点通过跳过检测机制发现被跳过, 均发送 alive 报文要求重新入环, 瞬间产生 alive 报文数量为 $(k-i-1)$ 个. 由假设(3)可知在 k 的 T_{Typ} 定时到达前逻辑环重建完成. 此后经 T_2 时间后进入 LR_Stable 状态. 由定义 2 知: 如重建环中产生额外 alive 报文, 则 LR_Instable 将维持到 k 再次发送 ring 报文为止, 即 $T_2 = (n+1)T_{Typ}$; 否则 $T_2 = 0$.

$k \leq i$ 时节点加入过程与上述分析类似, 其中 $T_1 = (i-k+1)T_{Typ}$, 产生额外 alive 报文数量为 $(n-i+k-1)$ 个. 综合上述两种情况有:

$$N_{induced} = \gamma n + k - i - 1 \quad (1)$$

$$T_{instable} = (1-\alpha)T_{Typ} + T_1 + T_{Typ} + \beta(n+1)T_{Typ} \\ = [(\beta+1-\gamma)n - \alpha - k + i + 3 + \beta]T_{Typ} \quad (2)$$

其中 β 和 γ 为变量, 当 $N_{induced} = 0, \beta = 0$; 否则 $\beta = 1$; 当 $k \leq i$ 时, $\gamma = 1$; 否则 $\gamma = 0$. $T_{instable}$ 和 $N_{induced}$ 大小取决于节点之间逻辑位置差 $(k-i)$, $\max(T_{instable}) = (2n+2)T_{Typ}$, $\max(N_{induced}) = n-1$, $\min(T_{instable}) = (n+2)T_{Typ}$, $\min(N_{induced}) = 0$.

3.3 节点退出状况分析

图 2 显示了节点退出情况. 当节点 i ($k > i$) 退出造成逻辑环 A 被破坏时, 除节点 k 外所有节点正在定时 T_{Max} . $(1-\alpha)T_{Typ}$ 后, k 发送 ring 报文. 经 $T_1 = (n-k+i-1)T_{Typ}$ 后, 节点 $i-1$ 发送 ring 报文给节点 i . 收到该报文后, 除节点 i 其他节点重新定时 T_{Max} . 由于 i 离线, 在 T_{Max} 定时内各节点均无法收到 ring 报文, 均发送 alive 报文要求重建环, 瞬间产生 alive 报文数量为 $(n-1)$ 个. 由假设(3)可知: 逻辑环重建将在一个 T_{Typ} 内完成. 当该时间到达, 首个发送 alive 报文的节点将发送 ring 报文. 经 $T_2 = (n-1)T_{Typ}$ 时间当首个发送 alive 报文的节点再次发送 ring 报文, 逻辑环重新进入到 LR_Stable 状态.

$k \leq i$ 时节点退出过程与上述分析类似, 其中 $T_1 = (i-k-1)T_{Typ}$, 产生额外 alive 报文数量为 $(n-1)$ 个, $T_2 = (n-1)T_{Typ}$. 综合上述两种情况有:

$$N_{induced} = n - 1 \quad (3)$$

$$T_{instable} = (1-\alpha)T_{Typ} + T_1 + T_{Max} + T_{Typ} + T_2 \\ = [(2-\gamma)n - \alpha - k + i]T_{Typ} + T_{Max} \quad (4)$$

其中 γ 取值与上节相同. $N_{induced}$ 等于 $n-1$, $T_{instable}$ 大小取决于节点之间逻辑位置差 $(k-i)$, $\max(T_{instable}) = (2n-1)T_{Typ} + T_{Max}$, $\min(T_{instable}) = nT_{Typ} + T_{Max}$.

4 逻辑环 LR_Instable 状态改善

4.1 BRSS 建环机制

由上述分析可知: 网络规模较大时, 某些特定加入退出情况下 $N_{induced}$ 与 $T_{instable}$ 会很大. 这是由于 OSEK NM

分布式建环机制造成的. 针对该不足, 本文提出 BRSS 方法. 该方法通过定时器定时处理和 NM 报文处理协同工作来实现分布式建环, 如图 3 与图 4 所示. 其中, secSucc.ind 和 secSucc_ID 是在 NM 报文中增加的信息, 分别为第二直接后继有效指示位和第二直接后继节点 ID. NMnormal 和 NMReset 是 OSEK NM 中的状态.

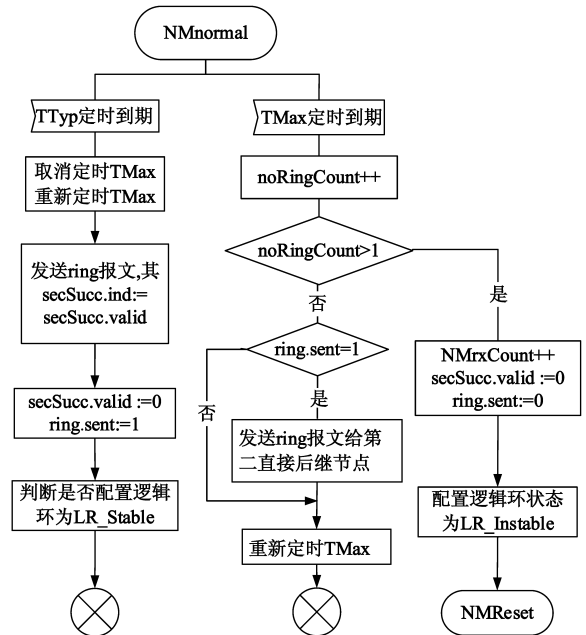


图3 定时器的定时处理

节点收到 NM 报文, 首先判断更新自身后继和第二直接后继, 更新方式与 OSEK NM 类似^[2]. 如节点更新了后继节点, 且该 NM 报文是 alive 报文, 则将节点内第二直接后继有效标志 secSucc.valid 置 '1'. 当该节点 T_{Typ} 定时到达, 则发送 secSucc.ind = secSucc.valid 的 ring 报文. 当收到其他节点发送给自己的 ring 报文中 secSucc.ind = 1, 则该节点修改直接后继为报文中的 secSucc_ID. 这样欲加入逻辑环的节点, 能够直接更改自身后继为其前驱节点的第二直接后继节点, 进而可避免有节点因被跳过而发送 alive 报文. 同时, T_{Typ} 定时到达节点发送 ring 报文时, 将标志 ring.sent 置 '1'. 如 T_{Max} 时间内没有收到 ring 报文, 则 ring.sent = 1 的节点将发送 ring 报文给其第二直接后继节点. 这样退出节点的直接前驱节点能迅速发送 ring 报文, 从而避免其他节点发送 alive 报文重新建环.

值得注意的是: 当非 LR_Stable 状态下有节点加入, 或同时退出的相邻节点数 noRingCount 大于 1 时, BRSS 机制将恢复成 OSEK NM 机制.

4.2 使用 BRSS 机制后的 $N_{induced}$ 与 $T_{instable}$

图 3 中节点加入情况分析如下. 节点 P 发出 alive 报文, i 收到该报文后更改直接后继为 P 和第二直接后

继为 j . 自 $(1 - \alpha)T_{Typ}$ 后经 T_1 时间, ring 报文由 i 发送且其 $secSucc.ind = 1$. P 收到该报文更改后继为 j 并定时 T_{Typ} . 该定时到达后, P 直接发送 ring 报文给节点 j . T_2 时间后 k 发送 ring 报文时, 逻辑环重新进入 LR_Stable

状态. 故易推出:

$$N_{induced} = 0 \tag{5}$$

$$\begin{aligned} T_{instable} &= (1 - \alpha)T_{Typ} + T_1 + T_{Typ} + T_2 \\ &= (n - \alpha + 2)T_{Typ} \end{aligned} \tag{6}$$

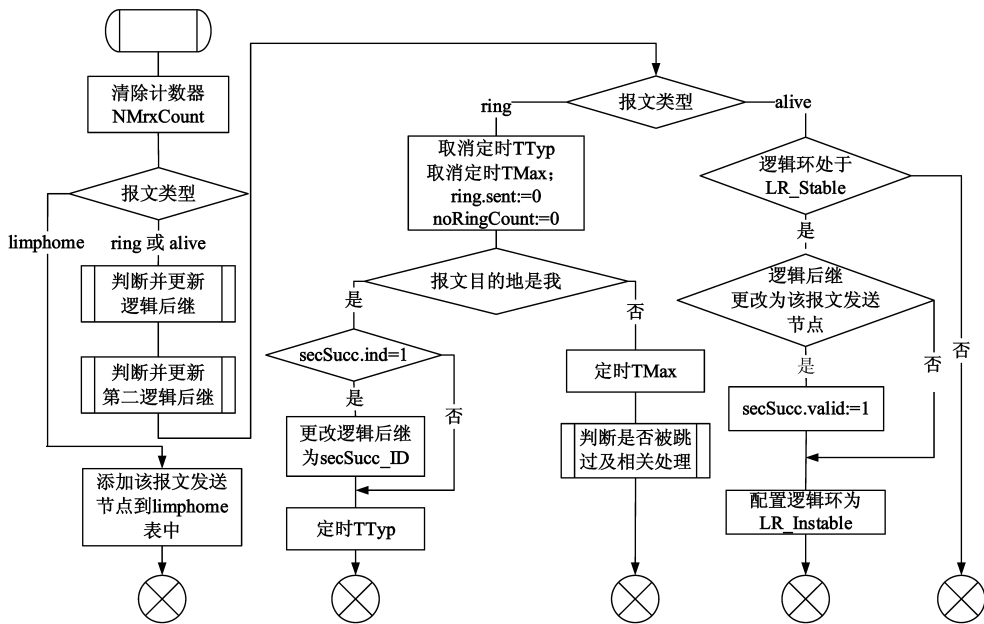


图4 NM报文处理

图 4 中节点退出情况分析如下. 节点 i 退出时 k 正在定时 T_{Typ} , 其他节点在定时 T_{Max} . 自 $(1 - \alpha)T_{Typ}$ 后经 T_1 时间, $i - 1$ 发送 ring 报文并设置 $ring.sent = 1$. T_{Max} 定时到达, $i - 1$ 将发送 ring 报文给第二后继节点 j . T_2 时间后 k 再次发送 ring 报文时, 逻辑环重新进入 LR_Stable 状态. 故易推出:

$$N_{induced} = 0 \tag{7}$$

$$\begin{aligned} T_{instable} &= (1 - \alpha)T_{Typ} + T_1 + T_{Max} + T_2 \\ &= (n - \alpha)T_{Typ} + T_{Max} \end{aligned} \tag{8}$$

如果图 4 中有 $u (u > 1)$ 个不相邻节点退出, 由于退出节点的前驱节点能够发送 ring 报文给其第二逻辑后继节点, 容易推出 $N_{induced} = 0$, 且有

$$T_{instable} = (n - \alpha - u)T_{Typ} + u \cdot T_{Max} \tag{9}$$

观察式(1)~(9)发现: 采用 BRSS 机制使得 $N_{induced}$ 为 0, $T_{instable}$ 大大减小, 几乎接近原来 OSEK 机制最小值, NM 实时性及可靠性得到了明显增强.

5 实验验证与分析

为验证本文方法, 在某国内自主品牌乘用车 CAN 网络平台中构建实验系统. 该网络中具有 8 个电控单元, 其 NM ID 依次为 0x301、0x302、...、0x308. NM 报文使用 CAN 标准帧, 数据长度 8 个字节, 设置 $T_{Typ} = 100ms$, $T_{Max} = 260ms$. 用户报文的发送周期在 $[20ms, 40ms]$ 区间

选取. 选取 0x303 为试验节点, 令其在其他节点定时 T_{Typ} 时加入和退出逻辑环, 即改变逻辑位置差 $(k - i)$ 的取值.

表 1 列出了 OSEK NM 与 BRSS 两种机制下 $N_{induced}$ 、用户报文被延迟的最大时间 T_p 和 $T_{instable}$. 由表可知: OSEK NM 下节点加入和退出易造成突发性 alive 报文产生, 最大 $N_{induced} = 6$, T_p 也较大; BRSS 下 $N_{induced}$ 、 T_p 均为零. 这表明 BRSS 能够有效减少突发性 NM 报文的发送, 降低了对应用报文传输的不良影响. 实验中还发现: OSEK NM 下大量 alive 报文突然发送, 造成部分用户报文错过自身截止期, 用户报文传输出现了不确定性. 表中的 $T_{instable}$ 实际值与理论值接近 ($\alpha = 0.5$). 这表明本文针对逻辑环不稳定过程的分析是正确的. 分析表中 $T_{instable}$ 可知: 相对于 OSEK NM, 节点加入时 BRSS 机制下的 $T_{instable}$ 平均值下降了 31.50%, 最大值下降了 43.85%; 节点退出时 BRSS 机制下 $T_{instable}$ 平均值下降了 29.32%, 最大值下降了 39.81%. 这表明 BRSS 机制能够有效缩短逻辑环的不稳定过程. 同时 $T_{instable}$ 在 OSEK NM 下受到位置差 $(k - i)$ 影响较大, 其值波动很大; 在 BRSS 下受其影响很小, 故其值较为稳定.

表 2 列出了多个节点依次退出时两种机制的 $N_{induced}$ 和 $T_{instable}$. 相对于单节点退出, OSEK 下有较大增加, BRSS 下 $N_{induced}$ 保持为 0, $T_{instable}$ 有所增加, 但增加幅

度不大, BRSS 具有较好的稳定性.

针对不同规模网络进行实验, N_{induced} 和 T_{instable} 结果如表 3 和图 5 所示. 随着网络规模的增大, OSEK 下二者数量急剧增加, $n = 85$ 时最大值分别为 84 个和

17314.87ms, 这会对网络传输的实时性产生影响; BRSS 下 N_{induced} 为 0, T_{instable} 随着网络规模增大而变大, 但远小于 OSEK 下的值. 这进一步说明 BRSS 的有效性, 可以被应用于大规模汽车网络中.

表 1 不同机制下 N_{induced} (个)、用户报文延迟时间 T_p 和 T_{instable} (ms)

$k-i$	OSEK 加入			BRSS 加入			OSEK 退出			BRSS 退出		
	N_{induced}	T_p	T_{instable}	N_{induced}	T_p	T_{instable}	N_{induced}	T_p	T_{instable}	N_{induced}	T_p	T_{instable}
0	6	20.30	1076.56	0	0	842.52	7	20.32	989.21	0	0	990.56
1	0	0.0	870.75	0	0	876.91	7	20.32	1692.76	0	0	1012.23
2	1	1.23	1572.42	0	0	852.69	7	20.32	1597.87	0	0	1016.78
3	2	1.86	1428.36	0	0	862.69	7	20.32	1498.50	0	0	986.37
4	3	2.49	1366.91	0	0	882.91	7	20.32	1392.29	0	0	996.21
5	4	3.11	1268.25	0	0	873.32	7	20.32	1352.62	0	0	1018.78

表 2 多个节点退出时的 N_{induced} (个) 和 T_{instable} (ms)

退出数目	OSEK		BRSS	
	N_{induced}	T_{instable}	N_{induced}	T_{instable}
3	11	2136.74	0	1331.64
4	15	2525.77	0	1515.20
5	18	2852.81	0	1683.76

表 3 不同规模 n 下的 N_{induced} (个)

n	OSEK 加入	BRSS 加入	OSEK 退出	BRSS 退出
30	29	0	29	0
50	49	0	49	0
70	69	0	69	0
85	84	0	84	0

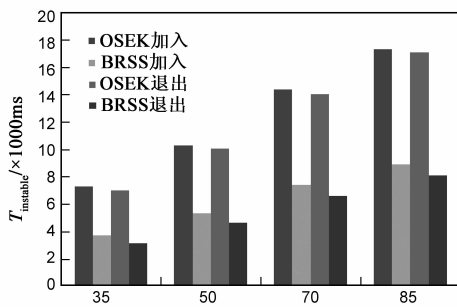


图 5 不同规模 n 下的 T_{instable}

6 结束语

OSEK NM 是一种依赖于逻辑环机制的 NM 系统. 本文建立了逻辑环工作状态机模型, 定量地分析了逻辑环不稳定过程, 提出了 BRSS 建环方法. 该方法改善了 OSEK NM 建环机制, 有效提升了车载 NM 系统的性能. 未来将在动态逻辑环等方面继续研究车载网络实时通信安全的在线保障机制.

参考文献

- [1] Xu Sheng-lei, Lee Sang-sun. Route optimization algorithm for vehicle to vehicle communication using location information [J]. Chinese Journal of Electronics, 2012, 21(4): 583 - 588.
- [2] OSEK/VDX Committee. OSEK/VDX network management concept and application programming interface version 2.5.3 [EB/OL]. <http://portal.osek-idx.org/files/pdf/specs/os-eknm253.pdf>, 2012-12-07.
- [3] 王思明, 何春燕. 基于非对称具有优先级的一类逻辑环随机模型[J]. 电子学报, 2001, 29(11): 1564 - 1567.
Wang Siming, He Chunyan. A classic of logical ring random model with priority based on asymmetry [J]. Acta Electronica Sinica, 2001, 29(11): 1564 - 1567. (in Chinese)
- [4] 孙献璞, 张艳玲, 宋彬. 采用动态令牌牌的 MANET 多址介入协议[J]. 电子学报, 2006, 34(1): 118 - 122.
Sun Xianpu, Zhang Yanling, Song Bin. Research on multiple access control protocol with dynamic token algorithm for MANET [J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(1): 118 - 122. (in Chinese)
- [5] 张利, 路园, 张建军, 张本宏, 等. OSEK 网络管理在汽车 CAN 系统中研究与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2011, 25(6): 522 - 527.
Zhang Li, Lu Yuan, Zhang Jianjun, Zhang Benhong, et al. Research and implementation of OSEK network management in automotive CAN systems [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2011, 25(6): 522 - 527. (in Chinese)
- [6] Li Yan-wen, Zhang Hong-wei, Gong Jin-feng, et al. Design of automotive CAN network management based on OSEK standard [A]. Proceedings of International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology [C]. Haerbin, China: IEEE, 2011. 717 - 721.
- [7] 张建军, 田晓, 张本宏, 谷建伟. OSEK NM 机制在 FlexRay

- 网络中的研究与实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26(12): 1037 - 1042.
- Zhang Jianjun, Tian Xiao, Zhang Benhong, Gu Jianwei. Research and implementation of OSEK NM mechanism in FlexRay network[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2012, 26(12): 1037 - 1042. (in Chinese)
- [8] Jin-Ho Kiml, Suk-Hyun Seo, Tae-Yoon Moon. Comparison of two types of OSEK network management for CAN[A]. Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics Seoul Olympic Parktel[C]. Seoul, Korea; IEEE, 2009. 415 - 419.
- [9] 吕攀, 吴朝晖, 等. 一种基于 OSEK 网络管理机制的动态网络管理方法[EB/OL]. <http://211.157.104.87:8080/sipo/zljs/viewPDF.jsp>. 2012-12-07.
- [10] Wei Cheng-jiong, Yao Min, et al. OSEK/VDX-based dynamic network management on automotive network[A]. Proceedings of International Conference on Embedded Software and Systems[C]. HangZhou, China; IEEE, 2009. 131-137.
- [11] 陈筠翰, 秦贵和, 于赫, 等. 基于 OSEK/VDX 直接 NM 规范的车载网络系统[J]. 吉林大学学报, 工学版, 2011, 41(5): 1407 - 1413.
- Chen Junhan, Qing Guihe, Yu He, et al. In-vehicle network management system complied with OSEK/VDX direct NM [J]. Journal of Jilin University, Engineering and Technology Edition, 2011, 41(5): 1407 - 1413. (in Chinese)
- [12] 王跃飞, 汤志强, 张利. 汽车 OSEK 网络管理中定时器取值的研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(5): 493 - 499.
- Wang Yuefei, Tang Zhiqiang, Zhang Li, Research on the values of timers in automotive OSEK network management[J]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2014, 28(5): 493 - 499. (in Chinese)
- [13] Jin-Ho Kiml, Suk-Hyun Seo, Tae-Yoon Moon, et al. Timing analysis of worst case with direct NM of OSEK NM[A]. Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems[C]. Seoul, Korea; IEEE, 2007. 563 - 568.
- [14] WangYuefei, Wu Xiang, Hou Liang. Reliability analysis and improvement of OSEK automotive network management[A]. Proceedings of 3rd International Conference on Computer Science and Network Technology [C]. Dalian, China; IEEE, 2013. 742 - 746.

作者简介



王跃飞 男, 1977 年 11 月出生, 内蒙古奈曼旗人, 博士、副教授、硕士生导师。现为合肥工业大学机械与汽车工程学院院长助理, 主要从事实时系统、汽车电子、网络控制等方面的研究工作。

E-mail: yuefei@hfut.edu.cn



陶绍源 男, 1989 年 7 月出生, 安徽芜湖人。现为合肥工业大学机械与汽车工程学院硕士研究生在读, 主要从事实时总线和运动控制方面的研究。