



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107566294 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 05

(21) 申请号 201710547572.5

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2017.07.06

H04L 12/823 (2013.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H04L 12/861 (2013.01)

申请公布号 CN 107566294 A

H04L 12/703 (2013.01)

H04L 12/46 (2006.01)

(43) 申请公布日 2018.01.09

审查员 朱文君

(73) 专利权人 中国南方电网有限责任公司

地址 510663 广东省广州市科学城科翔路  
11号

(72) 发明人 李金 胡荣 陶文伟 付艳兰

高红亮 张喜铭 赵旋宇 樊腾飞  
何锡祺 黄署 张显文 李菲

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限  
公司 44102

代理人 林丽明

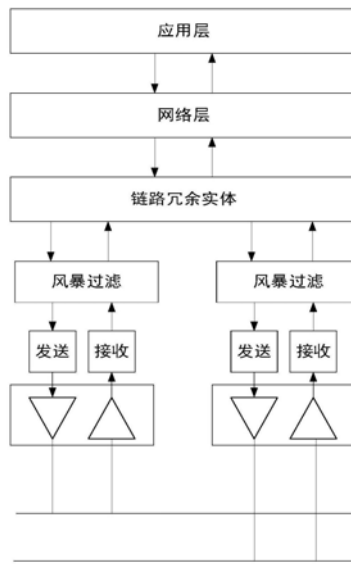
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法

(57) 摘要

本发明公开一种适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法。通过在网络设备收发链路上增加风暴过滤环节,检测和识别IEC62439协议标签,根据原始网络报文内容进行风暴过滤。IEC62439所述的PRP以及HSR冗余网络,均需要在原始网络报文基础上添加带帧序号的协议标签,协议标签的插入一般是由设备的硬件协处理器来完成,因此实际发送到网络中的报文和原始报文,内容上有区别。本发明所述方法可以自动识别IEC62439协议标签,通过对原始报文内容进行比较,识别并过滤网络风暴,提高整个网络设备的可用度和鲁棒性。



1. 一种适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,其特征在于:通过在网络设备收发链路上增加风暴过滤环节,检测和识别IEC62439协议标签,根据原始网络报文内容进行风暴过滤;

风暴过滤的方法包括如下步骤:

(1) 将接收到的网络报文缓存,根据以太网的帧格式,识别目的地址,源地址,类型,长度,冗余校验码以及是否有VLAN标签信息;

(2) 根据PRP以及HSR的数据帧的格式定义,检索接收到的报文,去除PRP/HSR的协议标签以及以太网报文的冗余校验码,将剩余的数据序列传递给风暴过滤单元;

(3) 风暴过滤单元根据原始报文内容按长度的精确比较,不存在漏检和误检的概率;

(4) 风暴过滤单元根据最新报文的内容和长度,在历史报文缓存队列中查看是否有相同元素,如存在相同元素,判定当前报文为风暴报文,直接丢弃;如不存在相同元素,将报文传递给下级处理单元;

(5) 完成风暴识别和处理之后,风暴过滤单元将最新报文填入缓存队列,将缓存队列中最旧的报文移出队列。

2. 根据权利要求1所述的适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,其特征在于:对除IEC62439协议标签以及以太网校验码之外的报文原始内容按报文长度进行全比较,作为识别和过滤风暴报文的依据。

3. 根据权利要求1所述的适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,其特征在于:最新接收到的报文,完成比较后,填入缓存队列中,当缓存队列满,将最早的接收报文移出队列。

4. 根据权利要求1所述的适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,其特征在于:根据最新报文,如果在缓存队列中找到相同内容的历史报文,则判定最新报文为风暴报文,执行过滤操作。

5. 根据权利要求1所述的适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,其特征在于:风暴过滤功能按需要部署在网络终端设备的发送和接收路径中。

6. 根据权利要求1所述的适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,其特征在于:风暴过滤功能串联在独立网络设备中,作为网络通信路径的一部分,起到隔离网络故障,防止风暴扩散的作用。

## 一种适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于工业控制及工业通信领域的适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法，特别涉及适用于IEC62439标准所述高可靠性自动化网络的网络风暴抑制方法。

### 背景技术

[0002] 传统的变电站自动化系统各功能独立、堆砌，缺少合理的集成应用和协同操作，存在着数据共享能力差，利用率低的缺点。数字化变电站是当前变电站自动化系统的发展方向，尤其是变电站通信网络与系统的国际标准(IEC61850)的颁布，为数字化变电站建设提供了标准规范，推动了数字化变电站应用建设的发展。

[0003] 数字化变电站中，以太网是最主要的通信介质。电力系统控制保护类设备，越来越多的通过以太网来实现通信功能。电力系统应用的可靠性要求极高，因此一般采用冗余网络保证通信系统的可靠性。IEC62439提出了一种高可靠性工业自动化通信网络标准，在保证可靠性的同时，节省了软件处理负载，目前已经成为全球范围内电力系统数字化站通信网络的最通用标准。

[0004] IEC62439标准包含PRP(Parallel Redundancy Protocol 并行冗余协议)以及HSR(High-availability Seamless Redundancy 高可靠性无损冗余)两个子标准，分别对应于星型以及环网的拓扑结构。无论何种组网模式，一旦发生网络风暴，大量重复的，无效报文充斥网络，显著降低网络中其他设备的性能；和点对点的组网方式相比，其影响范围更大，后果更严重。

[0005] 网络风暴可能存在以下几种成因：1、不合理的网络环路；2、网络设备故障，3、病毒攻击。由信息论的原理可知，完全相同的两个报文，后一个报文不携带任何新信息，因此网络风暴的特征是网络中出现了大量重复的报文。这些重复报文不仅会挤占有效网络带宽，也会使接收设备处理器负载加重，严重的会导致设备无法正常工作。网络风暴的成因复杂，难以从根本上杜绝，但是网络风暴的后果严重，对于要求高可靠性的IEC62439网络而言，网络风暴的防治尤为重要。

[0006] 此外，在IEC62439网络中，传统的网络风暴防治功能可能失效，原因如下：1、IEC62439报文标签中包含帧序号字段，此字段的取值范围为0~65535，每帧递增。因此任意两个IEC62439报文的内容都是不同的，导致根据相同报文检测网络风暴的机制失效。2、IEC62439网络中的风暴报文，可能呈现出间隔性，即正常报文和风暴报文交替到达，增加了识别过滤的难度。

[0007] 目前数字化变电站中对于防止网络风暴造成危害，主要有以下几种技术手段：

[0008] 1、交换设备支持STP(Spanning Tree Protocol,生成树协议)，逻辑上断开环路，防止二层网络的广播风暴的产生。这种做法可以从源头上抑制由于网络环路引起的风暴，但无法识别网络设备发生故障时可能产生的网络风暴。

[0009] 2、交换设备通过设置业务优先级，限制端口流量的方式，预防网络风暴。这种方式也存在明显的不足之处，首先如果风暴报文的类型属于高优先级的，交换设备就无法限制

此类风暴报文的转发,即使风暴报文属于低优先级的,虽然不会影响到正常高优先级业务报文的转发,但接收设备也同时会接收到大量的风暴报文,消耗了处理器的资源,可能导致设备异常。

[0010] 3、交换设备划分VLAN(Virtual Local Area Network,虚拟局域网)。VLAN是一种将局域网设备从逻辑上划分成一个个网段,从而实现虚拟工作组的新兴数据交换技术。这种方法仅能降低网络风暴扩散的概率,并不能从根本上预防和治理网络风暴。

[0011] 4、接收设备处理器通过比较报文是否相同的方式识别并过滤网络风暴。采用这种方式,可以起到一定的风暴过滤功能。但是由于网络报文的长度可能高达1500字节,存储和比较报文需要占用大量的处理器资源,而且对于正常报文与风暴报文间隔到达的情况,或者网络中存在多种网络风暴的情况,都无法处理。

[0012] 综上所述,目前的风暴防治的技术手段,对IEC62439网络都没有针对性的措施,效率低下,效果不明显。

## 发明内容

[0013] 本发明的目的,在于提供一种适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,本发明可实现高效率、低消耗的网络风暴过滤功能,提升二次设备在复杂网络环境下的生存能力。

[0014] 为了达成上述目的,本发明的解决方案是:

[0015] 本发明适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,通过在网络设备收发链路上增加风暴过滤环节,检测和识别IEC62439协议标签,根据原始网络报文内容进行风暴过滤。

[0016] 本发明风暴过滤的方法包括如下步骤:

[0017] (1)将接收到的网络报文缓存,根据以太网的帧格式,识别目的地址,源地址,类型,长度,冗余校验码以及是否有VLAN标签等信息;

[0018] (2)根据PRP以及HSR的数据帧的格式定义,检索接收到的报文,去除PRP/HSR的协议标签以及以太网报文的冗余校验码,将剩余的数据序列传递给风暴过滤单元;

[0019] (3)风暴过滤单元通根据原始报文内容按长度的精确比较,不存在漏检和误检的概率;

[0020] (4)风暴过滤单元根据最新报文的的内容和长度,在历史报文缓存队列中查看是否有相同元素,如存在相同元素,判定当前报文为风暴报文,直接丢弃;如不存在相同元素,将报文传递给下级处理单元;

[0021] (5)完成风暴识别和处理之后,风暴过滤单元将最新报文填入缓存队列,将缓存队列中最旧的报文移出队列。

[0022] 本发明根据IEC62439网络报文的特征,有针对性的实现IEC62439报文标签剔除以及原始报文内容的比较,可以通过FPGA之类的嵌入式硬件实现,不降低网络带宽,不破坏报文内容。此外,本方法可以根据实际需求灵活设置历史报文缓存的帧数量,可以兼顾资源和性能。第三,本方法可以在网络终端设备上或者网络传输设备中灵活部署,对现有设备影响小。通过在IEC62439网络设备上应用本发明的内容,可以在不消耗软件资源的前提下,显著增强设备抵抗网络风暴的能力,降低了数字化变电站网络建设难度,提高了整个系统的可靠性以及可维护性。本发明具有以下特点:

[0023] 1)本发明实现的网络风暴过滤效果针对IEC62439网络特点,简单高效,易实现;

- [0024] 2) 本发明可以应用于IEC62439的终端设备以及网络设备；  
[0025] 3) 本发明所实现的功能不消耗处理器资源。

### 附图说明

- [0026] 图1是本发明应用例的系统构成图；  
[0027] 图2是PRP网络报文的格式示意图；  
[0028] 图3是HSR网络报文的格式示意图；  
[0029] 图4是本发明的一个应用实施例的状态转换图；  
[0030] 图5是本发明中报文缓存队列更新的示意图；

### 具体实施方式

[0031] 本发明提供一种适用于IEC62439标准的网络风暴抑制方法,通过在网络设备收发链路上增加风暴过滤环节,检测和识别IEC62439协议标签,根据原始网络报文内容进行风暴过滤。即在网络收发器和数据链路层处理单元之间,加入支持IEC62439标准的风暴隔离功能组件,通过对原始报文内容按长度进行精确比较,实现识别并过滤风暴的功能。

[0032] IEC62439标准定义了两种冗余网络,分别为PRP(Parallel Redundancy Protocol 并行冗余协议)网络以及HSR(High-availability Seamless Redundancy 高可靠性无损冗余)网络。此两种网络的协议标签的内容和在报文中的位置有区别,因此需要区别处理。

[0033] 本发明适用于IEC62439标准所述高可靠性自动化网络的网络风暴抑制方法,风暴过滤的方法包括如下步骤:

[0034] (1) 将接收到的网络报文缓存,根据以太网的帧格式,识别目的地址,源地址,类型,长度,冗余校验码以及是否有VLAN标签等信息;

[0035] (2) 根据PRP(Parallel Redundancy Protocol 并行冗余协议)以及HSR(High-availability Seamless Redundancy 高可靠性无损冗余)的数据帧的格式定义,检索接收到的报文,去除PRP/HSR的协议标签以及以太网报文的冗余校验码,将剩余的数据序列传递给风暴过滤单元;

[0036] (3) 风暴过滤单元通根据原始报文内容按长度的精确比较,不存在漏检和误检的概率;

[0037] (4) 风暴过滤单元根据最新报文的内容和长度,在历史报文缓存队列中查看是否有相同元素,如存在相同元素,判定当前报文为风暴报文,直接丢弃;如不存在相同元素,将报文传递给下级处理单元;

[0038] (5) 完成风暴识别和处理之后,风暴过滤单元将最新报文填入缓存队列,将缓存队列中最旧的报文移出队列。

[0039] 本发明对除IEC62439协议标签以及以太网校验码之外的报文原始内容按报文长度进行全比较,作为识别和过滤风暴报文的依据。

[0040] 本发明将最新接收到的报文,完成比较后,填入缓存队列中,当缓存队列满,将最早的接收报文移出队列。

[0041] 本发明根据最新报文,如果在缓存队列中找到相同内容的历史报文,则判定最新报文为风暴报文,执行过滤操作。本发明风暴过滤功能按需要部署在网络终端设备的发送

和接收路径中。风暴过滤功能串联在独立网络设备中,作为网络通信路径的一部分,起到隔离网络故障,防止风暴扩散的作用。

[0042] 本实施例中,采用Xilinx公司Zynq7015系列SOC(System On Chip 片上系统)芯片作为处理器。ZYNQ7015将两个ARM cortex A9核心和一个Artix7系列FPGA集成在一个芯片中。本实施实例中,支持IEC62439网络的终端设备,其系统构成如图1所示。设备的网络层由软件(ARM处理器)实现,链路层(包括链路冗余实体以及风暴过滤模块)由FPGA(Field Programmable Gates Array现场可编程逻辑门阵列)实现,网络收发器由外部PHY(Physical Layer 网络物理层)芯片实现。

[0043] 设备的逻辑功能按照标准的OSI(Open System Interconnect开发系统互联模型)的七层模型定义简化而来,保留了应用层,网络层,数据链路层以及物理层四个层级。设备中ARM实现了应用层和网络层功能,FPGA实现了数据链路层功能,PHY芯片以及网线属于系统的物理层。

[0044] 应用层和网络层的功能实现属于软件范畴,在本实例中,重点描述数据链路层的功能实现。LRE(link Redundancy Entity 链路冗余实体)负责实现IEC62439标注所述的冗余报文处理功能,具体实现如下:

[0045] 发送链路:链路冗余实体从网络层接收原始网络报文,插入IEC62439的协议标签,重新计算CRC,发送至下游功能单元。对于PRR网络,协议标签的位置位于网络报文的末尾,帧校验码的前面,PRP报文的格式如图2所示。对HSR网络,协议标签位于以太网报文源地址后方,HSR报文的格式如图3所示。链路冗余实体将网络层/应用层报文处理后,产生双网冗余报文,这两个冗余报文除了IEC62439标签中的网络路径字段不一致,其他的报文内容(除CRC校验码之外)完全相同。

[0046] 接收链路:链路冗余实体检测双网到达的报文,根据协议标签丢弃AB双网中后到达的相同序号报文,因此网络层(应用层)仅能接收到一份数据。

[0047] 风暴过滤:本实例中,如图1所示,风暴过滤功能模块位于链路冗余实体(LRE)与网络收发控制器之间。风暴过滤模块处理的报文,是携带有IEC62439协议标签的形式,将一个完整报文看作一个二进制序列,可以表示成如下的二项式:

$$[0048] \quad f(x) = A_n x^n + A_{n-1} x^{n-1} + \dots + A_0$$

[0049] 由于IEC62439标签的存在,需要在识别本报文是否是风暴报文之前,首先去除协议标签字段以及网络报文校验和,生成的二项式如下:

$$[0050] \quad f'(x) = B_m x^m + B_{n-1} x^{n-1} + \dots + B_0$$

[0051] 其中,IEC62439标签为48bit,校验和为32bit,因此有:  $m = n - 80$ ,以太网报文的长度一般为1518Byte,因此报文缓存队列的一个单元深度可以设置为2048Byte,可以满足任意以太网报文的长度要求。FPGA实现的风暴过滤模块的工作流程如图4所示,FPGA缓存当前报文的同时,读取历史缓存中的内容,并和当前报文内容进行比较,任意字段或长度内容不一致,则表明当前报文和历史记录不一致;检索完毕,历史缓存中存在一个历史报文,按长度逐字节比较,其数据内容与当前报文完全一致,即判定当前报文与历史报文是相同的,即当前报文是风暴报文,FPGA将此风暴报文丢弃。如果在缓存中未检测到相同元素,

则此报文并非风暴报文,FPGA将此报文提交给应用层。本实例中,为提高比较的速度,采用了一个64bit位宽,32个相同结构的RAM组作为报文缓存队列的硬件实现,RAM的驱动时钟为100M。因此,每个时钟周期,可以实现当前报文和历史32个报文的8Byte数据的比较,比较电路的带宽高达6.4Gbps,完全满足流量要求。

[0052] 风暴过滤模块的历史缓存具有自更新功能,即FPGA接收到最新报文,完成检索/判断流程后,将当前报文填入缓存队列中,同时将缓存队列中最旧(时间上最先接收到)报文移出缓存队列,从而保证了缓存队列中的报文内容为最新接收到报文的记录,图5为更新前后的报文缓存队列示意图,可以得到直观的对比。

[0053] 历史报文缓存队列的深度决定了最大可以过滤风暴报文的种类,可根据应用需求灵活设置。以一个深度为N的缓存队列为例,缓存队列中最多可能存在N个不同的报文。如前所述,由于采用了全比较的算法,因此整个比较过程不存在漏检或者误检的概率。由于缓存了N个历史报文,在最大化情况下,设备顺序循环接收到N种风暴报文,根据前文历史报文缓存队列的自学习能力的描述,这N种报文均会被过滤掉。如果设备顺序循环接收到这N+1种风暴报文,由于在缓存队列中找不到相同报文,过滤机制无法起效。

[0054] 报文经过风暴过滤模块之后,根据风暴过滤的结果,选择将当前报文继续传递给下一级或直接丢弃,从而实现了IEC62439网络中的风暴抑制功能。

[0055] 以上实施例仅为说明本发明的技术思想,不能以此限定本发明的保护范围,凡是按照本发明提出的技术思想,在技术方案基础上所做的任何改动,均落入本发明保护范围之内。

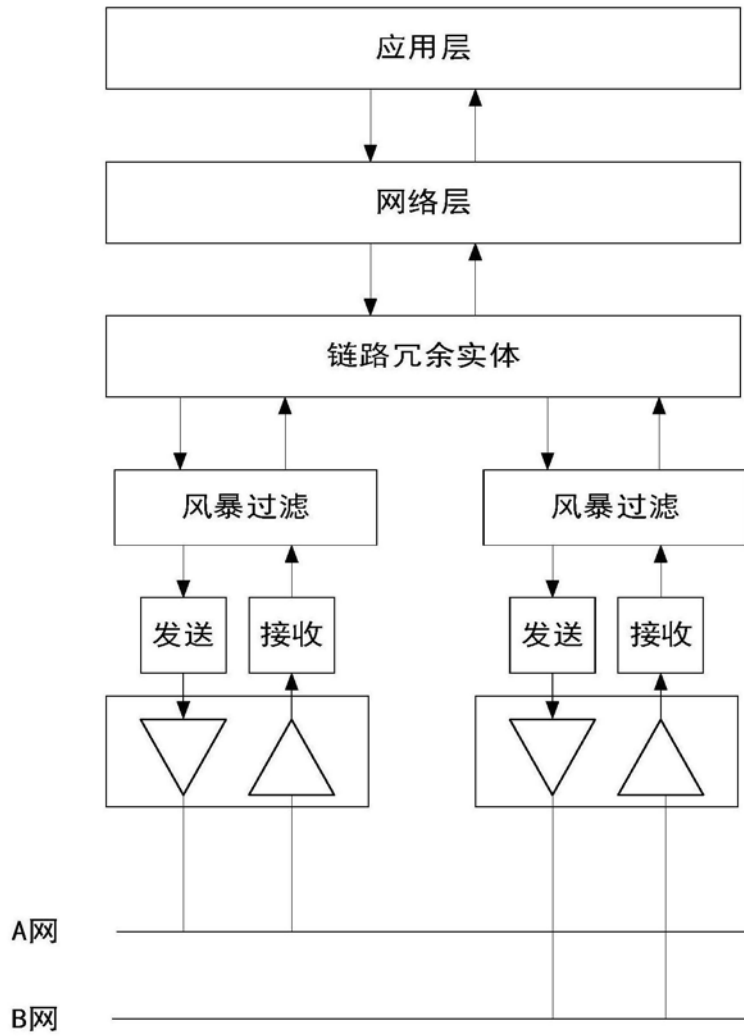


图1

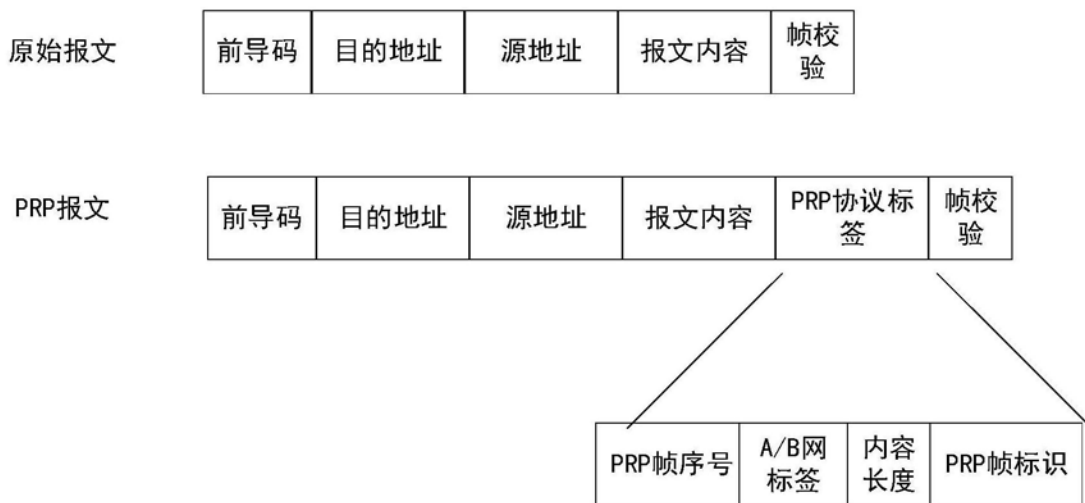


图2



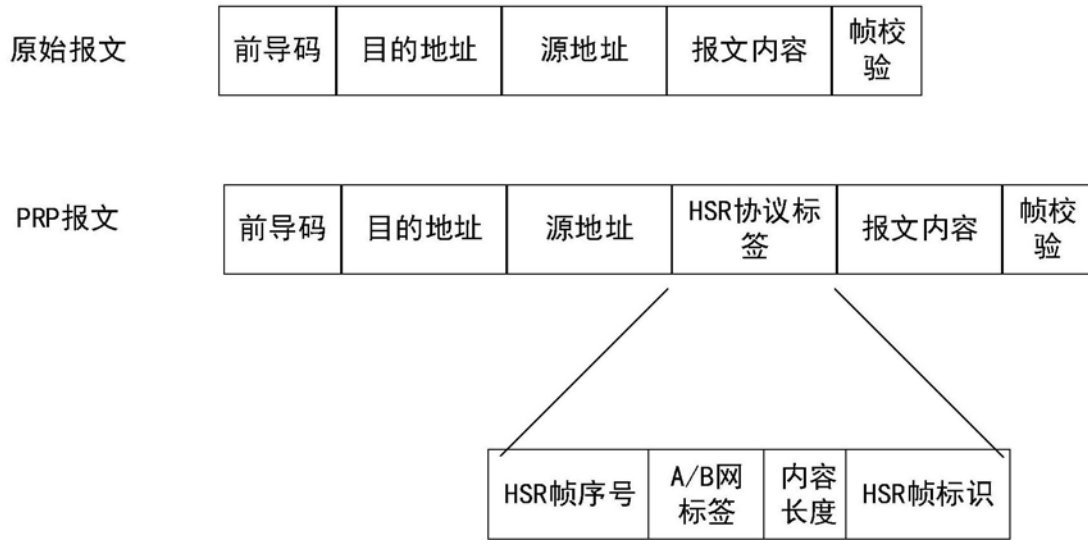


图3

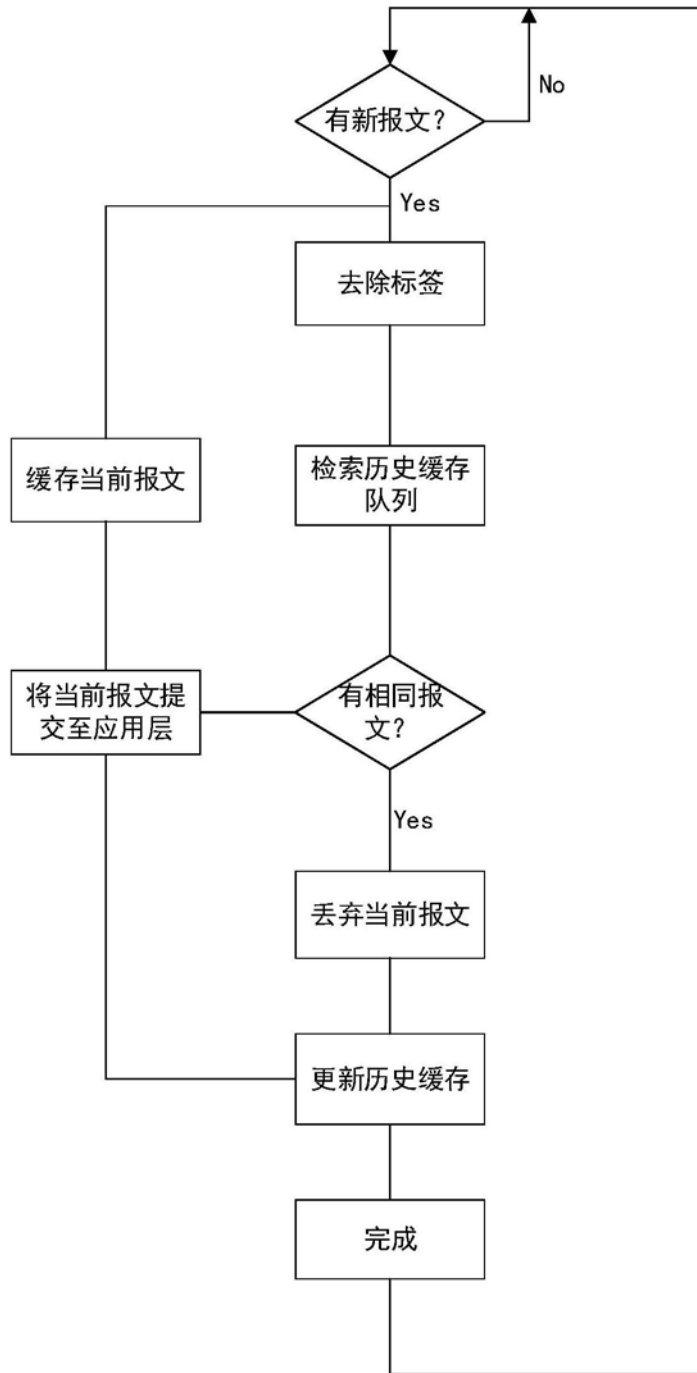


图4

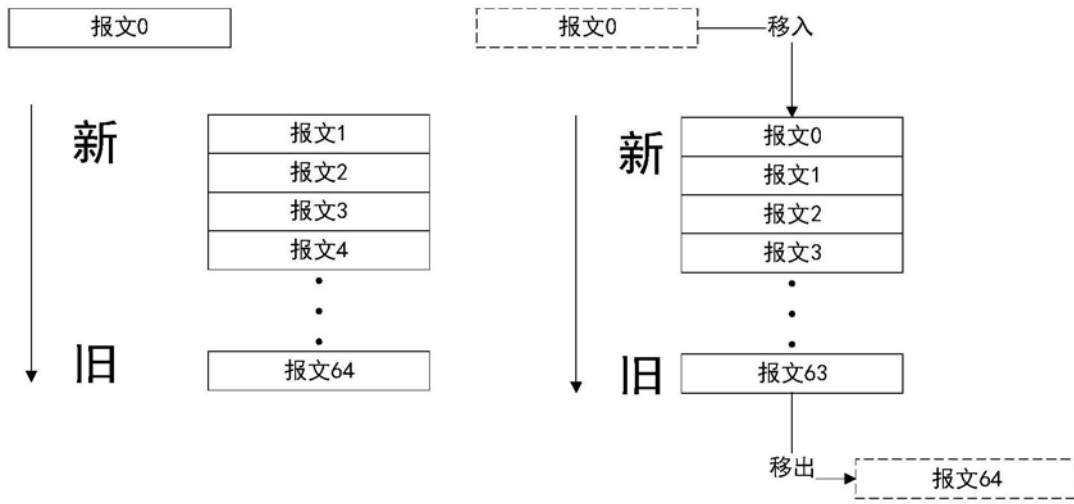


图5