(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 9 日 (09.07.2020)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2020/140412 A1

(51) 国际专利分类号:
H04L 29/06 (2006.01) *H04L 12/933* (2013.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/094332

(22) 国际申请日: 2019 年 7 月 2 日 (02.07.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910003982.2 2019年1月3日 (03.01.2019) CN

(71) 申请人: 清华大学(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国北京市海淀区100084信箱82分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 李翔宇(LI, XiangYu); 中国北京市海淀区100084信箱82分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。 杨芳(YANG, Fang); 中国北京市海淀区100084信箱82分箱清华大学专利办公室, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京纪凯知识产权代理有限公司(JEEKAI & PARTNERS); 中国北京市丰台区广安路9号5号楼15A层, Beijing 100055 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) **Title:** RECONFIGURABLE SWITCH FORWARDING ENGINE PARSER CAPABLE OF DESTROYING HARDWARE TROJAN

(54) 发明名称: 一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器

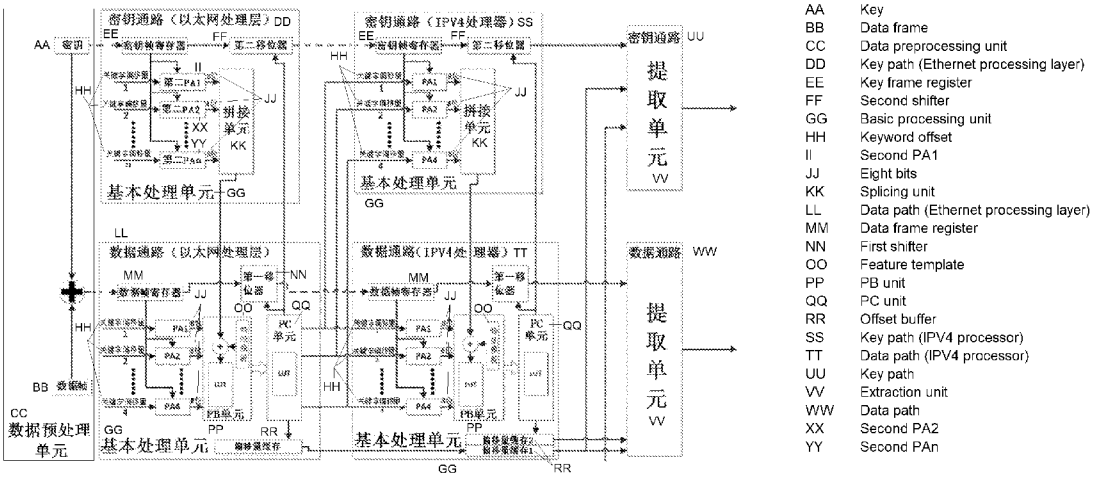

图2

(57) **Abstract:** The present invention relates to a reconfigurable switch forwarding engine parser capable of destroying a hardware Trojan. The parser comprises a data preprocessing unit, several cascaded basic processing units and an extraction unit, wherein a key path of a basic processing unit of the first stage extracts and shifts a key bit keyword of a key, and sends a result to a data path of the current stage and a key path of the next stage; a data path of a basic processing unit extracts and shifts a key field of a data frame, generates an extracted field offset of a basic processing unit of the next stage, offsets and field identifiers of fields of the current stage, and a shifted data frame, and respectively sends same to the basic processing unit of the next stage or the current stage; basic processing units of other stages carry out keyword extraction and shifting on a key frame and the data frame in sequence; and the extraction unit

[见续页]

WO 2020/140412 A1

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

extracts the key frame and the data frame from a basic processing unit of the last stage, and forwards same to a subsequent packet processing part. The present invention can be widely applied to the design of a switch forwarding engine parser.

(57) 摘要：本发明涉及一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其包括数据预处理单元、若干级联的基本处理单元和提取单元；第一级基本处理单元的密钥通路对密钥进行密钥位关键字提取和移位，并将结果发送至本级的数据通路和下级的密钥通路；基本处理单元的数据通路对数据帧进行关键字段提取和移位，生成下一级基本处理单元的提取字段偏移量、本级各字段的偏移量和字段标识和移位后的数据帧分别发送至下一级或本级基本处理单元；其他各级基本处理单元依次对密钥帧和数据帧进行关键字提取和移位；提取单元从最后一级基本处理单元中进行密钥帧和数据帧的提取，并转发至后续包处理部分。本发明可广泛应用于交换机转发引擎解析器的设计中。

一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器

技术领域

本发明属于网络交换机芯片设计技术领域，特别是关于一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器。

背景技术

交换机转发引擎是交换机芯片的核心部件，它的任务是对接收的第 2 层包（也称为帧）进行解析处理，形成路由表的查表请求发给搜索引擎，并根据搜索引擎返回的查表结果对包进行转发处理，包括包头部的修改（替换、添加和删除等），最终将封装好的新的包进行转发或者丢弃。而决定包处理操作的是包头部的关键字段和交换机设置的转发和分类规则，因此需要对包头部进行解析和提取。交换机转发引擎的 parser（解析器）就是根据网络协议标准定义的帧格式对包头部进行解析的功能模块，它把来自交换机转发引擎输入端口的包头部和对应的端口信息、存储地址等描述信息（描述符）作为输入数据，对这些输入数据中的关键字段进行解析、识别和提取操作，输出给后续的包处理流程。

软件定义网络（SDN）是一种新型网络创造架构，是网络虚拟化的一种实现方式。对于包的解析技术而言，SDN 的需求体现在支持用户自定义的协议，即通过软件编程使得芯片能够识别并解析不同的帧格式，这就要求 parser 的硬件设计具有一定的灵活性，即通过软件配置能够使得同一硬件支持用户自定义的协议的包的解析。

硬件木马攻击技术是通过在硬件中植入后门，内外配合实施，触发系统的非定义行为（执行错误操作或者非法操作）而实现攻击的安全攻击技术。然而，不论上述哪种方式，硬件木马攻击都必须有良好的隐蔽性，以避免在测试过程中被发现，或者在使用过程中被误触发，从而过早暴露，所以它一般会有一个特定的触发条件。只有匹配了这个触发条件，硬件木马攻击才得以实施。

去协同技术，其基本思想是对输入交换机转发引擎芯片的数据进行扰乱（变码），改变选定防护字段的数值，在数据离开保护域时再将其解码（恢复原来的数值），该过程对外透明。一旦某系统中存在木马，通过变

码可以破坏发来的激活木马的指令，从而达到阻止木马攻击的效果，具体地，如果木马将系统内部的数据通过非正常通道向外发送（窃听），则由于未经解码，而使窃听数据无法识别，如果木马在系统内部产生非法数据通过正常渠道向外发送，则会由于解码过程而被破坏。去协同技术的关键在于确定变码和解码的位置，以及变解码的方式。

然而，在交换机转发引擎解析器的数据流中，由于 parser 需要对接收的包中的字段进行识别、分析，都要基于数据的原始数值，所以简单地在数据入口进行变码、出口进行解码将使得包无法解析。但是如果在进行关键字查询时将数据恢复，又会使得原始输入数据出现在被保护的范围内，增加攻击指令渗透进来的风险。如何设计破坏硬件木马的 parser 是目前 parser 设计的难点之一。

发明内容

针对上述问题，本发明的目的是提供一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，该解析器采用了可重构的硬件实现方式——协议定义的帧格式的字段的数量、位置、关键字内容与协议类型、帧格式之间的对应关系都可以通过配置芯片内的配置寄存器、查找表（存储器）来实现配置。同时，为了达到阻止木马攻击的目的，增强解析器的安全性，本发明在解析器中增加了去协同的功能。

为实现上述目的，本发明采取以下技术方案：一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其包括数据预处理单元、若干级联的基本处理单元以及与最后级基本处理单元相连的提取单元；各级所述基本处理单元结构相同，均包括数据通路和密钥通路；所述数据预处理单元用于按照解析器截取的交换机以太网端口输入的包头部生成等长的密钥，并将所述密钥作为密钥帧输出至第一级基本处理单元的密钥通路，将输入的包头部与生成的密钥按位异或后将异或的结果作为数据帧输出至所述第一级基本处理单元的数据通路；所述第一级基本处理单元的密钥通路用于对密钥进行密钥关键字提取和移位，提取的密钥关键字值发送至本级基本处理单元的数据通路，移位后的密钥值发送至下级基本处理单元的密钥通路；所述第一级基本处理单元的数据通路在本级密钥通路提取的密钥关键字值参与下，对所述数据帧进行关键字段提取和移位，并将提取的字段偏移

量发送至本级基本处理单元的密钥通路以及下一级基本处理单元的密钥通路和数据通路，移位后的数据帧发送至下一级基本处理单元的数据通路；其他各级基本处理单元依次对接收到的密钥帧和数据帧进行字段提取和移位后，输出到下一级基本处理单元；所述提取单元根据接收到的密钥值和关键字偏移量，从最后一级基本处理单元的密钥通路和数据通路中进行密钥帧和数据帧字段的提取，并转发至后续包处理部分。

进一步地，所述各级基本处理单元中，数据通路包括：数据帧寄存器单元、第一移位器单元、若干第一 PA 单元、PB 单元、PC 单元、若干偏移量缓存单元；所述数据帧寄存器单元的输入为所述数据预处理单元或前一级基本处理单元发送的数据帧，输出连接本级所述第一移位器单元；所述第一移位器单元将本级的协议帧头部及其载荷向右移动到下一层协议帧的固定起始位置，其输入为本级所述 PC 单元输出的下一层协议帧头部在当前数据帧中的偏移量、本级数据帧寄存器单元输出的数据帧，输出为移位后的新的数据帧；各所述第一 PA 单元的输入为前一级基本处理单元中 PC 单元输出的关键字段偏移量、本级数据帧寄存器单元的待提取的数据帧，输出为提取出来的固定长度的关键字段；所述 PB 单元的输入为本级各所述第一 PA 单元输出的固定长度的关键字段、本级密钥通路输出的密钥关键字值，输出为与输入的关键字段组合所匹配的模板对应的协议分类和类型信息，如果关键字段和任何特征模板都不匹配，则发送非法标识到所述 PC 单元；所述 PC 单元是查表单元，其输入为本级 PB 单元的协议分类和类型信息，输出为下一级基本处理单元所需要的关键字段偏移量、本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识以及下一级数据帧的偏移量；当根据本级提取协议下一层协议不需要解析，应当跳过时，PC 单元输出 bypass 信号给下一级基本处理单元；当所述 PB 单元发送的为非法标识信息时，所述 PC 单元输出非法标识给下一级基本处理单元；后续各级所述基本处理单元接收到 bypass 信号后，把密钥和数据帧、所述第一 PA 单元的输入原样复制到下一级的对应端口上，不再执行其它操作；后续各级所述基本处理单元接收到非法标识信号时，把密钥和数据帧原样复制到下一级，不再执行其它操作，同时复制非法标识到后级基本处理单元；所述偏移量缓存单元的输入为前一级基本处理单元的偏移量缓存的所有输出和本级 PC 单元输出的本级封装帧头部中各个字段的偏移量和字段标识，

输出为存储的所有数据。

进一步地，所述第一 PA 单元的数量根据每级基本处理单元对应处理的封装帧头部待提取的所有关键字总长度和每个所述第一 PA 单元能提取的关键字位宽确定。

进一步地，所述 PB 单元内包含一个匹配查找表，所述匹配查找表中存储着特征模板与协议信息之间的映射关系，且表项的内容能够通过表存储器的对外端口从外部写入，在进行匹配时，把 PB 单元内部存储的匹配模板与来自本级密钥通路的密钥按位异或，然后再进行匹配。

进一步地，所述 PC 单元内包含两个查找表：当前查找表和下一级查找表，所述当前查找表和下一级查找表的输入分别为所述 PB 单元输出的当前层协议类型分类标识和下一层协议类型分类标识，所述当前查找表的输出包括本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识、下一级封装帧头部在当前数据帧中的偏移量，所述下一级查找表的输出包括下一级基本处理单元所需要的关键字段偏移量，所述当前查找表和下一级查找表的表项内容能够通过表存储器的对外端口从外部写入。

进一步地，各级所述基本处理单元中，所述密钥通路包括密钥寄存器单元、第二移位器单元、第二 PA 单元、拼接单元；所述密钥寄存器单元的输入是来自前一级或数据预处理单元的密钥帧，输出则连接着第二移位器单元；所述第二移位器单元是一个移位单元，将每一级的密钥及其之后的密钥比特向右移动到对应级的固定起始位置，其输入为密钥寄存器单元的密钥、本级基本处理单元数据通路输出的下一级封装帧头部在当前数据帧中的偏移量，输出为移位后的新的密钥帧；所述第二 PA 单元的数量与本级数据通路中所述第一 PA 单元的个数保持一致，各所述第二 PA 单元的输入为前一级基本处理单元数据通路中 PC 单元输出的关键字段偏移量、密钥寄存器单元的待提取的密钥值，输出为提取出来的固定长度的密钥值；所述拼接单元用于将所述第二 PA 单元输出的固定长度的若干个密钥值拼接、提取成查询匹配模板对应位置的密钥，它的输入是若干个所述第二 PA 单元提取出来的密钥字段，输出为产生的密钥值。

进一步地，所述提取单元包括提取单元数据通路和提取单元密钥通路，所述提取单元数据通路的输入为最后一级所述基本处理单元的数据通路输出的各级基本处理单元中各字段的偏移量和字段标识、移位后的数据

帧，输出为提取出的字段和对应的字段标识；密钥通路的输入为最后一级基本处理单元的数据通路输出的各级协议头部的各字段的偏移量和字段标识、密钥通路输出的移位后的密钥帧，输出为提取出来的各数据帧字段对应的密钥片段；若提取单元收到数据包有非法标识，则不再执行提取操作，而是将非法标识和原始输入的数据帧描述符上送给上层系统处理。

进一步地，所述提取单元的数据通路和密钥通路结构相同，均包括 N 组提取模块、N 个映射表和 N 组寄存器，且每组提取模块、映射表和寄存器分别对应一个网络协议层，数据通路的各组提取模块用于根据接收到的字段偏移量和字段标识，从最后一级基本处理单元的数据通路出的数据帧中提取相应字段，并输出到对应的数据通路寄存器，密钥通路的各组提取模块用于根据接收到的字段偏移量和字段标识，从最后一级基本处理单元的密钥通路的密钥帧中提取相应字段，并输出到对应的密钥通路寄存器，将提取的数据帧和密钥帧的相应字段进行异或得到所需数据；各映射表用于存储相应网络协议层内各个字段标识所对应的寄存器的物理地址。

进一步地，所述解析器中，所述基本处理单元的级联数等于所要解析的最大封装层次数量，每一层次的封装协议对应一级所述基本处理单元。

本发明由于采取以上技术方案，其具有以下优点：1、本发明中各级基本处理单元中 PB 单元中特征模板以及 PC 单元中的查找表均可以根据用户自定义重新写入，实现了硬件的可重构，具有很高的灵活性，并支持用户自定义网络协议的解析。2、本发明在数据通路结构上增添了密钥通路，通过对包头部进行去协同处理，破坏正常激活木马指令的作用，实现对硬件木马的主动防御，符合高安全性的要求。因此，本发明可以广泛应用于交换机转发引擎芯片的解析器的设计中。

附图说明

图 1 是交换机转发引擎芯片的典型结构图；

图 2 是本发明可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎 Parser 总体结构图。

本发明最佳实施方式

下面结合附图和实施例对本发明进行详细的描述。

如图 1 所示，本发明首先对交换机转发引擎芯片的典型结构和工作原理做简单介绍。以太网交换机转发引擎芯片的工作原理为：转发引擎对外与交换机的以太网口相连，接收来自各个端口（port）的包。来自不同端口的包经过 L1 层的解析处理后，其第 2 层包经过逐级汇聚（合路过程）形成一路，串行输入到交换机转发引擎内部。交换机转发引擎处理后的转发包再经过分流被传送到对应的目的端口上输出（分路过程）。其中，转发引擎对内通过高速接口与 CPU 和一系列查找表（有的由 TCAM 实现）相连，接收到的包被缓存到包存储器(packet buffer)中，同时把包的头部若干位（典型值为 1024 位）和它的端口信息、存储地址等描述信息（描述符）一起发送给解析器(parser)。parser 对接收的包头部和描述符信息进行解析，识别和提取出有用字段，发给后面的查表逻辑，查表逻辑根据包中字段的值获得转发信息，这一过程涉及到与 CPU 和查找表的交互，可以简单地理解为一系列的查表操作，经过一级一级的查表，最终获得了对包的转发信息——即处理操作，这些操作的描述（新的描述符）被发送给修改器(modifier)。Modifier 根据新的描述符从存储器中取出包，对其帧格式与内容进行修改（头部字段的替换、添加、删除）重新封装成新的包发送给分路器，进行转发。

在实际的 parser 模块中除了对包头部的解析和字段提取，还会携带原始输入的描述符，该描述符跟随包沿着流水线向后级传递，但不参与提取过程，在本发明中为了简化结构，突出核心部件，所描述的发明特征不包括复制描述符的相关功能电路。

如图 2 所示，本发明提供的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其包括：数据预处理单元、若干级联的基本处理单元以及与最后级基本处理单元相连的提取单元（Extractor）。其中，数据预处理单元用于按照解析器截取的交换机以太网端口输入的包头部生成等长的随机数（即密钥），并将输入的包头部与生成的密钥按位异或后将异或的结果和密钥输出至第一级基本处理单元；各级基本处理单元结构相同，均包括一数据通路和一密钥通路。其中，第一级基本处理单元的密钥通路用于对数据预处理单元输出的密钥进行密钥关键字提取和移位，提取的密钥关键字值发送至本级基本处理单元的数据通路，移位后的密钥值发送至下级基本处理单元的密钥通路，每级基本处理单元收到的密钥值称为密钥帧；

第一级基本处理单元的数据通路用本级密钥通路提取的密钥关键字值，对异或后的包头部即数据帧进行恢复，然后提取字段和移位，提取的字段偏移量发送至本级基本处理单元的密钥通路以及下一级基本处理单元的密钥通路和数据通路，移位后的数据帧发送至下一级基本处理单元的数据通路；其他各级基本处理单元依次对密钥帧和数据帧进行字段提取和移位后，输出到下一级基本处理单元；提取单元根据接收到的密钥值和字段偏移量，从最后一级基本处理单元的密钥通路和数据通路中进行密钥帧和数据帧的字段提取，并转发至后续包处理部分。

各级基本处理单元中，数据通路包括：数据帧寄存器单元、第一移位器单元、若干第一 PA 单元（关键字提取单元）、PB 单元（查询匹配单元）、PC 单元（查表单元）和若干偏移量缓存单元。其中，数据帧寄存器单元的输入为数据预处理单元或前一级基本处理单元发送的数据帧，输出连接本级第一移位器单元；第一移位器单元为移位单元，用于将每一级的帧头部及其载荷向右移动到对应级的固定起始位置（固定起始位置可由外部端口进行配置），其输入为本级 PC 单元输出的本级封装帧头部的偏移量、本级数据帧寄存器单元存储的数据帧，其输出为移位后的新的数据帧；第一 PA 单元是 PB 单元的关键字提取单元，各第一 PA 单元的输入为前一级基本处理单元中 PC 单元输出的关键字偏移量、本级数据帧寄存器单元存储的数据帧，输出为提取出来的固定长度的关键字；PB 单元为查询匹配单元，其输入为本级各第一 PA 单元输出的固定长度的关键字、本级密钥通路输出的密钥关键字值，输出为与输入的关键字组合所匹配的模板对应的协议分类和类型信息（以下简称协议信息），在进行匹配时，将把 PB 单元内部存储的匹配模板与密钥异或，然后再进行匹配，如果关键字组合和任何特征模板都不匹配，则认为是非法包，发送非法标识到 PC 单元；PC 单元是查表单元，其输入为本级 PB 单元的协议信息，输出为下一级基本处理单元所需要的关键字偏移量、本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识以及下一级数据帧的偏移量；当根据本级提取协议下一层协议不需要解析，应当跳过时，PC 单元输出 bypass 信号给下一级基本处理单元；当所述 PB 单元发送的为非法标识信息时，所述 PC 单元输出非法标识给下一级基本处理单元；后续各级所述基本处理单元接收到 bypass 信号后，把密钥和数据帧、PA 单元的输入原样复制到下一级的对应端口上，不再执行其

它操作；后续各级所述基本处理单元接收到非法标识信号时，把密钥和数据帧原样复制到下一级，不再执行其它操作，同时复制非法标识到后级；偏移量缓存单元的数量与基本处理单元的级数相同，其用于存储前面各级基本处理单元解析出的所有字段的偏移量和字段标识，以及本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识，其输入为前一级基本处理单元的偏移量缓存的所有输出和本级 PC 单元输出的本级封装帧头部中各个字段的偏移量和字段标识，输出为存储的所有数据，它的输出连接下一级基本处理单元的偏移量缓存。

各级基本处理单元中，密钥通路与数据通路相类似，包括密钥寄存器单元、第二移位器单元、若干第二 PA 单元和拼接单元。其中，密钥寄存器单元的输入是预处理单元或上一级基本处理单元的密钥帧，输出则连接着第二移位器单元；第二移位器单元是一个移位单元，将每一级的密钥及其之后的密钥比特向右移动到对应级的固定起始位置，其输入为密钥寄存器单元的密钥帧、本级基本处理单元数据通路中 PC 单元输出的本级数据帧的偏移量，输出为移位后的新的密钥帧，送往下一级基本处理单元的密钥通路；密钥通路中第二 PA 单元的个数与数据通路中第一 PA 单元的个数保持一致，一一对应，各第二 PA 单元的输入包括关键字偏移量、密钥寄存器单元的待提取的密钥帧，其中的关键字偏移量与本级数据通路中对应第二 PA 单元的关键字偏移量输入相同，输出为提取出来的固定长度的密钥值；拼接单元用于将第二 PA 单元输出的固定长度的若干个密钥值拼接、提取成与查询匹配模板对应位置的密钥，它的输入是若干个第二 PA 单元提取出来的密钥字段，输出为产生的密钥值。

提取单元分为提取单元数据通路和提取单元密钥通路两部分，提取单元数据通路的输入为最后一级基本处理单元中数据通路的若干个偏移量缓存的字段偏移量和字段标识、移位器单元中的数据帧，输出为提取出的字段和对应的字段标识；密钥通路的输入为最后一级基本处理单元中数据通路的若干个偏移量缓存的密钥偏移量和字段标识、密钥通路的移位器单元的密钥值，输出为提取出来的密钥片段。

提取单元的数据通路和密钥通路结构相同，均包括 N 组提取模块、N 个映射表和 N 组寄存器，且每组提取模块、映射表和寄存器分别对应一个网络协议层。数据通路的各组提取模块用于根据接收到的偏移量缓存单元

输出的字段偏移量和字段标识，从移位器单元输出的数据帧或密钥帧中提取相应字段，并输出到对应的数据通路寄存器；密钥通路的各组提取模块用于根据接收到的字段偏移量和字段标识，从最后一级基本处理单元的密钥通路的密钥帧中提取相应字段，并输出到对应的密钥通路寄存器，将提取的数据帧和密钥帧的相应字段进行异或得到所需数据；各映射表用于存储相应网络协议层内各个字段标识所对应的寄存器的物理地址；如果提取单元收到数据包有非法标识，则不再执行提取操作，而是将非法标识和原始输入的包描述符上送给上层系统处理。

进一步地，本发明系统还包括一字段标识索引单元，该字段标识索引单元将提取的数据帧字段和对应的密钥片段输出到对应地址的寄存器中，在需要的时候，通过将数据帧字段和它的关联密钥片段按位异或就可以恢复原始的数据帧字段内容。

进一步地，解析器中，基本处理单元的级联数 N 等于所要解析的最大封装层次数量，每一层次的封装协议对应一级基本处理单元。

进一步地，数据通路中，数据帧寄存器单元的容量大小根据待处理的包头部最大长度决定，在硬件设计时候进行固化。

进一步地，数据通路中，第一 PA 单元的数量根据系统所支持的协议情况的需求来确定，优选统一固化为每级基本处理单元对应处理的封装帧头部待提取的关键字个数中的最大值。

进一步地，数据通路中，PB 单元内包含一个匹配查找表，匹配查找表中存储着特征模板与协议信息之间的映射关系，该匹配查找表的内容（特征模板和协议信息）通过表存储器的对外端口从外部写入，实现可配置。

进一步地，数据通路中，PC 单元内包含两个查找表：当前查找表（LUT_CUR）和下一级查找表（LUT_NXT），表的输入（地址）分别为 PB 单元输出的当前层协议类型分类标识和下一层协议类型分类标识，当前查找表（LUT_CUR）的输出包括本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识、本级数据帧的偏移量，下一级查找表（LUT_NXT）的输出包括下一级基本处理单元所需要的关键字段偏移量，当前查找表和下一级查找表的内容通过表存储器的对外端口从外部写入，实现可配置。

进一步地，数据通路中，PB 单元和 PC 单元中查找表的输入输出位宽与容量、Offset_buffer 的大小根据系统所支持的协议情况的需求来确定，

在设计阶段选取后，固定下来。

下面以具体实施例对本发明做进一步详细介绍：

以太网-IPV4 数据帧是网络常见的数据帧结构之一，根据协议分层与OSI 参考模型的规则，以太网协议、IPV4 协议分别对应数据链路层（L2）、网络层（L3）。因此如图 2 所示，本实施例中具有防御硬件木马攻击且可重构的 Parser 整体结构如下：处理级数为两级，输入数据通过由两个结构相同的基本处理单元级联，分别处理以太网协议、IPV4 协议的帧格式头部，解析出来的结果送达最后的提取器（Extractor）模块并对数据帧和密钥中的关键字段进行统一提取，至此完成 Parser 的解析功能。

取输入的以太网-IPV4 包的前 1024 位，在进入解析器之前与一个等长的随机数（密钥）按位异或，异或的结果送入以太网处理层基本处理单元的数据通路的数据帧寄存器（Frame Reg），密钥送入以太网处理层基本处理单元的密钥通路的密钥寄存器（Key Reg），同时基本处理单元的数据通路会接收上层配置的关键字提取的偏移量。针对以太网-IPV4 数据帧的解析过程，两层协议中关键字段最大的提取数量为 4，因此将每级基本处理单元中 PA 单元的个数固定为四个。

以太网处理层的数据通路由六个功能单元组成，包括数据帧寄存器（Frame Reg）单元、移位器单元、PA 单元、PB 单元、PC 单元、偏移量缓存单元。数据通路接收到经过密钥异或处理的数据帧并将其存储在数据帧寄存器单元（Frame Reg），移位器单元是一个移位单元，输入为数据帧寄存器（Frame Reg）的 1024 位数据、来自本处理层的 PC 单元数据帧的移位量，根据移位量将本级协议的载荷数据移动到下一级协议对应的起始位置，输出为移位后的新的数据帧；四个 PA 单元分别接收上层配置而来的关键字偏移量值，并从数据帧寄存器单元中取出数据帧进行对应的提取，每个 PA 单元提取的字段长度固定为 8 位。PB 单元是查询匹配单元，它的输入是四个 PA 单元提取出来的关键字段拼接而成的 32 位数据，和基本处理单元密钥层输出的 32 位密钥，这个密钥将同 PB 单元内部存储的所有匹配模板分别异或作为最终的匹配模板，输出为输入关键字组合所匹配的模板对应的协议类型信息；PC 单元是一个查表单元，输入为来自 PB 单元的协议类型信息，输出为下一级基本处理单元所需要的关键字偏移量、本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识、下一级数据帧的偏移量；

偏移量缓存单元是用来存储前面各级解析出的所有字段的偏移量和字段标识，以及本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识，根据本实例每级偏移量缓存单元的容量都固化为 2×10×8 位，分别对应字段偏移量和字段标识两个部分、10 个待提取字段的信息、和每项信息（字段偏移量和字段标识）的 8 为字长，输出连接 IPV4 基本处理单元的偏移量缓存 1。

PB 单元内包含一个匹配查找表，表的输入为四个 PA 提取拼接而成的 32bit 数据，表的每行内容都包括：32bit 掩码，目的是为了过滤掉输入的 32bit 中的无关信息；32bit 匹配模板，用来匹配掩码之后的字段；根据关键字段特征所对应的当前层协议类型标识和下一层协议类型标识，两个标识的大小均为 8bit。匹配查找表的容量在硬件设计时进行固化，表项的内容则可以通过表存储的对外端口从外部写入，实现可配置。PB 单元在匹配时先将存储的匹配模板与本级密钥通路送来的 32bit 密钥进行按位异或，输入的 32bit 关键字段则先与模板对应的匹配掩码按位相与（AND）把无关位转成 0，再将变码后的匹配模板和掩码后的关键字段进行比较，值相等的则为匹配条目。

以太网层配置信息：

PB 匹配查找表内容：

```
(
    ['00','00000000','00000000','00','00'],
    ['01','ffff0000','08000000','00','05'],
    ['01','ffff0000','81000000','00','03'],
    ['01','ffff0000','88470000','00','02'],
    ['01','ffff0000','88480000','00','02'],
    ['01','ffff0000','88a80000','00','04'],
    ['01','ffff0000','92000000','00','04'],
    ['01','ffff0000','93000000','00','04'],
);
```

PC 当前查找表内容：

```
(
['00','00','00000000000000000000','00000000000000000000','00'],
```

['01','00','20305060700000000000','01020304050000000000','0e'],

);

PC 下一级查找表内容：

(

['00','00000000'],

['01','0d0e0000'],

['02','03000000'],

['02','03000000'],

['03','03040000'],

['04','03040708'],

['05','010a0000'],

)；PC 单元内包含两个查找表，当前查找表（LUT_CUR）和下一级查找表（LUT_NXT)。表的输入（地址）分别为 PB 单元输出的当前层协议类型标识和下一层协议类型标识，各为 8bit。当前查找表（LUT_CUR）输出都包括本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识，其大小均为 10×8bit，并将其输出给本级的偏移量缓存 1 及进行存储；下一级数据帧的偏移量，长度为 8 位，输出给本级基本处理单元数据通路和密钥通路的移位器单元。表项的容量在设计时候进行固化，表的内容则通过表存储器的对外端口从外部写入，实现可配置。下一级查找表（LUT_NXT）输出包括下一级基本处理单元所需要的关键字段偏移量，为 4×8 位，分别输出给 IPV4 处理层数据通路的四个 PA 单元。表的容量在硬件设计时进行固化，表的内容通过表存储器的对外端口从外部写入，实现可配置。

以太网处理层的密钥通路与数据通路相类似，由四个功能单元组成，包括密钥寄存器（Key reg）单元、移位器单元、PA 单元、拼接单元。输入的与数据帧等长的 1024 位随机数（密钥）存储在密钥寄存器（Key Reg）中、四个关键字偏移量值被分别送入四个 PA 单元中，并对密钥寄存器（Key Reg）中的密钥进行关键字的提取，所提取的字段长度与数据通路中保持一致，均为 8bit。拼接单元把来自四个 PA 单元提取出来的 8bit 密钥段拼接起来，目的是与数据通路中的 PB 单元的查询模板异或作为新的查询模板进行匹配。移位器单元接收来自密钥寄存器（Key Reg）的密钥数据，

同时接收来自数据通路 PC 单元查找出的数据帧的偏移量信息进行对应的移位操作，并将其输出给下一级 IPV4 处理层的密钥寄存器（Key Reg）。

IPV4 处理层的数据通路单元组成和各模块功能与以太网层数据通路相同。移位器移位器 PA 单元的数量也是四个，每个 PA 单元提取的字段长度也是固定为 8 位。但它包含两个偏移量缓存单元，偏移量缓存 1 是用来暂时存储以太网处理层解析出的所有字段的偏移量和字段标识，以便将它们向后传递，其大小、字长和以太网层基本处理单元种的偏移量缓存 1 相同。偏移量缓存 2 则用例存储本级头部中的各个字段的偏移量和字段标识。根据本实例 IPV4 处理层的偏移量缓存 2 单元的容量固化为 2×10×8bit，分别对应 IPV4 层的字段偏移量和字段标识两个部分、10 个待提取字段的信息、和每项信息（字段偏移量和字段标识）的 8 为字长，输出到最后的 Extractor 提取模块。

IPV4 处理层的密钥通路与数据通路相类似，和以太网的密钥通路构成相同，PA 单元有 4 个，提取字段长度也均为 8bit，关键字段偏移量则是前一级基本处理单元的 PC 单元的输出。密钥寄存器（Key Reg）的密钥数据来自前一级的密钥通路移位器，它的移位器输出移位后的密钥帧到最后的提取器模块。相关程序语言如下：

IPV4 层配置信息：

PB 匹配查找表内容：

```
(
    ['00','00000000','00000000','00','00'],
    ['02','01000000','00000000','00','02'],
    ['02','01000000','01000000','00','05'],
    ['05','0fff0000','05060000','01','06'],
    ['05','0fff0000','05110000','01','07'],
    ['05','0fff0000','06060000','02','06'],
    ['05','0fff0000','06110000','02','07'],
    ['05','0fff0000','07060000','03','06'],
    ['05','0fff0000','07110000','03','07'],
);
```

PC 当前查找表内容：

```
(
['00','00','00000000000000000000','00000000000000000000','00'],
['02','00','18200000000000000000','01020000000000000000','04'],
['05','01','08102030404850608 0a0','0102030405060708090a','14'],
['05','02','08102030404850608 0a0','0102030405060708090a','18'],
['05','03','08102030404850608 0a0','0102030405060708090a','1c'],
);
```

PC 下一级查找表内容：

```
(
    ['00','00000000'],
    ['02','03000000'],
    ['02','03000000'],
    ['06','0d000000'],
    ['07','01020000'],
);
```

提取单元的数据通路的输入为 IPV4 处理层偏移量缓存 1 单元、偏移量缓存 2 单元中的待提取字段的位置偏移量值和字段标识、IPV4 处理层数据通路移位器中的数据帧，并将提取的字段输出；提取单元的密钥通路的输入为 IPV4 处理层偏移量缓存 1 单元、偏移量缓存 2 单元中的待提取字段的位置偏移量值和字段标识、IPV4 处理层密钥通路移位器中的密钥，并将提取的密钥字段输出。

上述各实施例仅用于说明本发明，其中各部件的结构、连接方式和制作工艺等都是可以有所变化的，凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进，均不应排除在本发明的保护范围之外。

权利要求

1、一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：其包括：

数据预处理单元、若干级联的基本处理单元以及与最后级基本处理单元相连的提取单元；

各级所述基本处理单元结构相同，均包括数据通路和密钥通路；

所述数据预处理单元用于按照解析器截取的交换机以太网端口输入的包头部生成等长的密钥，并将所述密钥作为密钥帧输出至第一级基本处理单元的密钥通路，将输入的包头部与所述密钥按位异或后将异或的结果作为数据帧输出至所述第一级基本处理单元的数据通路；

所述第一级基本处理单元的密钥通路用于对密钥帧进行密钥关键字提取和移位，提取的密钥关键字值发送至本级基本处理单元的数据通路，移位后的密钥值发送至下级基本处理单元的密钥通路；

所述第一级基本处理单元的数据通路根据本级密钥通路提取的密钥关键字值，对所述数据帧进行关键字段提取和移位，并将提取的字段偏移量发送至本级基本处理单元的密钥通路以及下一级基本处理单元的密钥通路和数据通路，移位后的数据帧发送至下一级基本处理单元的数据通路；

其他各级基本处理单元依次对接收到的密钥帧和数据帧进行字段提取和移位后，输出到下一级基本处理单元；

所述提取单元根据接收到的密钥值和关键字偏移量，从最后一级基本处理单元的密钥通路和数据通路中进行密钥帧和数据帧字段的提取，并转发至后续包处理部分。

2、如权利要求 1 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述各级基本处理单元中，数据通路包括：数据帧寄存器单元、第一移位器单元、若干第一 PA 单元、PB 单元、PC 单元、若干偏移量缓存单元；

所述数据帧寄存器单元的输入为所述数据预处理单元或前一级基本处理单元发送的数据帧，输出连接本级所述第一移位器单元；

所述第一移位器单元将本级的协议帧头部及其载荷向右移动到下一

层协议帧的固定起始位置，其输入为本级所述 PC 单元输出的下一层协议帧头部在当前数据帧中的偏移量、本级数据帧寄存器单元输出的数据帧，输出为移位后的新的数据帧；

各所述第一 PA 单元的输入为前一级基本处理单元中 PC 单元输出的关键字段偏移量、本级数据帧寄存器单元的待提取的数据帧，输出为提取出来的固定长度的关键字段；

所述 PB 单元的输入为本级各所述第一 PA 单元输出的固定长度的关键字段、本级密钥通路输出的密钥关键字值，输出为与输入的关键字段组合所匹配的模板对应的协议分类和类型信息，如果关键字段和任何特征模板都不匹配，则发送非法标识到所述 PC 单元；

所述 PC 单元是查表单元，其输入为本级 PB 单元的协议分类和类型信息，输出为下一级基本处理单元所需要的关键字段偏移量、本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识以及下一级数据帧的偏移量；当根据本级提取协议下一层协议不需要解析时，应当跳过时，PC 单元输出 bypass 信号给下一级基本处理单元；当所述 PB 单元发送的为非法标识信息时，所述 PC 单元输出非法标识给下一级基本处理单元；后续各级所述基本处理单元接收到 bypass 信号后，把密钥和数据帧、所述第一 PA 单元的输入原样复制到下一级的对应端口上，不再执行其它操作；后续各级所述基本处理单元接收到非法标识信号时，把密钥和数据帧原样复制到下一级，不再执行其它操作，同时复制非法标识到后级基本处理单元；

所述偏移量缓存单元的输入为前一级基本处理单元的偏移量缓存的所有输出和本级 PC 单元输出的本级封装帧头部中各个字段的偏移量和字段标识，输出为存储的所有字段偏移量和字段标识数据。

3、如权利要求 2 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述第一 PA 单元的数量根据每级基本处理单元对应处理的封装帧头部待提取的所有关键字总长度和每个所述第一 PA 单元能提取的关键字位宽确定。

4、如权利要求 2 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述 PB 单元内包含一个匹配查找表，所述匹配查找表中存储着特征模板与协议信息之间的映射关系，且表项的内容能够通过表存储器的对外端口从外部写入，在进行匹配时，把 PB 单元内部存

储的匹配模板与来自本级密钥通路的密钥按位异或，然后再进行匹配。

5、如权利要求 2 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述 PC 单元内包含两个查找表：当前查找表和下一级查找表，所述当前查找表和下一级查找表的输入分别为所述 PB 单元输出的当前层协议类型分类标识和下一层协议类型分类标识，所述当前查找表的输出包括本级封装帧头部中的各个字段的偏移量和字段标识、下一级封装帧头部在当前数据帧中的偏移量，所述下一级查找表的输出包括下一级基本处理单元所需要的关键字段偏移量，所述当前查找表和下一级查找表的表项内容能够通过表存储器的对外端口从外部写入。

6、如权利要求 2 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：各级所述基本处理单元中，所述密钥通路包括密钥寄存器单元、第二移位器单元、第二 PA 单元、拼接单元；

所述密钥寄存器单元的输入是上一级或数据预处理单元的密钥帧，输出则连接着所述第二移位器单元；

所述第二移位器单元将每一级的密钥及其之后的密钥比特向右移动到对应级的固定起始位置，其输入为密钥寄存器单元的密钥、本级基本处理单元数据通路输出的下一级封装帧头部在当前数据帧中的偏移量，输出为移位后的新的密钥帧；

所述第二 PA 单元的数量与本级数据通路中所述第一 PA 单元的个数保持一致，各所述第二 PA 单元的输入为前一级基本处理单元数据通路中 PC 单元输出的关键字段偏移量、密钥寄存器单元的待提取的密钥值，输出为提取出来的固定长度的密钥值；

所述拼接单元用于将所述第二 PA 单元输出的固定长度的若干个密钥值拼接、提取成查询匹配模板对应位置的密钥，它的输入是若干个所述第二 PA 单元提取出来的密钥字段，输出为产生的密钥值。

7、如权利要求 1 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述提取单元包括提取单元数据通路和提取单元密钥通路，所述提取单元数据通路的输入为最后一级所述基本处理单元的数据通路输出的各级基本处理单元中各字段的偏移量和字段标识、移位后的数据帧，输出为提取出的字段和对应的字段标识；密钥通路的输入为最后一级基本处理单元的数据通路的输出的各级协议头部的各字段的偏移

量和字段标识、密钥通路输出的移位后的密钥帧，输出为提取出来的各数据帧字段对应的密钥片段；若提取单元收到数据包有非法标识，则不再执行提取操作，而是将非法标识和原始输入的数据帧描述符上送给上层系统处理。

8、如权利要求 1 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述提取单元的数据通路和密钥通路结构相同，均包括 N 组提取模块、N 个映射表和 N 组寄存器，且每组提取模块、映射表和寄存器分别对应一个网络协议层，数据通路的各组提取模块用于根据接收到的字段偏移量和字段标识，从最后一级基本处理单元的数据通路出的数据帧中提取相应字段，并输出到对应的数据通路寄存器，密钥通路的各组提取模块用于根据接收到的字段偏移量和字段标识，从最后一级基本处理单元的密钥通路的密钥帧中提取相应字段，并输出到对应的密钥通路寄存器，将提取的数据帧和密钥帧的相应字段进行异或得到所需数据；各映射表用于存储相应网络协议层内各个字段标识所对应的寄存器的物理地址。

9、如权利要求 1 所述的一种可破坏硬件木马的可重构交换机转发引擎解析器，其特征在于：所述解析器中，所述基本处理单元的级联数等于所要解析的最大封装层次数量，每一层次的封装协议对应一级所述基本处理单元。

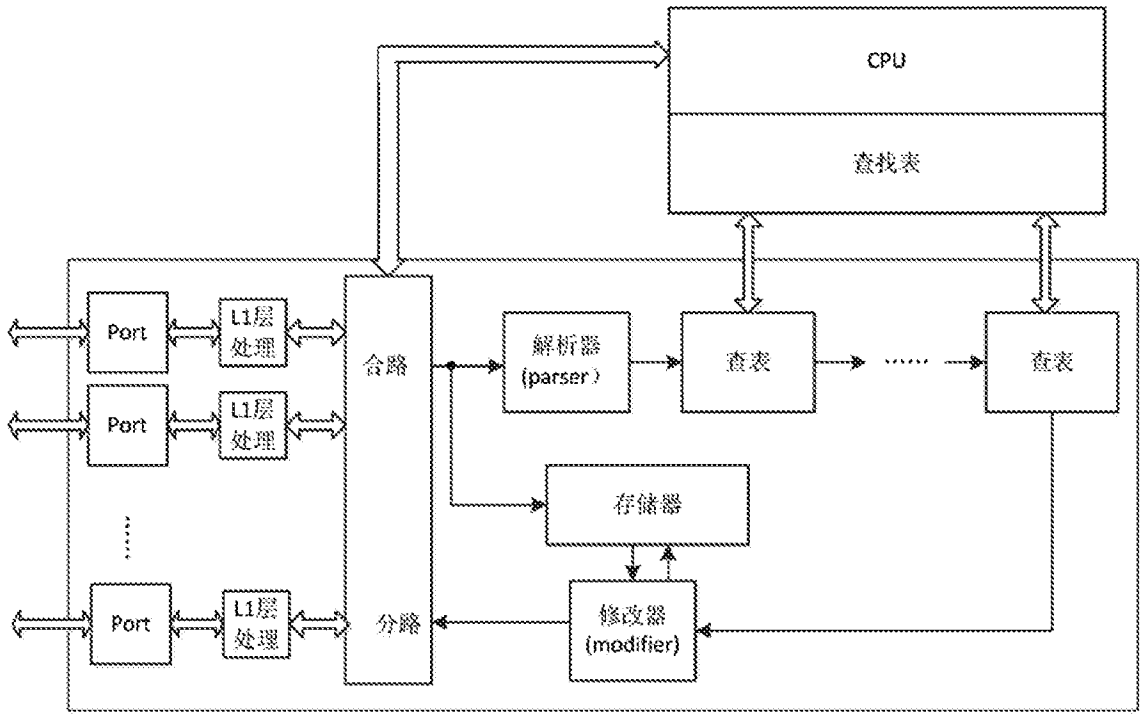
CPU
查找表
Port
L1层处理
Port
L1层处理
Port
L1层处理
合路
分路
解析器(parser)
查表
查表
存储器
修改器(modifier)

图 1

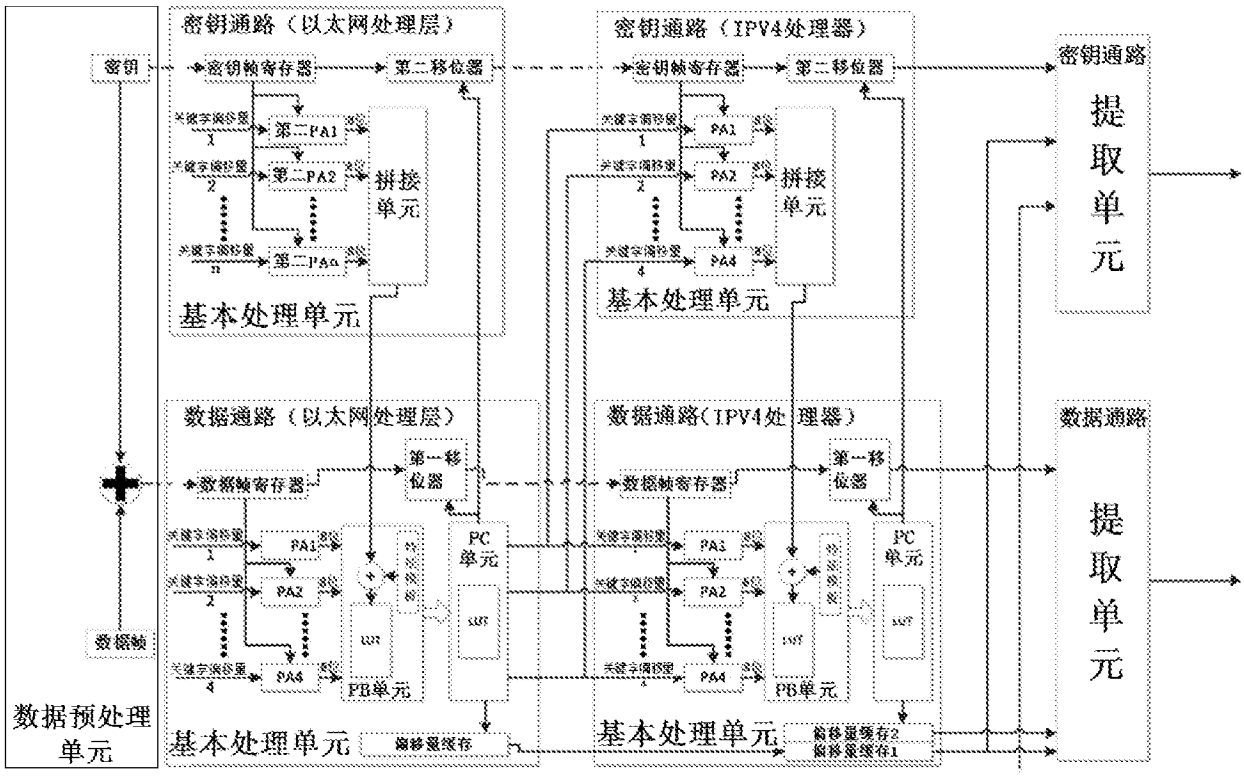
密钥通路（以太网处理层）
密钥通路（IPV4处理器）
密钥通路提取单元
密钥
密钥帧寄存器
第二移位器
第二PA1
第二PA2
第二PAn
拼接单元
基本处理单元
数据通路（以太网处理层）
数据通路（IPV4处理器）
数据通路提取单元
数据帧寄存器
第一移位器
PA1
PA2
PA4
PC单元
LMT
PB单元
数据帧
数据预处理单元
偏移量缓存
偏移量缓存2
偏移量缓存1

图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2019/094332

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 29/06(2006.01)i; H04L 12/933(2013.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; VEN; EPTXT; USTXT; WOTXT; CNKI; IEEE: 可重构, 交换机, 解析器, 分析器, 密钥, 关键字, 提取, 移位, 级联, 串联, 通路, 旁路, 偏移, 帧, reconfigurable, switch, analyzer, parser, key, extract, shift, bypass, cascade, series, offset, frame

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109474641 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 15 March 2019 (2019-03-15) description, paragraphs [0007]-[0017]	1-9
A	CN 100574312 C (INFINEON TECHNOLOGIES AG) 23 December 2009 (2009-12-23) claims 1-16	1-9
A	CN 104967575 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 07 October 2015 (2015-10-07) description, paragraphs [0006]-[0015]	1-9
A	US 7551575 B1 (MARVELL ISRAEL (M.I.S.L.) LTD.) 23 June 2009 (2009-06-23) entire document	1-9
A	US 2017064047 A1 (BAREFOOT NETWORKS, INC.) 02 March 2017 (2017-03-02) entire document	1-9

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 July 2019	**29 August 2019**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2019/094332

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 109474641 A	15 March 2019	None	
CN 100574312 C	23 December 2009	US 7616662 B2	10 November 2009
		AU 2002334571 A1	29 March 2004
		CN 1669289 A	14 September 2005
		WO 2004023762 A1	18 March 2004
		US 2005256821 A1	17 November 2005
CN 104967575 A	07 October 2015	CN 104967575 B	02 October 2018
US 7551575 B1	23 June 2009	None	
US 2017064047 A1	02 March 2017	US 9826071 B2	21 November 2017

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2019/094332

A. 主题的分类

H04L 29/06(2006.01)i; H04L 12/933(2013.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS;CNTXT;VEN;EPTXT;USTXT;WOTXT;CNKI;IEEE：可重构，交换机，解析器，分析器，密钥，关键字，提取，移位，级联，串联，通路，旁路，偏移，帧，reconfigurable，switch，analyzer，parser，key，extract，shift，bypass，cascade，series，offset，frame

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 109474641 A (清华大学) 2019年 3月 15日 (2019-03-15) 说明书第[0007]-[0017]段	1-9
A	CN 100574312 C (因芬奈昂技术股份有限公司) 2009年 12月 23日 (2009-12-23) 权利要求1-16	1-9
A	CN 104967575 A (清华大学) 2015年 10月 7日 (2015-10-07) 说明书第[0006]-[0015]段	1-9
A	US 7551575 B1 (MARVELL ISRAEL MISL LTD) 2009年 6月 23日 (2009-06-23) 全文	1-9
A	US 2017064047 A1 (BAREFOOT NETWORKS INC) 2017年 3月 2日 (2017-03-02) 全文	1-9

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2019年 7月 25日	2019年 8月 29日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 贾斌 电话号码 (86-512) 88996134

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2019/094332

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	109474641	A	2019年 3月 15日	无			
CN	100574312	C	2009年 12月 23日	US	7616662	B2	2009年 11月 10日
				AU	2002334571	A1	2004年 3月 29日
				CN	1669289	A	2005年 9月 14日
				WO	2004023762	A1	2004年 3月 18日
				US	2005256821	A1	2005年 11月 17日
CN	104967575	A	2015年 10月 7日	CN	104967575	B	2018年 10月 2日
US	7551575	B1	2009年 6月 23日	无			
US	2017064047	A1	2017年 3月 2日	US	9826071	B2	2017年 11月 21日