

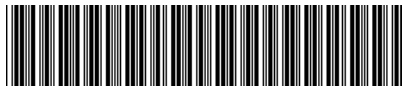


250014

山东省济南市历下区经十路 17703 号华特广场 B510 室 济南圣达知
识产权代理有限公司
李圣梅(0531-68605722)

发文日:

2025 年 01 月 09 日



申请号: 202510036261.7

发文序号: 2025010901274400

专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 43 条、第 44 条的规定, 申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日等信息通知如下:

申请号: 2025100362617

申请日: 2025 年 01 月 09 日

申请人: 山东省计算中心(国家超级计算济南中心)

发明人: 谭立状, 王新航, 董鑫, 史慧玲, 张玮

发明创造名称: 一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法及系统
经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

权利要求书 1 份 3 页, 权利要求项数: 10 项

说明书 1 份 12 页

说明书附图 1 份 2 页

说明书摘要 1 份 1 页

发明专利请求书 1 份 5 页

实质审查请求书 文件份数: 1 份

申请方案卷号: 2024713289

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。

2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员: 自动受理

联系电话: 010-62356655

审查部门: 初审及流程管理部



权利要求书

1. 一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法, 其特征在于, 包括:

接收用户损伤指令; 基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板, 所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板;

接收发送方发送的网络流数据包;

对所述网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断, 具体的:

若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件, 则直接将网络流数据包转发至接收方; 否则, 对网络流数据包中的任务需求进行判断, 当任务需求为简单网络损伤模拟时, 基于所述第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作; 当任务需求为复杂网络损伤模拟时, 基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作;

经网络损伤模拟操作后, 将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。
2. 如权利要求 1 所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法, 其特征在于, 所述第一配置模板部署于 Tofino 芯片, 所述第二配置模板部署于 CPU 芯片; 所述 Tofino 芯片基于第一配置模板执行简单网络损伤模拟操作, 所述 CPU 芯片基于第二配置模板执行复杂网络损伤模拟操作。
3. 如权利要求 1 所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法, 其特征在于, 所述简单网络损伤模拟包括丢包、固定延迟, 所述复杂网络损伤模拟包括随机延迟、乱序以及高维度组合损伤。
4. 如权利要求 1 所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法, 其特征在于, 对网络流数据包进行网络损伤条件匹配, 具体的, 查询网络流数据包中是否存在与第一配置模板所含配置相匹配的损伤项, 若存在,

权利要求书

则表示网络流数据包符合网络损伤的匹配条件；反之，则不符合。

5. 如权利要求 1 所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法，其特征在于，经网络损伤模拟操作后，判断所述网络流数据包是否符合网络损伤模拟任务需求；若不符合，则重新执行网络损伤模拟操作，直至符合网络损伤模拟任务需求。

6. 如权利要求 1 所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法，其特征在于，在将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方后，对 Tofino 芯片和 CPU 芯片的处理状态、网络流数据包的统计信息及损伤模拟结果进行周期性采集与监控，以生成损伤结果报告并提供可视化界面。

7. 一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统，其特征在于，包括：

配置模板生成模块，被配置为：接收用户损伤指令；基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板，所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板；

数据包接收模块，被配置为：接收发送方发送的网络流数据包；

网络损伤模拟模块，被配置为：对所述网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断，具体的：若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件，则直接将网络流数据包转发至接收方；否则，对网络流数据包中的任务需求进行判断，当任务需求为简单网络损伤模拟时，基于所述第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作；当任务需求为复杂网络损伤模拟时，基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作；

管理中心模块，被配置为：经网络损伤模拟操作后，将达到网络损伤

权利要求书

模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。

8. 如权利要求 7 所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统，其特征在于，还包括：

接口模块，所述接口模块包括数据接口和管理接口；其中，所述数据接口用于连接被测设备和目标设备；所述管理接口与管理中心模块相连接；

存储模块，所述存储模块包括第一存储器和第二存储器；其中，所述第一存储器和第二存储器分别与 Tofino 芯片和 CPU 芯片相连接。

9. 计算机可读存储介质，其上存储有程序，其特征在于，该程序被处理器执行时实现如权利要求 1-6 任一项所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法中的步骤。

10. 电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序，其特征在于，所述处理器执行所述程序时实现如权利要求 1-6 任一项所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法中的步骤。

说明书

一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法及系统

技术领域

本发明属于互联网网络损伤技术领域，尤其涉及一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法及系统。

背景技术

本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息，不必然构成在先技术。

网络损伤是指在数据通信过程中由于网络设施、配置或外部攻击等因素的不利影响，造成的数据传输效率下降、延迟增加、连接不稳定和服务可用性降低等现象。模拟网络损伤在多个领域，尤其是网络应用的开发和测试阶段，具有至关重要的意义；例如，通过网络损伤模拟，可以在实验室环境中模拟出真实网络环境中可能出现的各种问题，如带宽限制、时延、丢包、乱序、重复报文、误码等。这有助于开发人员在产品上线前发现并修复潜在的问题，提高应用的稳定性和用户满意度。

网络损伤仿真仪便是一种专门用于模拟广域网络链路质量的仪器仪表，目前，网络损伤仿真仪通常是采用 CPU 等通用芯片或 FPGA 等专用集成芯片来实现网络损伤；其中，前者性能低但价格便宜，后者性能高但价格昂贵。由此，基于 Tofino 的可编程交换机凭借其高性能的数据包转发能力和灵活的编程能力，成为了潜在的第三种网络损伤仿真仪实现方案。

然而，基于 Tofino 芯片的可编程交换机虽然能够实现基本的网络损伤仿真，但是其本身仍存在一些技术问题，例如：

(1) 网络损伤模拟的逻辑单一。无论是针对何种复杂程度的网络损伤需求，都只能基于同样的损伤逻辑进行仿真，使得仿真实现结果效率低且结果不精准，进而导致仅能够适用于简单的网络损伤模拟实现。

(2) 数据处理能力弱。在对复杂的网络损伤（如随机延迟损伤、乱序

说明书

等) 进行仿真时会产生大量的缓存, 而基于 Tofino 芯片的损伤配置模板难以实现大容量数据的存储与计算。

发明内容

为克服上述现有技术的不足, 本发明提供了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法及系统, 能够在充分利用双协同模块处理的基础上, 突破硬件和编程的限制, 高效且精准的实现对不同复杂程度的网络损伤模拟。

为实现上述目的, 本发明的一个或多个实施例提供了如下技术方案:

本发明第一方面提供了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法。

一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法, 包括:

接收用户损伤指令; 基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板, 所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板;

接收发送方发送的网络流数据包;

对所述网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断, 具体的: 若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件, 则直接将网络流数据包转发至接收方; 否则, 对网络流数据包中的任务需求进行判断, 当任务需求为简单网络损伤模拟时, 基于所述第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作; 当任务需求为复杂网络损伤模拟时, 基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作;

经网络损伤模拟操作后, 将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。

进一步地, 所述第一配置模板部署于 Tofino 芯片, 所述第二配置模板部署于 CPU 芯片; 所述 Tofino 芯片基于第一配置模板执行简单网络损伤模拟操作, 所述 CPU 芯片基于第二配置模板执行复杂网络损伤模拟操作。

进一步地, 所述简单网络损伤模拟包括丢包、固定延迟, 所述复杂网络损伤模拟包括随机延迟、乱序以及高维度组合损伤。

说明书

进一步地，对网络流数据包进行网络损伤条件匹配，具体的，查询网络流数据包中是否存在与第一配置模板所含配置相匹配的损伤项，若存在，则表示网络流数据包符合网络损伤的匹配条件；反之，则不符合。

进一步地，经网络损伤模拟操作后，判断所述网络流数据包是否符合网络损伤模拟任务需求；若不符合，则重新执行网络损伤模拟操作，直至符合网络损伤模拟任务需求。

进一步地，在将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方后，对 Tofino 芯片和 CPU 芯片的处理状态、网络流数据包的统计信息及损伤模拟结果进行周期性采集与监控，以生成损伤结果报告并提供可视化界面。

本发明第二方面提供了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统。

一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统，包括：

配置模板生成模块，被配置为：接收用户损伤指令；基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板，所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板；

数据包接收模块，被配置为：接收发送方发送的网络流数据包；

网络损伤模拟模块，被配置为：对所述网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断，具体的：若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件，则直接将网络流数据包转发至接收方；否则，对网络流数据包中的任务需求进行判断，当任务需求为简单网络损伤模拟时，基于所述第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作；当任务需求为复杂网络损伤模拟时，基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作；

管理中心模块，被配置为：经网络损伤模拟操作后，将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方；

接口模块，所述接口模块包括数据接口和管理接口；其中，所述数据接口用于连接被测设备和目标设备；所述管理接口与管理中心模块相连接；

说明书

存储模块，所述存储模块包括第一存储器和第二存储器；其中，所述第一存储器和第二存储器分别与 Tofino 芯片和 CPU 芯片相连接。

本发明第三方面提供了计算机可读存储介质，其上存储有程序，该程序被处理器执行时实现如本发明第一方面所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法中的步骤。

本发明第四方面提供了电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序，所述处理器执行所述程序时实现如本发明第一方面所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法中的步骤。

以上一个或多个技术方案存在以下有益效果：

(1) 本发明在进行网络损伤模拟之前，进行了任务划分，即基于用户损伤指令生成第一配置模板和第二配置模板。将第一配置模板和第二配置模板分别用于处理简单网络损伤模拟操作和复杂网络损伤模拟操作。针对不同的任务需求，采用不同的损伤逻辑进行仿真，使得仿真实现结果效率高且结果更精准。因此，本发明可以高效且精准的实现对不同复杂程度的网络损伤模拟。

(2) 本发明的第一配置模板部署于 Tofino 芯片、第二配置模板部署于 CPU 芯片，具体的，Tofino 芯片基于第一配置模板执行简单网络损伤模拟操作，CPU 芯片基于第二配置模板执行复杂网络损伤模拟操作，有效的结合了 Tofino 芯片的高效数据包转发能力和 CPU 的灵活编程计算能力。因此，本发明能够在充分利用双协同模块处理的基础上，突破硬件和编程的限制，实现复杂网络损伤功能的仿真。

本发明附加方面的优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

说明书

构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

图 1 为本发明实施例一中一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法的流程图。

图 2 为本发明实施例二中一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统的架构图。

图 3 为本发明实施例二中接口模块与存储器的架构关系示意图。

具体实施方式

应该指出，以下详细说明都是示例性的，旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明，本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

需要注意的是，这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式，而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。

在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

本发明提出的总体思路：本发明提供了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法，基于用户损伤指令生成并下发第一配置模板和第二配置模板；将第一配置模板和第二配置模板分别部署在 Tofino 芯片和 CPU 芯片上。通过结合 Tofino 芯片的高效数据包转发能力和 CPU 的灵活编程计算能力，实现复杂网络损伤功能的仿真。本发明针对当前 Tofino 芯片和 CPU 芯片的资源和功能局限，设计了一种协同架构，当 Tofino 芯片无法高效处理损伤请求时，能够将数据包转发给 CPU 进行处理，从而完成复杂的网络损伤功能仿真。其中，Tofino 芯片，是一种具有可编程性的以太网专用集成电路；CPU 芯片，即中央处理器（Central Processing Unit）芯片。

实施例一

说明书

本实施例公开了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法。

如图 1 所示，一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法，包括：

步骤 S1、接收用户损伤指令；基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板，所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板；

步骤 S2、接收发送方发送的网络流数据包；

步骤 S3、对所述网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断，具体的：若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件，则直接将网络流数据包转发至接收方；否则，对网络流数据包中的任务需求进行判断，当任务需求为简单网络损伤模拟时，基于所述第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作；当任务需求为复杂网络损伤模拟时，基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作；

步骤 S4、经网络损伤模拟操作后，将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。

基于上述过程，本发明能够在充分利用双协同模块处理的基础上，突破硬件和编程的限制，高效且精准的实现对不同复杂程度的网络损伤模拟。为便于对本发明技术方案的理解，下面针对本发明技术方案中的具体实施步骤作进一步的解释与说明。

步骤 S1、接收用户损伤指令；基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板，所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板。

接收用户损伤指令，具体的，根据用户所需模拟的现实网络场景，为用户提供不同的网络损伤功能选择操作前端，根据用户在前端的选择或输入结果来接收用户损伤指令。

基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板，具体的，根据网络损伤任务需求，将待实现的损伤功能划分为简单网络损伤模拟和复杂网络损伤模拟两部分。其中，简单网络损伤模拟包括丢包、固定延迟等轻量级功能；复杂网络损伤模拟包括随机延迟、乱序以及高维度组合损伤等。

说明书

示例性的，对于丢包损伤，针对简单网络损伤模拟的任务需求可以设置为固定概率的丢包损伤，即：

$$P_{drop} = \frac{N_{drop}}{N_{total}};$$

其中， P_{drop} 表示固定丢包概率， N_{drop} 表示单位周期内丢弃的数据包数量， N_{total} 表示总数据包数量。

而对于复杂网络损伤模拟的任务需求，则可设置为丢包概率服从正态分布的丢包损伤，即：

$$P_{drop} \sim N(\mu, \sigma^2);$$

其中， μ 表示单位周期内丢弃的数据包数量的均值， σ^2 表示单位周期内丢弃的数据包数量的方差。

进一步地，损伤任务的划分由系统控制模块根据用户需求的损伤配置参数动态决策，并据此生成分别对应简单网络损伤模拟的第一配置模板和对应复杂网络损伤模拟的第二配置模板，具体的，第一配置模板和第二配置模板根据用户配置参数来确定。其中，第一配置模板包括对应简单网络损伤模拟的损伤功能代码和参数配置，第二配置模板包括对应复杂网络损伤模拟的损伤功能代码和参数配置。

更进一步地，第一配置模板部署于 Tofino 芯片，第二配置模板部署于 CPU 芯片；其中，Tofino 芯片基于第一配置模板执行简单网络损伤模拟操作，CPU 芯片基于第二配置模板执行复杂网络损伤模拟操作。

步骤 S2、接收发送方发送的网络流数据包。

接收发送方发送的网络流数据包，具体的：数据包通过物理端口进入交换机，对应的端口电路对数据包进行信号检测与转换，然后交换机会读取数据包的头部信息，如源 IP、目的 IP、端口号、协议类型等，并以此判断数据包的相关属性。

步骤 S3、对网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断，具

说明书

体的：若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件，则直接将网络流数据包转发至接收方；否则，对网络流数据包中的任务需求进行判断，当任务需求为简单网络损伤模拟时，基于第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作；当任务需求为复杂网络损伤模拟时，基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作。

步骤 S3-1、待测设备发送的网络流数据包首先由 Tofino 芯片接收。Tofino 芯片根据预设的第一配置模板，对网络流数据包初步分析。

对网络流数据包进行网络损伤条件匹配，具体的，查询网络流数据包中是否存在与第一配置模板所含配置相匹配的损伤项，若存在，则表示网络流数据包符合网络损伤的匹配条件；反之，则不符合，便直接进入普通转发流程，将网络流数据包转发至目标端口，通过目标端口发送至目标设备。网络损伤条件匹配过程可以表示为：

$$Match = \begin{cases} 1, & \text{存在可匹配的损伤项} \\ 0, & \text{不存在可匹配的损伤项} \end{cases}。$$

步骤 S3-2、当网络流数据包符合网络损伤的匹配条件时，对网络流数据包中的任务需求进行判断。

若网络流数据包符合网络损伤的匹配条件且对网络流数据包中的任务需求的判断结果为简单网络损伤模拟时，则直接在 Tofino 芯片中基于第一配置模板完成简单损伤逻辑的处理，包括但不限于丢包、固定延迟等操作，并将处理后的数据包转发至目标端口。其中，Tofino 芯片是根据用户输入时的参数来判定网络流数据包中的任务需求是否为简单网络损伤的。

若对网络流数据包中的任务需求的判断结果为复杂网络损伤模拟时，则将网络流数据包转发至 CPU 芯片，交由其进行复杂损伤逻辑处理。

步骤 S3-3、基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作。

CPU 芯片通过高速 PCIe 总线与 CPU 芯片连接，然后利用基于 PCIe 协议的通信机制来进行数据交互和通信；在接收到来自 Tofino 芯片转发的网

说明书

网络流数据包后，CPU 芯片会根据第二配置模板执行复杂损伤逻辑处理，具体的：针对复杂延迟仿真，CPU 芯片根据输入的延迟分布参数（如正态分布的均值与方差）对网络流数据包增加随机延迟时间；针对乱序仿真，CPU 芯片为待损伤流维护乱序队列，动态调整数据包的发送顺序，确保实现乱序操作；针对多维度组合损伤，CPU 芯片通过叠加多种损伤操作实现特定的损伤组合逻辑。处理完成后，CPU 芯片将处理后的数据包返回至 Tofino 芯片。

步骤 S3-4、经网络损伤模拟操作后，判断网络流数据包是否符合网络损伤模拟任务需求；若不符合，则重新执行网络损伤模拟操作，直至符合网络损伤模拟任务需求。

Tofino 芯片接收来自 CPU 芯片处理后的数据包，进一步完成精细化的数据包处理逻辑，包括对数据包增加标记、统计损伤信息等。随后，Tofino 芯片对网络流数据包进行最终检查，确认是否满足所有损伤配置需求，具体的：

- 1) 若网络流数据包已满足所有损伤配置需求，则将其转发至目标端口；
- 2) 若网络流数据包仍未满足配置需求，则通过再循环机制将数据包重新转发至 CPU 芯片或自身存储单元，继续完成未完成的损伤任务，直至满足所有配置需求。该检查过程可表示为：

$$Check = \begin{cases} 1, & \text{已满足全部损伤} \\ 0, & \text{未满足全部损伤} \end{cases}。$$

步骤 S4、经网络损伤模拟操作后，将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。

在将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方后，发送方会继续发送一次探针数据包，用于对 Tofino 芯片和 CPU 芯片的处理状态、网络流数据包的统计信息及损伤模拟结果进行周期性采集与监控；接收方会根据探针数据报统计的信息来生成损伤结果报告并提供可视化前端

界面。

实施例二

本实施例公开了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统。

如图 2 所示，一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现系统，包括：

配置模板生成模块，被配置为：接收用户损伤指令；基于所得用户损伤指令生成并下发损伤配置模板，所述损伤配置模板包括第一配置模板和第二配置模板；

数据包接收模块，被配置为：接收发送方发送的网络流数据包。

网络损伤模拟模块，被配置为：对所述网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断，具体的：若网络流数据包不符合网络损伤的匹配条件，则直接将网络流数据包转发至接收方；否则，对网络流数据包中的任务需求进行判断，当任务需求为简单网络损伤模拟时，基于所述第一配置模板直接执行网络损伤模拟操作；当任务需求为复杂网络损伤模拟时，基于第二配置模板执行网络损伤模拟操作，具体的：

通过 Tofino 芯片的 P4 编程语言编写损伤逻辑，使用硬件寄存器和计数器对丢包概率、延迟时间等参数进行控制；对于丢包仿真，可以实现周期丢包、固定概率丢包以及基于简单阈值判断的突发丢包；对于延迟损伤，利用 Tofino 芯片交换架构中的再循环机制，通过控制网络流数据包在交换机内部的转发路径和处理时间，精确增加数据包的传输延迟；Tofino 芯片适用于实时性要求较高、损伤逻辑相对简单的场景，减轻 CPU 的计算负载。利用 CPU 芯片的灵活编程能力和通用计算能力，用于处理复杂的网络损伤功能，如复杂延迟仿真、乱序仿真和结合多种损伤模式的大规模网络损伤逻辑；针对复杂延迟仿真，CPU 芯片通过动态分配内存资源和调整队列顺序来实现延迟分布的精确控制；对于乱序仿真，采用自定义数据包队列和优先级规则，灵活调整数据包的出队顺序；此外，CPU 芯片还支持大规模多损伤组合仿真，通过嵌套损伤逻辑和多线程处理机制，满足高并发损伤

说明书

任务的需求；CPU 芯片通过与 Tofino 芯片的协同配合，将简单任务留在 Tofino 芯片处理，将复杂任务分流至 CPU 芯片，实现两种芯片资源的高效利用和最优性能分配。

管理中心模块，被配置为：完成上架初始化、简单复杂损伤逻辑切分、损伤逻辑下发等基础配置工作，并上报设备状态、端口流量、业务统计等数据；经网络损伤模拟操作后，将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。

进一步地，管理中心模块作为整个系统的管理中心，负责提供友好的用户接口、灵活的损伤配置能力以及全面的系统监控功能。用户通过该模块提交损伤测试需求，例如指定数据流的匹配规则、损伤类型和具体参数（如丢包概率、延迟分布等）；配置完成后，将生成标准化的损伤配置模板，通过管理接口下发至 Tofino 和 CPU 子系统。与此同时，还能够实时监控整个系统的运行状态，包括损伤任务的执行情况以及设备资源利用率等；此外，在仿真结束后能够收集、整理并打印测试结果，例如可视化丢包率、延迟分布和实际损伤与配置参数的误差结果，通过数据接口以实现仿真结果的外部导出分析，输出整体测试报告。

接口模块，所述接口模块包括管理接口和若干个数据接口；其中，数据接口包括输入接口和输出接口；其中，输入接口和输出接口分别用于连接被测设备和目标设备；输入接口和输出接口的表现形式可以为光端口、电端口或其他交换端口。同时，所述管理接口与管理中心模块相连接。

存储模块，所述存储模块包括第一存储器和第二存储器；如图 3 所示，Tofino 芯片自带或拓展存储器（即第一存储器），用于缓存待转发处理的网络流数据包及简单损伤逻辑中间数据，如周期丢包计数器、固定延迟参数等；CPU 芯片外挂存储器（即第二存储器），用于支持复杂损伤逻辑的高维参数存储与计算，如随机延迟分布参数、乱序队列状态等。

实施例三

说明书

本实施例的目的是提供计算机可读存储介质。

计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，该程序被处理器执行时实现如本公开实施例一所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法中的步骤。

实施例四

本实施例的目的是提供电子设备。

电子设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的程序，所述处理器执行所述程序时实现如本公开实施例一所述的一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法中的步骤。

以上实施例二、三和四的装置中涉及的各步骤与方法实施例一相对应，具体实施方式可参见实施例一的相关说明部分。术语“计算机可读存储介质”应该理解为包括一个或多个指令集的单个介质或多个介质；还应当被理解为包括任何介质，所述任何介质能够存储、编码或承载用于由处理器执行的指令集并使处理器执行本发明中的任一方法。

本领域技术人员应该明白，上述本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算机装置来实现，可选地，它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现，从而，可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行，或者将它们分别制作成各个集成电路模块，或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。本发明不限制于任何特定的硬件和软件的结合。

上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

说明书附图

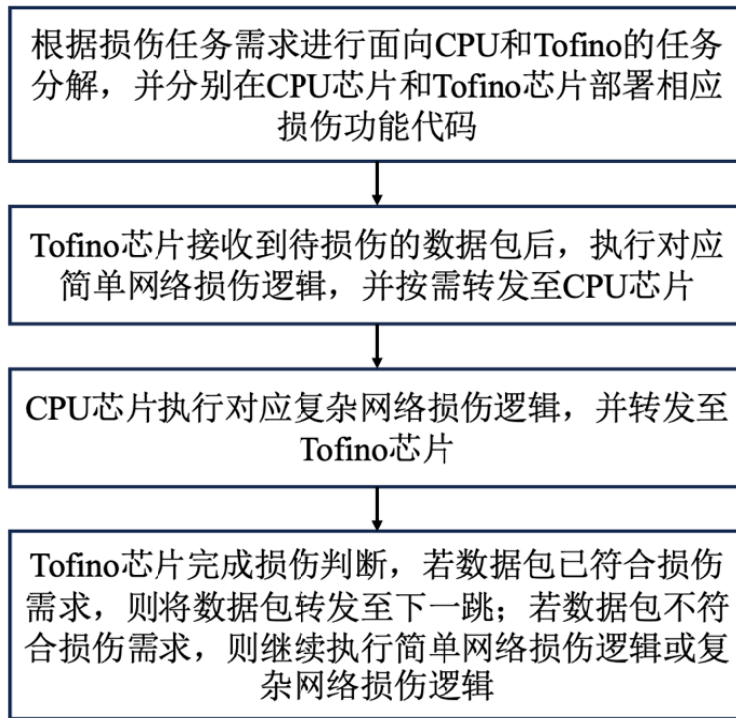


图 1

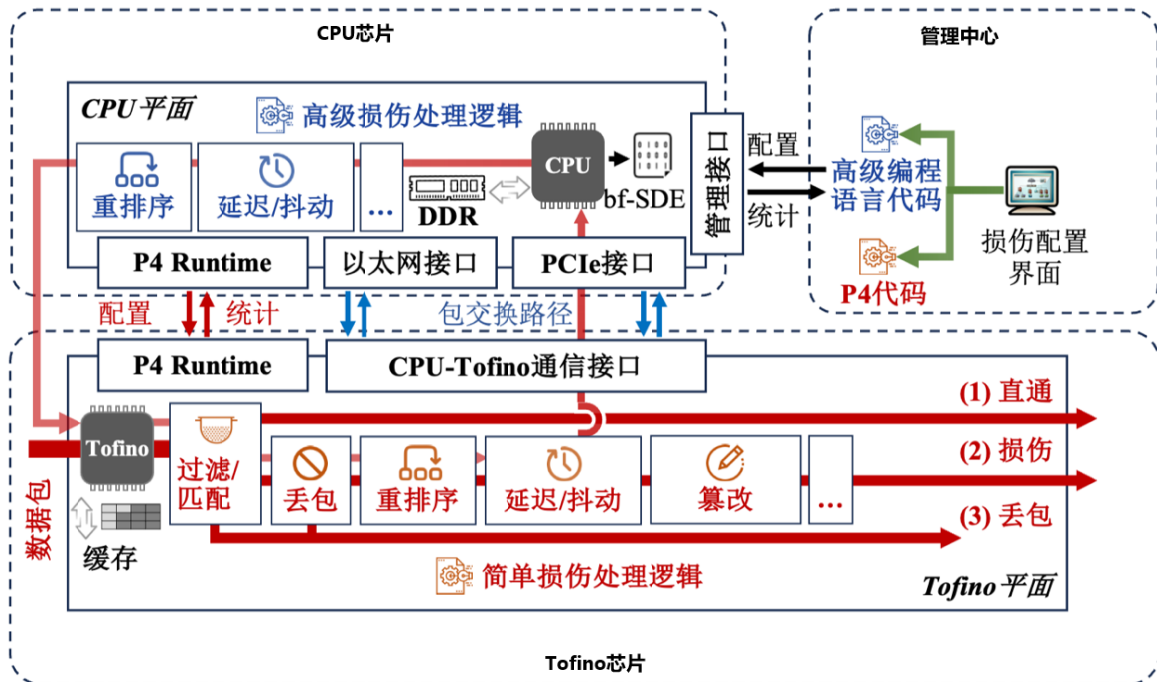


图 2

说明书附图

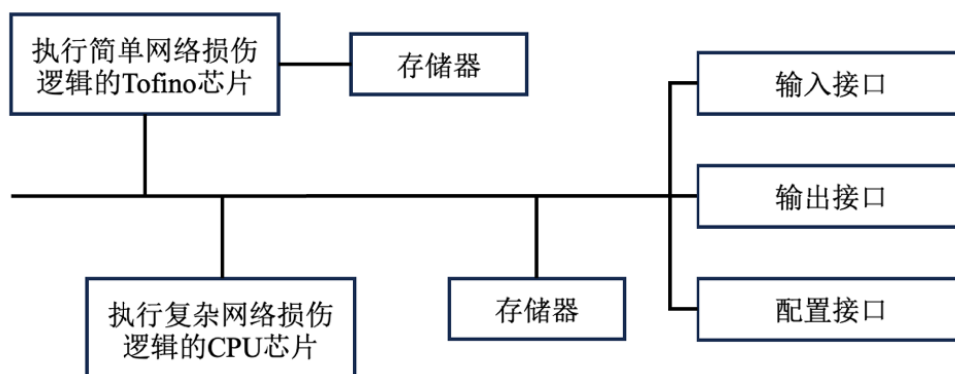


图 3

说明书摘要

本发明提出了一种基于双协同模块的网络损伤模拟实现方法及系统，属于互联网网络损伤技术领域；基于用户损伤指令生成第一配置模板和第二配置模板；对网络流数据包进行网络损伤条件匹配和任务需求判断，基于 Tofino 芯片上的第一配置模板对且仅对符合网络损伤匹配条件且任务需求为简单网络损伤模拟的网络流数据包进行处理；基于 CPU 芯片上的第二配置模板对且仅对任务需求为复杂网络损伤模拟的网络流数据包进行处理；最后将达到网络损伤模拟任务需求的网络流数据包转发至接收方。本发明能够在充分利用双协同模块处理的基础上，突破硬件和编程的限制，高效且精准的实现对不同复杂程度的网络损伤模拟。