

FAST 平台简介

一、产生背景

2011 年，国防科技大学 NetMagic 团队设计了开源开放的可编程网络实验平台 NetMagic，NetMagic 基于 FPGA 提供硬件级的可编程性，采用转发与控制分离设计思想，提升实验平台的可扩展性和可移植性。NetMagic 平台将用户逻辑与通用处理逻辑显式分离并提供良定义开发接口，有效简化用户设计工作。NetMagic 平台通过一套标准接口和协议来实现转发层面和控制层面之间的通信，从而在逻辑和物理上将平台的转发处理部分和控制部分。其中，转发处理部分由于强调高性能，采用基于 FPGA 的硬件平台实现；控制部分则强调灵活性，采用基于通用 CPU 的软件平台实现。

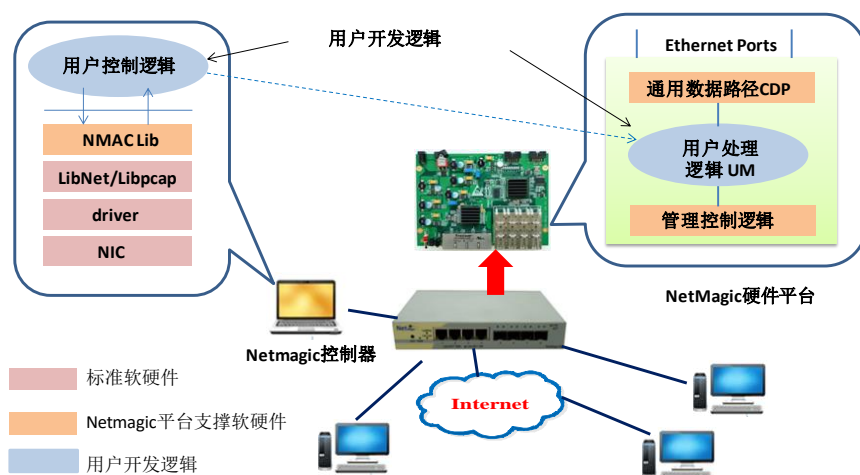


图 1 Netmagic 实验平台架构

如图 1 所示，NetMagic 可编程网络实验平台由两部分构成，即基于 FPGA 的 NetMagic 硬件平台（MagicFPGA）和基于软件的 NetMagic 控制器。MagicFPGA 提供高性能报文数据平面处理的开发

环境，预置报文通用数据通路（Common Data Path, CDP）功能，负责提供报文的接收、发送以及格式封装等基本的处理原语，并为用户开发逻辑模块（User Module, UM）提供预封装的存储器访问接口。Netmagic 控制器主要负责基于 NMAC 库提供的 API 接口实现对 MagicFPGA 的管理和控制，并可以对 MagicFPGA 上传的网络流量进行进一步灵活处理。Netmagic 平台在 MagicFPGA 与控制器间提供了基于以太网的通用管理控制协议 (NetMagic Accesss & Control ,NMAC)，具有良好的兼容性和可移植性。

用户基于 Netmagic 平台的开发涉及 MagicFPGA 中的 UM 模块硬件设计以及基于 NMAC 库 API 的软件开发。由于具有预置的基础数据通路和简洁的 NMAC 库 API 接口，用户仅需关注业务相关逻辑开发，而不必考虑网络接口、数据缓存、报文收发等通用复杂逻辑的处理，极大降低开发门槛和难度，并适合软硬件系统独立设计实现。

NetMagic 平台提供了高度的可编程灵活性以及资源及性能保证。计算机网络的教科研中的到大量应用。例如国防科技大学先后基于 NetMagic 设计了支持 openflow1.0/1.3 的 SDN 交换机，支持网络设备数据平面功能扩展的 Labelcast 交换机以及软件定义隧道交换机（SDTS）等成果，东南大学基于 NetMagic 平台实现了软件定义的测量平台，北京邮电大学基于 NetMagic 实现了功能扩展的 OpenFlow 交换机等，支持了大量网络新技术的研究。而国防科大，湖南大学，东南大学和清华大学也将 NetMagic 平台应用在本科和研究生的计算机网络教学和实验中。

然而，经过近 7 年的实践，我们发现 NetMagic 平台在支持计算机网络科研与教学方面，也存在一定的局限性。一是与具体的硬件平台相关，用户的逻辑只能在基于 Altera 公司特定型号 FPGA 的 NetMagic 平台上运行，与很多用户单位进行 FPGA 开发的平台不同，影响了平台受用户接纳的程度。二是软件开发缺少清晰的模型和编程 API，用户开发没有成型的易于使用的模版，因此增加了用户软件开发的难度；三是没有形成社区，难以获得足够的技术服务支持。

为解决上述问题，2016 年，湖南新实网络科技有限公司与国防科技大学 NetMagic 团队共同提出了 FAST（FPGA Accelerated Switching platform）开源项目。特别针对近年来关于工业控制网络创新技术、创新网络结构、SDN 网络、FPGA 硬件加速技术及下一代网络技术的研究需求，对原有 NetMagic 的规范进行了重新设计，明确了软件开发的框架和用户 API、给出了 FPGA 中面向 SDN 交换的 UM 参考模型，并与东南大学，北京邮电大学相关团队一起，设计了基于 FAST 架构的参考应用。同时由湖南新实网络科技有限公司负责 FAST 平台的生产及 FAST 社区的维护，提高平台的易用性。目前湖南新实网络科技有限公司基于 NetMagic 平台研发生产了可更好支撑 FAST 开源项的 OpenBox 系列平台产品供不同需求的用户选择，产品详情可查看 OpenBox 产品简介。

二、FAST 开源平台的特点

FAST 主要面向科研与教学领域的用户。这些人员在网络知识储

备、编程水平、有意投入工程实现的时间等方面具有较大差异。因此 FAST 项目与工业界开源项目具有不同的特点。

一是平台内部软硬件均可灵活编程。平台内部基于 FPGA 实现其可以支持对硬件的灵活编程，通过对 FAST 平台的软硬件开发研究人员、老师和学生可以看到 FAST 平台内部详细的工作流程，包括硬件对报文的处理波形，FAST 平台内部软硬件交互的流程，可更灵活实现 SDN 的交换处理。目前的市场采购的 SDN 交换机无法看到内部工作流程，对研究人员来说是一个典型的“黑盒”，只能通过各种配置命令改变交换机的处理行为，或在开源的控制器一侧通过抓包软件观测交换机的外部行为，对 SDN 交换技术的研究支持不足。

二是用户能够在平台软硬件中增加自己的创新工作。例如 SDN 的创新研究有可能需要增加一个定制模块来修改硬件处理逻辑，如支持新的分组格式，新的调度算法，也有可能是通过在硬件逻辑中（或者流表中）设置一个“钩子”，将指定的流量定向到 CPU，通过编写软件代码实现对特定流量施加特定处理。目前基于 ASIC 的商用 SDN 交换机难以支持上述功能，新型可编程 SDN 芯片（如 Barefoot 支持 P4 的芯片）尚未成熟，而且也是无法在硬件处理层次的创新实验。

三是用户具有更好的应用和开发支持。由于在教学科研领域的研究人员，特别是研究生，水平层次不齐。特别电子工程专业的可能擅长硬件设计，计算机专业的可能擅长软件编程，以论文为目标的研究人员可能更加注重原理的验证而不是工作的稳定性，而部分科研院所希望能够稳定可靠的工作，成为产品的原型。因此研究人员希望能够

获得更加专业，甚至是定制的服务。

四是能够支持更多的硬件平台。科研教学领域的研究主要是面向关键技术的突破和验证，以及 SDN 原理的学习，不应涉及太多商业利益纷争，因此 FAST 平台在软件和硬件设计中都显式地划定了平台相关实现与平台无关实现的界限，制定了平台相关实现与平台无关实现之间的接口规范，以及平台相关软件代码和硬件逻辑的设计需求，因此支持 FAST 平台在更多单位的更多硬件板卡上运行。

三、FAST 平台架构

FAST 平台的架构是一种通用多核 CPU 加 FPGA 形态的网络处理架构，该平台架构主要由硬件逻辑和软件逻辑两部分组成，实现软硬件耦合通信与支持软硬件可编程的网络创新实验系统。其中硬件包括平台相关的数据 IO 和 FAST 硬件逻辑。软件部分包括通用操作系统与 FAST 软件逻辑。FAST 软件逻辑包括 FAST 软件开发环境和 FAST UA 程序。在 FAST 平台，不仅支持 FAST 的 UA 编程开发，同时也支持通用 APP 的运行。其架构如图 2 所示。

FAST 平台的组成如图 2 所示，主要由平台相关软硬件，用户相关软硬件以及 FAST 支撑软件三部分组成。

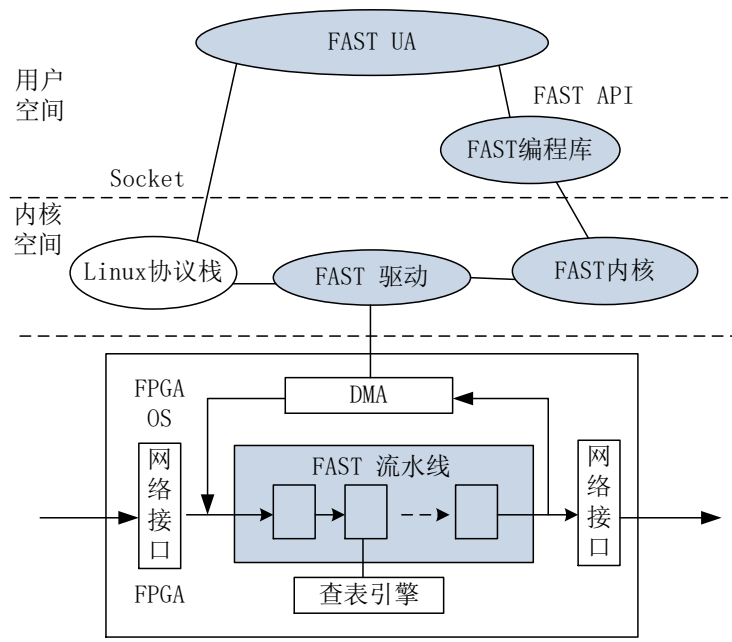


图 2 FAST 平台架构

FAST 定义了流水线的接口、结构以及内部数据流和控制流传输的规范，流水线可将分组定向到 UA 处理，UA 可将分组发送到流水线处理。流水线同时支持与多个 UA，典型 UA 包括：Linux 协议栈（控制平面）、Openflow 通道及数据平面扩展功能（如状态防火墙）。

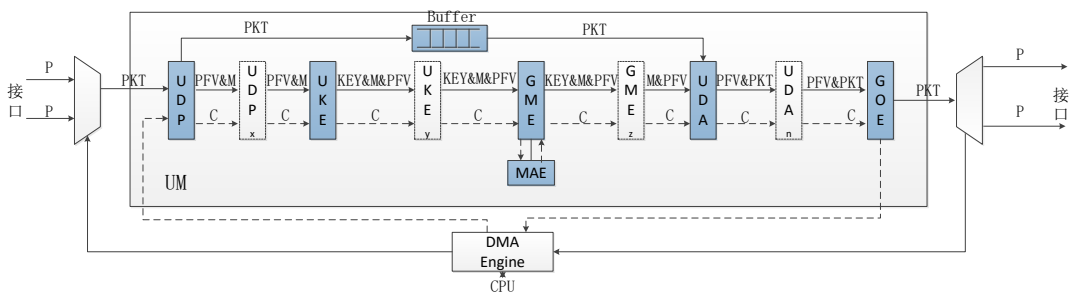


图 3 FAST 流水线结构

FAST 流水线通过 FPGA 实现，其分为两部分，第一部分为基础部分由 5 个基本模块组成，包含用户定义解析（UDP0）、用户定义关键字提取（UKE0）、通用查表引擎（GME0）、用户定义动作（UDA0）及通用输出引擎（GOE）模块，此 5 个模块用于保证基本数据流的可以

正常处理,; 第二部分为用户自定义扩展部分其为用户自己定义部分, 用户可以根据需求任意插入所需功能模块, 其各自定义模块只要按照基础模块定义的输入输出接口将其插入到相应位置即可。如图 3 所示, 标为蓝色部分为基础模块部分, 标为白色部分为用户自定义扩展部分。数据通路通过高性能 DMA 与 CPU 通信, CPU 通过控制链实现对流水线的配置管理。与 OpenFlow 不同, OpenFlow 流水线是逻辑层面的流水线, FAST 流水线是实现层面的流水线, 如图 4 所示。实现时可以把 OpenFlow 流水线映射到 FAST 流水线上实现。

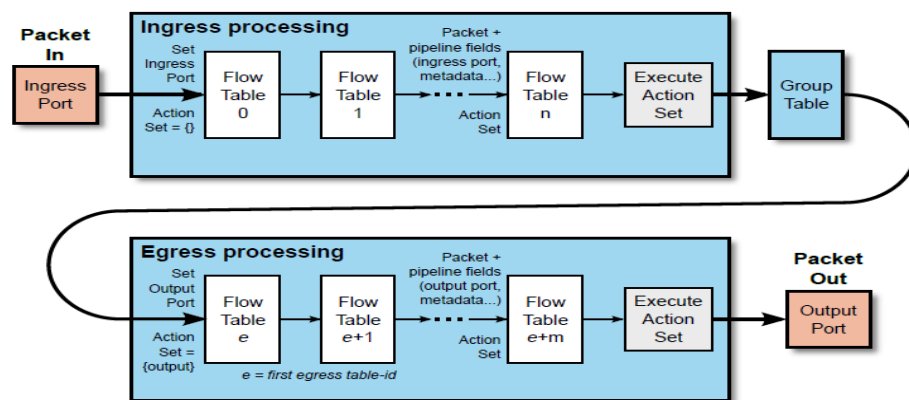


图 4 OpenFlow 流水线结构

BroadScale/RMT/dRMT 等流水线是面向 ASIC 实现的, 如图 5 所示, 硬件逻辑无法随着应用修改, 因此只能使用 Match/action 的架构。FAST 流水线面向可编程的 FPGA 实现, 因此无需支持 VLIW, 每个模块可以包含 Match-Action 逻辑, 也可以完全是状态机控制的硬逻辑, 其使用更加灵活。

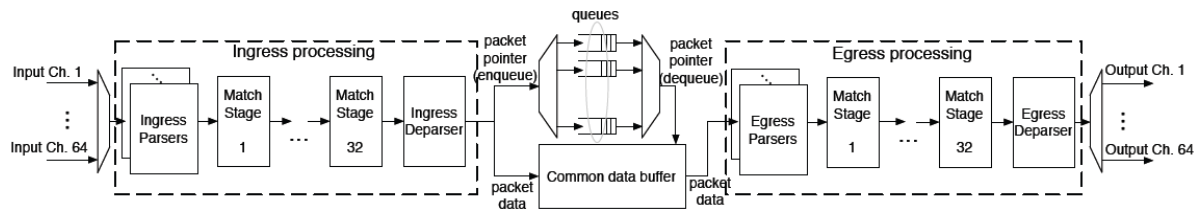


图 5 Broadscale/RMT/dRMT 等流水线结构

FAST 的软件支持多个应用（UA）同时对流水线进行控制 UA 可实现控制平面功能（如 OpenFlow 通道），也可实现各种 Middlebox 功能不同 UA 规则的执行具有先后关系，不存在冲突问题，不同 UA 可以共享协议解析，流管理等逻辑，如图 6 所示。

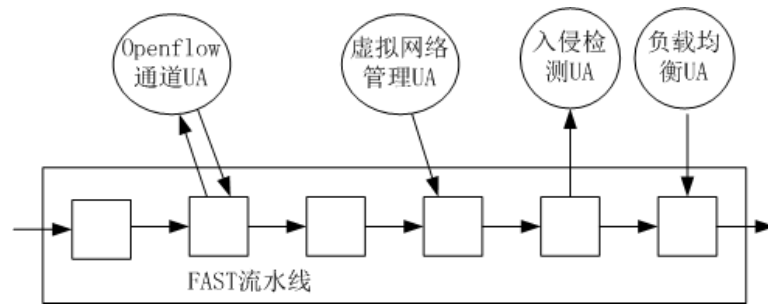


图 6 FAST UA 结构

四、FAST 平台应用

目前，湖南新实网络科技有限公司的 FAST 平台产品 OpenBox 系列已经销售与推广到国内 30 多所高校与科研院所，支撑了多项国家重点科研项目、国家 863 项目，特别是在 SDN 技术、可编程网络加速和大规模 IPv6 组网与实验等方面有着广泛应用。

湖南华芯通网络科技有限公司也基于本实验室及本公司提供的网络设备完成了 TTE 功能的硬件实现功能及部署测试。

产品典型项目应用

1. 香港理工大学，用于高校校园网络传输测量；
2. 清华大学，用于创新网络实验开发，和“863 三网融合”项目，SDN 研究；
3. 中科院，用于“863 IPv6 大规模路由与编址”，SDN 数据平面研究；
4. 中电 30 所（定制设备）用于网络转发设备加速；

5. 国防科大, 863 项目“IPv6 大规模路由与编址”, “智脑项目”;
6. 桂林电子科大, SDN 实验床;
7. 北京万库, 网络探针及 I/O 加速;
8. 湖北凌特电子, 交换与路由设备;
9. 中国传媒大学, SDN 交换机, 基于高清视频流内容的调度输出;
10. 国防科大信息通信学院(武汉): 交换与路由实验教学、科研;

五、基于 FAST 平台的学术成果

各学校及科研院所在基于 FAST 平台进行项目开发的同时也发表了部分学术论文如下图所示:

[1]曹成周,毛健彪,孙志刚,等.NetMagic 平台硬件开发方法[J].计算机工程与科学,2014,(9):1678-1683. DOI:10.3969/j.issn.1007-130X.2014.09.009.

[2]孟祥扬,林琦.基于 NetMagic 平台的 MD5 算法硬件加速模型[J].计算机应用,2015,(4):991-995. DOI:10.11772/j.issn.1001-9081.2015.04.0991.

[3]徐成成,陈曙晖.NetMagic 平台上正则表达式匹配技术实现[J].小型微型计算机系统,2015,(2):280-284.

[4]毛席龙,程辉.基于 NetMagic 的流媒体传输延时抖动均方差估计[J].现代电子技术,2012,(5):80-82. DOI:10.3969/j.issn.1004-373X.2012.05.022.

[5]王鹏,余庆丰.基于 NetMagic 的 IP 报文过滤器实验[J].网络安全技术与应用,2017,(11):40-42. DOI:10.3969/j.issn.1009-6833.2017.11.024.

[6]赵涛,毛健彪,黄金锋.NetMagic 的远程调试研究与实现[C].//第二届中国互联网学术年会论文集.2013:148-154.

[7]杨锦,姚望.基于 NetMagic 的城域网流量仿真研究[J].电子质量,2012,(9):73-75. DOI:10.3969/j.issn.1003-0107.2012.09.022.

[8]姚望,孙凯,曹成周,等.NetMagic 实验平台软件开发方法[C].//第十六届计算机工程与工艺年会暨第二届微处理器技术论坛论文集.国防科学技术大学,2012:543-547.

[9]林琦,毛席龙,杨安,等.NetMagic 网络测量平台远程控制设计与实现[C].//第十八届全国青年通信学术年会论文集.国防科学技术大学,2013:7-12.

[10]谢小军,潘子春,夏同飞.基于 SDN 架构的电力通信网络质量感知技术研究[J].计算机测量与控制,2017,(10):181-185. DOI:10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2017.10.046.

[11]徐成成,陈曙晖.基于 NetMagic 的正则表达式匹配技术实现[C].//第二届中国互联网学术年会论文集.2013:194-203.

[12]王登鹏,高彩芳,毛健彪,等.基于 NetMagic 平台的远程测量模型[C].//第二届中国互联网学术年会论文集.国防科学技术大学,2013:297-301.

[13]戴冕,程光.基于 sketch 的软件定义测量数据平面硬件模型[J].通信学报,2017,(10):113-121. DOI:10.11959/j.issn.1000-436x.2017203.

[14]廖飞.基于 NetMagic 网络拓扑发现的研究[D].湖南工业大学,2014. DOI:10.7666/d.D624327.

[15]毛席龙,彭立宏,孙志刚,等.依托 NetMagic 平台推动计算机网络课程创新实践 [J]. 计算机教育 ,2013,(14):109-113. DOI:10.3969/j.issn.1672-5913.2013.14.026.

[16]Chunbo Jia,Jinfeng Huang,Qi Su, et al.OpenFlow Implementation on NetMagic Platform[C].//2012 International Applied Mechanics,Mechatronics Automation & System Simulation Meeting(AMMASS2012)(2012 应用力学、机械自动化与系统模拟国际会议)论文集.2012:516-522.

[17]Chunbo Jia,Jinfeng Huang,Qi Su, et al.OpenFlow Implementation on NetMagic Platform[C].//2011 3rd International Conference on Computer Design and Applications(ICCDA 2011) (2011 年第三届计算机设计与应用国际会议)论文集.2011:140-144.

[18]裴云祥,匡安华,税潇宇,等.基于 NetMagic 的并行入侵检测系统[J].硅谷,2013,(6):64-65. DOI:10.3969/j.issn.1671-7597.2013.06.046.

[19]孙志刚,李韬.基于可编程实验平台 NetMagic 的路由交换原理实验教学[J].计算机教育,2016,(9):3-8. DOI:10.3969/j.issn.1672-5913.2016.09.003.

[20]毛健彪,卞洪飞,韩彪,等.PiBuffer: 面向数据中心的 OpenFlow 流缓存管理模型 [J]. 计算机学报 ,2016,(6):1092-1104. DOI:10.11897/SP.J.1016.2016.01092.

[21]孙凯.NetMagic 控制器软件开发模型设计与应用[D].国防科学技术大学,2013.

[22]杨锦.基于 NetMagic 的城域网流量仿真研究[D].国防科学技术大学,2013.

[23]王登鹏.基于 NetMagic 的远程可控网络数据采集平台设计与实现[D].国防科学技术大学,2014.

[24]吕高锋,孙志刚,林雨弦,等.CSRouter:服务可扩展的路由器体系结构[J].通信学报,2012,(7):49-58. DOI:10.3969/j.issn.1000-436X.2012.07.007.

[25]蔡志平,刘书昊,王晗,等.高性能并行入侵检测算法与框架[J].计算机科学与探索,2013,(4):289-303. DOI:10.3778/j.issn.1673-9418.1212017.

[26]李韬,孙志刚,陈一骄,等.面向下一代互联网实验平台的新型报文处

理模型——EasySwitch[J]. 计算机学报, 2011,(11):2187-2196. DOI:10.3724/SP.J.1016.2011.02187.

[27]郑丽娟,蒋良卫.基于开源模式的计算机网络实验的探讨[J].信息与电脑,2017,(5):162-164. DOI:10.3969/j.issn.1003-9767.2017.05.058.

[28]王玉祥.基于 OpenFlow 的网络故障诊断研究[D].东南大学,2016.

[29]程辉,毛席龙,苏琪,等.一种新型报文级延迟测量方法的验证与分析[C].//第八届中国通信学会学术年会论文集.国防科学技术大学,2011:434-438.

[30]张付强.星载路由器转发表加固关键技术研究[实现][D].国防科学技术大学,2015.

[31]陈时汀.网络化 FPGA 控制机制研究与实现[D].国防科学技术大学,2014.

[32]卞洪飞.OpenFlow 交换机流缓存技术研究[实现][D].国防科学技术大学,2014.

[33]胥庆杰,唐路,张彦龙,等.HPAN:一种优化主动网络测量精度的软硬件混合模型[C].//第二届中国互联网学术年会论文集.2013:263-268.

[34]徐成成.基于两级存储的正则表达式匹配技术研究[D].国防科学技术大学,2013.

[35]CAI Zhi-Ping,蔡志平,WANG Han, et al.一种高性能并行入侵检测框架[C].//2012 全国高性能计算学术年会论文集.国防科学技术大学,2012:1-4.

[36]杨安,毛席龙,吕高锋,等.基于 TLV 结构的 Openflow 转发的研究与实现[C].//2012 全国计算机体系结构学术年会论文集.国防科学技术大学,2012:144-148,202.

[37]Jie Tan,谭杰,Zhigang Sun, et al.IPTV 视频质量监测模型[C].//第十七届全国青年通信学术年会、2012 全国物联网与信息安全学术年会论文集,2012:425-429.

[38]胥庆杰.软硬件结合的可编程网络测量平台关键技术研究[D].国防科学技术大学,2013.

[39]Srikanth RP.Netmagic Bets Big on Innovations to Ride India's Datacenter Wave[J].Dataquest,2015,(9):18-20.

[40]Netmagic Sets up Data Center in Bengaluru[J].Dataquest,2013,(10):15.

[41]Kajwadkar Joins Netmagic[J].Dataquest,2008,(23):112.

[42]Managed Services@netmagic[J].PC quest,2009,(Mar.):p.18-.

[43]Chunbo Jia,Jinfeng Huang,Qi Su, et al.OpenFlow Implementation on NetMagic Platform[C].//Applied Mechanics, Mechatronics Automation & System Simulation.School of Computer, National University of Defense Technology

School of Computer, National University of Defense Technology,2012:511-517.

[44]Tao Li,Zhigang Sun,Chunbo Jia, et al.Using NetMagic to Observe Fine-Grained Per-Flow Latency Measurements[J].Computer Communication Review: A Quarterly Publication of the Special Interest Group on Data Communication,2011,(4):466-467.

[45]Managed Services@netmagic[J].PC quest,2009,(mar.):18.

[46]Chunbo Jia,Jinfeng Huang,Qi Su, et al.OpenFlow Implementation on NetMagic Platform[C].//2011 3rd international conference on computer design and applications. vol. 3.School of Computer, National University of Defense Technology Changsha, hunan 410073

[47]Sun Kai,Xu Donglai,Mao Jianbiao, et al.Research on software developing model of NetMagic Platform[C].//International conference on computer, networks and communication engineering: ICCNCE 2013, Beijing, China, 23-24 May 2013.School of Computer, National University of Defense Technology%College of Information Technology,2013:483-486.

[48]Mingjie Jia,Zhigang Sun,Qi Su, et al.Precise Delay Measurement based on NetMagic[C].//2011 International Conference on Multimedia Technology. [v.6].School of Computer, National University of Defense Technology, NUDT,2011:5017-5020.

[49]Mingjie Jia,Zhigang Sun,Qi Su, et al.Precise delay measurement based on NetMagic[C].//2011 International Conference on Multimedia Technology. [v.1].School of Computer, National University of Defense Technology, NUDT, Changsha, China,2011:5017-5020.

[50]Su, Qi,Chen, Yijiao,Jia, Chunbo, et al.Design and implementation of access and control method for NetMagic[C].//2011 International Conference on Mechatronic Science, Electric Engineering and Computer. [v.1].School of Computer, National University of Defense Technology, NUDT, Changsha, China,2011:346-349.

六、FAST 平台产品

湖南新实网络科技有限公司 FAST 平台的产品有 NetMagic 及 OpenBox 两种系列产品，其中低端有 NetMagic08、OpenBox-S4，中端产品有 OpenBox-S28、高端有 OpenBox-S56 等。



NetMagic08

NetMagic08 是国防科技大学计算机学院 2011 年研制的，为网络教学与科研定制的，轻量级开放可重构平台。基于 Altera arria II FPGA 实现。



OpenBox-S4

OpenBox-S4 是湖南新实网络科技有限公司设计、制造的小型可编程网络教学平台，采用 Zynq-7000 SOC 芯片，内建双核 Cortex-A9 处理器，512MB DDR3 内存；提供 4 路千兆以太网数据接口及一路千兆管理以太网接口；可独立运行操作系统以及 FAST 应用。



OpenBox-S28

Openbox-S28 是湖南新实网络科技有限公司 2016 年研制的，支持下一代网络体系结构、新型网络协议和分组处理机制研究的，基于开

放可重构交换平台。基于 Intel Atom CPU 和 Altera arria V FPGA 实现

Openbox-S56 是将于 2018 年研制完成，其可以支持 16 个千兆接口、4 个万兆接口可更好的支持用户在创新网络结构、SDN 网络、FPGA 加速技术、工业可控网络及下一代网络技术的研究。