

未来网络 Flexilink 项目技术白皮书

作者：王永浩 2017年7月

伯明翰城市大学，数字媒体实验室

目录

Contents

1	国际互联网的技术困境.....	1
2	我们的技术优势.....	2
3	预期的技术展望.....	2
4	开发进度.....	2
5	核心技术优势.....	3
6	核心团队.....	3
7	业界评价和现有成果.....	4
8	合作展望.....	5
8.1	与其他技术的关系.....	5
8.2	与中国公司合作的战略考虑.....	6

1 国际互联网的技术困境

现阶段因特网上大部分的数据流量是音频和视频内容，例如流媒体，网络电视等。普通数据传输，例如电子邮件和文件传输反而占了相对较少的部分。高质量的交互式多媒体内容对网络的实时性要求很高。然而，主要使用包交换结构的因特网在其设计之初就在实时信号传输上有固有缺陷（用户在使用网络语音通信，网络视频聊天等，经常会有不稳定的糟糕体验），更不用说支持高清的交互式多媒体应用和其他对低延时要求很高的商业应用了（例如跨洲际高频交易和电子银行业务，和方兴未艾的物联网等）。网络运营商也一直缺乏一种有效的手段来提供保证各种服务质量的细分业务模式。

当今科技和产业界，亟需一种可以同时高效地支持实时流量（Real-Time Data），又可以尽可能的有效地支持普通数据业务（Best-Effort Data）的网络架构。设计这样的网络架构有很大的技术难度。长期以来，使用 TCP/IP 架构的网络被认为是可以支撑多网合一的综合业务，并且有很好的地域扩展性。但是，基于非面向连接的包交换架构的 IP 网络对支撑“低延时实时数据”业务不可避免的存在着先天技术缺陷和安全性隐患。而现有的解决方案，例如复杂的服务质量（QoS）管理，流量工程技术，以及冗余带宽方案都不能从根本上解决问题，相反，他们大大增加了系统的复杂度，成本和能耗需求。而且还不能给用户以百分之百的服务质量需求。

欧洲的各大广播公司原本都在使用基于电路交换的 ISDN 网络来传输其实时的电视，广播信号，包括现场的报道。在2006年 ISDN 网络逐渐终止运行之后，急需一个在传输质量上延时上能够与 ISDN 相媲美的技术来填补这个空白。

2 我们的技术优势

我们提出一种新型的网络基本框架协议叫做“Flexilink”（弹性链路）网络协议架构，又可以称为，媒体友好网络架构 AVFIP（AudioVisual-Friendly IP），可以有效的支持实时数据流和普通（Best-Effort）数据流，并充分的利用有效带宽，同时设计了高性能的交换器架构。对于实时性要求非常高的应用，例如交互式多媒体，语音视频通信等，基于 Flexilink 的网络架构能够同时确保低延时的性能以及灵活的支持利用冗余带宽传输其他非实时的数据流。Flexilink 架构并且能够支持多路通道的，完全独立的，不同速率的实时数据流，无论其实时数据流是定长包结构还是变长包结构，其网络带宽都能得到非常好的利用，并且保证用户的使用体验。

现阶段，Flexilink 网络架构协议已经在以太网上实现，其控制面采用国际标准的音频视频借口控制协议：IEC 62379-5-2。我们团队并且直接影响该国际标准的制定。其数据链路层和物理层与传统的以太网兼容，在传统的以太网或新型的以太网 AVB 模式下都可以进行切换和运行。

3 预期的技术展望

当今，IETF（互联网工程任务组）已经认识到互联网在延时和确定性上的问题，所以成立了“确定性网路工作组”（Deterministic Networking (DetNet) Working Group）专门对这些问题进行讨论和研究，以其寻求解决方案。

Flexilink 可以成为其传输网的解决方案，作为满足5G的低延时标准的传输网技术。在5G网络方面，中国在射频延时方面做出了非常杰出的贡献和努力，如果在核心传输网上和我们合作进一步开发自主知识产权的 Flexilink 来替代传统的 TCP/IP 架构，可以解决很多低延时应用的不确定性的问题。

欧洲广播联盟（EBU）传统使用的 ISDN，随着 ISDN 服务的衰落，可以使用 Flexilink+光纤的形式更好的实现，不但实现传统的广播级的音频视频播放，而且可以放心的传输其他非实时的信息流。

对低延时要求较高的特殊应用场合，例如高频交易网络，大规模云计算数据中心，AVFIP 可以提供媲美应用于飞机和车载网络 TT（Timer Triggered）技术的低延时和性能，同时还能最大限度的利用带宽，达到节约能源和绿色环保的目的。

4 开发进度

现阶段该技术已经进入原型机和小规模实用演示阶段，点到点通信的网卡原型已经完成。使用成本只有10美金的 FPGA 硬件就可以实现新型网络协议。高精度实时数字音频交换机的原

型机也于2013年完成。可以演示高清晰，低延时的多轨音频在拥塞网络上运行的性能。

物理层：对以太网上运行 Flexilink 的研究已经基本完成。下一步是对光纤网络和无线网络和 5G 对接的研究，给 Flexilink 应用在无线网络和长距离通信上打下基础。

逻辑链路层：已经完成专利技术 Flexilink 的设计和实现，其通信控制面基于自主开发的流处理器（Flow Processor）架构和网络编程语言，处于世界领先地位。

网络层和高级应用层：对现有 IPv4和 IPv6的兼容在体系架构上已经实现。需要进一步开展软件驱动的开发工作，Flexilink 与当前流行的伯克利网络编程接口（socket）非常契合，现有的软件只需要进行小范围的修改和调整就可以利用 Flexilink 的实时流服务。一旦完成，Flexilink 将对现有的网络媒体应用起到革命性的性能提升作用。

5 核心技术优势

与地处于英国剑桥的小型网络技术开发公司合作，我们现有一下的核心技术：

- 开放式二层架构 Flexilink。
- 新型的流处理器架构（自主网络处理器 CPU）
- 新型快速网络编程语言和硬件编程语言。

这几项技术会有大量的技术细节可以申请专利。对于新型 CPU 架构可以采取授权开发模式，例如剑桥另一家公司 ARM 就是采取了这样的模式，被世界上大多数智能终端所采用，例如苹果公司的 iPhone, iPad 等产品。

6 核心团队

项目主要人员主要依托英国伯明翰城市大学，数字媒体实验室，进行研究和开发工作。其核心技术人员简介如下：



王永浩（Yonghao Wang），项目联合创始人，负责网络架构设计，把握网络技术的基本设计理念和科研工作。王永浩早年毕业于中国南京理工大学自动控制专业，现为英国伯明翰大学数字媒体学院数字音频技术首席研究员。他早期参与中国证券公司的高容量实时对盘交易 IT 网络系统的顾问工作，并参与英国电信的项目嵌入式开发。现为国际音响工程师协会的高清音频技术委员会委员和数字音频接口技术委员会委员。对于高清音频和数字音频接口的技术发展和标准制定起推动和影响作用。



约翰-格朗特 (John Grant)，项目联合创始人，负责硬件软件设计，系统开发和自主网路处理器的开发。John 早年毕业和工作于剑桥大学计算机实验室，是英国顶尖的计算机科学家和网络专家，曾经初创了一些列技术公司，包括帮助英国历史上有名的商业计算机获取了市场的成功。John 现在作为国际标准化组织 (ISO) 的“未来网络标准 (Future Network)”的起草人，对 ISO 网络标准起到很大的作用。John 同时也主持一系列的相关国际组织的标准化工作，包括领导 IEC PT 62379和 AES SC-02-02的标准化工作。John 并且代表英国参加一系列的国际化组织例如 MPEG, JPEG, EBU 等。John 参与和领导过很多大型项目，包括伦敦地铁通信控制和英国广播公司 (BBC) 的 ATM 网络。



Dr Peter Bull，负责项目和软件定义网络和安全性的结合，Peter 毕业于拉夫堡大学，Peter 的早年的博士工作与英国著名的 BAE 系统公司合作，设计其军用级的安全性，稳定性和低延时的快速网路工作。Peter 现在活跃在 SDN (软件定义网络) 和网络安全性的科研领域。工作于 Flexilink 架构和 SDN 的结合和安全性。



Jeremy Foss，负责交互式多媒体在未来网络 Flexilink 上的应用的研究和开发。Jeremy 有在著名的通信公司 GEC 马可尼公司30年的工作经验，在伯明翰城市大型负责广播工程研究生专业。与各大媒体广播公司有着长期的合作经验，其主要专家技术在于低延时流媒体，虚拟交互现实媒体的实现和传输。

7 业界评价和现有成果

网络电信产业界的领军企业华为公司曾评估了我们的技术，其美研所网络首席架构师侯超，英国地区企业网经理孙旻，另外和伯明翰城市大学长期合作的思科公司的同事，都高度评价我们的技术认为十分不错，很有潜力。

基于 Flexilink 的网络架构设计，我们发表了一系列的学术论文，并开发了原型机和做了大量的测试。基于原型机的网路，在每增加一个节点的基础上，只增加5us 左右的延时，并且对于低延时优先的应用可以做到100%的不扔包。

下图一为我们开发的软件模拟器的截图：

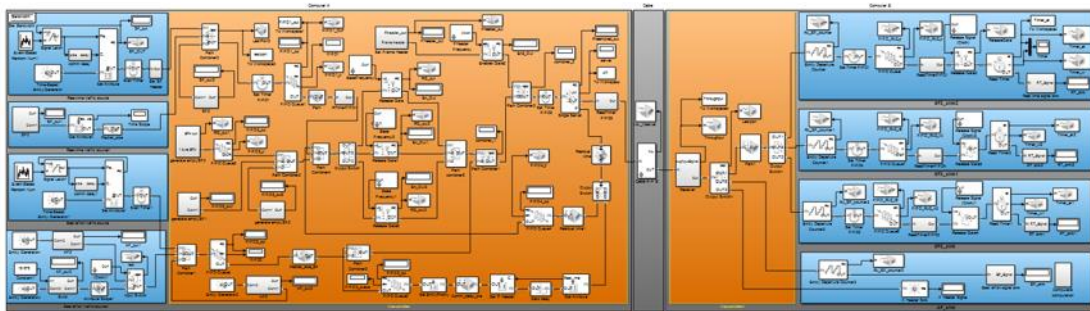


Figure 1: 弹性网络交换机架构

下图二为我们开发的硬件交换机原型在与其他设备连接测试的截图：



Figure 2: 交换机硬件设备原型

8 合作展望

8.1 与其他技术的关系

- 物联网：Flexilink 的设计非常的高效简洁，其带宽成本可以做到非常小，（利用率达96%以上）可以作为未来物联网的主干网技术和最新的无线技术配合，另外其天生的流架构可以保证其安全性得到保证。
- 网络安全：Flexilink 在传输方面面向链接的流建立机制，使得各种网络安全问题可以从根本上进行改造和提供全新的思路。一大部分可以避免常见的网络端口的安全性问题。

- 软件定义网络：Flexilink 作为基于动态的资源预留协议的类似协议与 SDN 的中心或分布式控制器可以有效的配合，特别是其快速硬件交换部分和链接图表决策功能完全分开，一方面简洁高效，另一方面可以非常容易和 SDN 对接。

8.2 与中国公司合作的战略考虑

中国在5G 网路的测试上做到了世界领先，而承载核心传输网如果还是使用传统的基于 TCP/IP 的架构，那么必然限制与人。Flexilink 作为一个 Clean slate （全新）设计的核心架构加上完全自行设计的一套工具：网路处理器，编译语言等，可以在整个未来的核心网路建设方面较少受到美国的牵制。