

# 基于 FC-AE-ASM 协议的两种通讯板卡对比及应用

吴传贵<sup>1,2</sup>

(1. 中国人民解放军第 5720 工厂, 安徽 芜湖 241007;

2. 安徽省航空设备测控与逆向工程实验室, 安徽 芜湖 241007)

**摘要:** 在航电系统光纤通道 (FC) 网络的测试维修保障过程中, 搭建了一套基于 FC-AE-ASM 协议的仿真测试系统, FC-AE-ASM 通讯板卡作为测试系统的重要组成部分, 分析其应用十分必要; 首先, 简述了测试系统的架构和组成; 其次, 分析对比了国外板卡 1 和国内板卡 2 两种通讯板卡的功能及特点; 再次, 重点介绍了两种通讯板卡的安装、应用软件及其配置; 最后, 给出了通讯实例应用情况; 通过测试结果表明: 两种通讯板卡间实现了 ASM 协议的通讯功能, 满足了仿真测试系统的设计要求, 其对比可为后续仿真测试系统设计提供参考和借鉴。

**关键词:** FC-AE-ASM; 通讯板卡; 测试系统; 对比; 应用

## Compare and Application of Two Kinds of Communication Board Card Based on FC-AE-ASM

Wu Chuangui<sup>1,2</sup>

(1. The People's Liberation Army of China No. 5720 Factory, Wuhu 241007, China;

2. Anhui Province Aviation Equipment Testing and Control and Reverse Engineering Laboratory, Wuhu 241007, China)

**Abstract:** In the maintenance of FC network in avionic system, a simulation test system based on ASM protocol is designed. It's necessary to analyze the application of ASM communication board card which is the important part of the system. First, Described the structure and parts of the system; Second, Analyzed and compared the function and characteristic between No. 1 board card and No. 2 board card; Third, Introduced installation, application software and configuration; Finally, Given a communication instance based on the two board cards. The results are shown by the test: the instance meets the requirement of the simulation test system, and provides reference for design of simulation test system.

**Keywords:** FC-AE-ASM; communication board card; test system; compare; application

## 0 引言

国内外飞机航空电子系统采用了多种总线来实现系统之间、模块之间的互联, 据 JSF 开放式系统结构综合产品小组 (OSAIYF) 对 9 种 UAN 高速总线分析和评审后, 认为航空电子环境光纤通道 (FC-AE) 最优<sup>[1]</sup>。FC 技术也是我国航空数据总线的研究和关注焦点<sup>[2]</sup>。航空维修系统开展了 FC-AE-ASM 协议的仿真测试网络搭建, FC-AE 通讯板卡的选定与应用是重要内容。本文以国外某型通讯板 (板卡 1) 和国内某型通讯板 (板卡 2) 为研究对象, 简要对比了各自的功能和特点, 重点分析了其应用软件、配置及实例应用。

## 1 仿真测试平台

文献 [3-8] 主要研究 FC 网络仿真及基于 1553B 的协议应用, 文献 [9-12] 主要针对 FC-AE-ASM 协议进行研究, 但均未涉及 FC-AE-ASM 协议通信仿真测试系统及通讯板卡应用研究。本文 FC-AE-ASM 协议仿真测试平台主要由 1 台 FC-AE 交换机, 4 个 FC-AE-ASM 节点、1 台

FC-AE-ASM 协议分析仪、1 台配置管理工作站和若干分光器、传输电缆等组成。其中, 台式 FC-AE 交换机是整个系统的核心, 支持 FC-AE-ASM 全网数据交换, 提供外部数据监控和存储接口; FC-AE-ASM 节点 (通讯板卡+工作站) 是系统的基础, 提供多路收发仿真功能; 台式 FC-AE-ASM 协议分析仪是系统分析的重要工具, 主要监控分析 FC 网络数据; 分光器实现通讯链路的交联; 配置管理机实现对交换机配置管理。测试系统的架构框图如图 1 所示。

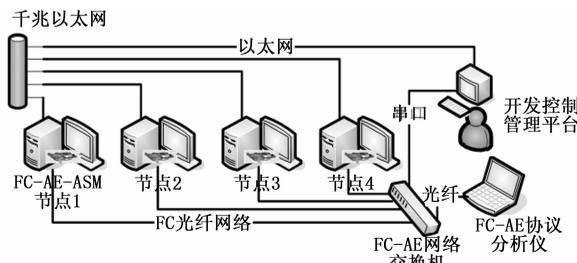


图 1 FC-AE-ASM 协议仿真测试平台

## 2 通讯板卡对比

### 2.1 通讯板卡简介

板卡 1 是国外公司生产用于 FC-AE 的主要产品, 采用 PCIe 标准接口, 支持双路光纤模块。主要功能和特点有:

收稿日期: 2017-10-09; 修回日期: 2017-11-21。

基金项目: 安徽省自然科学基金项目 (1408085MKL88)。

作者简介: 吴传贵 (1979-), 男, 安徽怀宁人, 高级工程师, 硕士, 主要从事航空数据总线修理技术研究、仿真测试方向的研究。

1) 完全遵循 FC-AE-ASM 光纤通信协议规范; 2) 提供 2 个 FC 端口, 采用光纤 SFP 接口形式, 可以作为 2 个独立端口使用, 也可以作为 1 对冗余端口使用; 3) 支持 1 G、2 G 通信速率; 4) 支持 XMC 接口的 4×PCIe 总线接口; 5) 支持 Windows 操作系统; 6) 支持点对点、仲裁环和交换式通信方式; 7) 配备有专门的仿真分析软件等。

板卡 2 是一款国内公司研发的高性能仿真测试 FC-AE 终端网卡, 主要功能和特点有: 一是支持 XMC 接口的 4 Lanes PCIe 总线接口; 二是支持双路 SFP 光学模块, 三是支持 1 G 可扩展至 2 G 通信速率; 四是支持 FC-AE-ASM 协议; 五是支持点到点和交换式通信方式; 六是支持 4 级优先级, 至少 128 个非数据块和 8 条数据块; 七是支持隐式登陆; 八是支持 FC 协议 Class3 类服务; 九是运行 Windows 操作系统, 提供有相应的应用软件等。

## 2.2 通讯板卡对比

两款板卡对比情况见表 1。两款板卡相同项有: 1) 采用支持 XMC 接口的 4×PCIe 总线接口; 2) 完全遵循 FC-AE-ASM 协议规范; 3) 提供 2 个 FC 端口, 采用光纤 SFP 接口形式 (2 独立/1 对冗余端口); 4) 支持 1 G、2 G 通信速率; 主要差异的主要有: 1) 仿真分析软件不同; 2) 支持的操作系统不同, 前者支持 32 位和 64 位 Windows7, 而后者只支持 32 位; 3) 通信方式不同, 前者支持点对点、仲裁环和交换式三种, 而后者只是支持点对点和交换式两种。

表 1 两款通讯板卡对比情况

板卡型号	板卡 1	板卡 2
制造商	国外	国内
协议规范	遵循 FC-AE-ASM	遵循 FC-AE-ASM
端口数量/形式	2/SFP	2/SFP
通信速率	支持 1 G、2 G	支持 1 G、2 G
总线接口	XMC 接口的 4xPCIe	XMC 接口的 4xPCIe
外部触发	集成 IRIG-B 系统时钟, 具有 10 ns 精度	集成 IRIG-B 系统时钟
外部 I/O	有	提供 4 个 (2 收 2 发) TTL 触发 I/O
操作系统	Windows7 (32/64)	Windows7 (32)
仿真分析软件	FcExplorer	Wdreg_x86.exe、HwaFCDrvTest.c
通信方式	点对点、仲裁环和交换式	点对点和交换式

## 3 应用软件

### 3.1 板卡 1

板卡 1 对应的仿真分析软件能够为接口卡提供直观的图形化交互界面, 主要功能有: 一是提供数据采集、分析、时间戳解析显示; 二是采集时间分辨率可达到 10 ns; 三是提供统计信息功能; 四是可以全面控制发送内容, 包括帧头、帧负载、顺序、帧间隙等; 五是支持实时访问捕获数据等功能。

仿真分析软件运行后主界面提供了仿真、分析数据流的状态显示, IRIG-B 时间和每个端口的触发状态, 并可同步开始或暂停每个端口的数据传输。软件支持板卡设置、接收设置、发送设置和数据修改设置功能。

板卡设置界面包括有资源信息和板卡模式/端口控制两个区。资源信息区主要显示已经安装的板卡模块 (R\_ID、端口

数量、类型等)、端口 (名称、R\_ID 和触发模式等) 和客户端 (服务器、用户端、应用软件等) 的信息。板卡模式/端口控制区可对各板卡进行操作, 模块设置主要有端口链路、工作方式、灯标、IRIG-B 模式等。

其中, 端口链路和工作方式设置尤其至关重要, 其两者可以组合成多种应用策略, 适用于不同的仿真测试环境要求。在模块使用过程中, 首先需要对模块端口链路进行设置, 其工作模式主要有以下四种: 1) 内循环模式, 不通过端口发送和接收数据, 只用于自发自收, 可检查模块自身的收发功能; 2) 串联模式, 主要通过端口 0 输入串联至端口 1 输出, 或者通过端口 1 输入串联至端口 0 输出, 用于对已明确连接节点进行仿真或分析功能; 3) 点到点模式, 用于接收相同端口和响应外部节点接口; 4) 高级模式, 主要用于特定功能测试。模块工作方式总体来说, 有单功能 (分析或仿真)、多功能 (分析和仿真)、故障注入等方式, 其与板卡的模块型号和软件模块的选取有关, 针对不同的板卡和软件功能模块, 所能够选定的工作方式也有所不同。灯标和 IRIG-B 模式设置主要根据操作者的具体环境来定, 其设置比较简便。端口设置主要是对模块各端口进行控制, 主要有使能、传输速率、接收和发送存储器缓存等。

当模块工作模式和方式确定, 选定工作端口后, 针对不同的功能, 还需要进行具体的接收和发送数据的设置。接收设置主要是对接收触发条件、接收数据过滤和外部触发进行设置, 主要用于分析方式; 发送设置主要是对发送数据、发送优先级、端口拓扑结构、流控制进行设置, 主要用于仿真方式; 数据修改设置主要是根据用户定义对接收到的数据流进行修改, 包括插入新的数据、修改帧和有序序列, 删除或替换现有的数据帧等, 并将修改后的帧再传输, 主要用于故障注入功能。各功能具体设置内容较多, 在此由于篇幅原因, 不再详细介绍。

### 3.2 板卡 2

板卡 2 应用软件安装完成后, 将会生成服务器 FC\_View (Server) 和客户端 FC\_View (Client) 两个软件。启动服务器软件后, 分别打印显示板卡的启动调试信息、运行环境消息、网络信息, 工作状态信息等。启动客户端软件后, 将显示软件所支持的任务插件, 如果选择“FC-AE 正常模式”启动任务, 加载成功后将弹出软件主界面, 当服务器和客户端在不同的计算机上运行时, 将要输入 FC\_View 服务器的 IP 地址; 当服务器与客户端在同一台计算机运行时, 可以选择“连接本机”选项后, 客户端成功连接服务器后, 在配置区显示服务器及其板卡, 然后进入 FC-AE 正常模式。软件提供了配置板卡、数据发送接收及查看、数据存储等功能。

客户端软件工程配置是对板卡的配置表属性进行设置, 其配置格式基于 XML。配置信息主要有修改板卡属性、增加/删除端口、修改端口属性、配置发送数据等。修改板卡属性可以进行工作模式、速率、触发模式选择设置, 并且可以查看端口连接和光模块的状态。增加/删除端口主要是在配置模式下, 选中板卡后可以增加或删除端口。修改端口属性主要是对端口的 ID、类型、方向、源地址标识符 (S\_ID)、目标地址标识符 (D\_ID)、使能、ASM 端口及消息标识符 (Msg\_ID) 进行配置。配置发送数据是在端口为发送时, 修改数据发送策略、次数、间隔和帧长度。

任务工程配置完成后, 通过操作开始按钮, 板卡将进行发

送和接收数据，通过数据统计界面可以查看数据统计情况，若详细查看接收数据，可以通过数据视图进行显示切换，接收的数据将以帧的形式逐行显示，具体有数据帧的序号、端口 ID、时间戳、S\_ID、D\_ID、Msg\_ID、信息类型和帧长度等。同时，显示 16 进制数据帧的具体内容。当完成数据的发送和接收后，通过控制终止按钮结束其工作。为了实现接收数据能够事后查看，系统设计数据存储功能。当系统接收到数据后，开始将数据记录在文件中。存储文件是以一种索引+数据帧的格式进行数据存储，方便数据的查看。

### 3.3 注意事项

板卡 1 提供了驱动包和应用软件包，在软件安装过程中，出现了一些状况，值得说明一下。板卡安装的主机为 Z840 工作站，该工作站配置为 8 G 内存，操作系统为 64 位 Windows7。安装板卡 1 的 64 位 Windows7 版驱动程序时，出现了错误信息，提示内容一是不能打开服务控制器，确认是否以管理者权限运行；二是板卡驱动初始化失败。为此，针对错误提示内容，采取了一些措施，逐一验证排除，通过如图 2 所示的工作流程后，最终完成了板卡 1 的驱动及应用程序的成功安装。

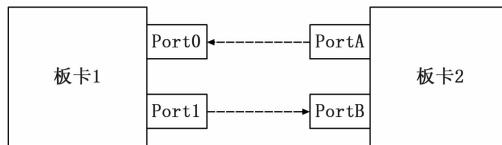


图 3 应用实例连接示意图

进行模块设置、数据发送、接收及查看等，实现了板卡 1 与板卡 2 之间的数据互通。以板卡 2 的 PortA 作为数据源发送端，首发 FC-AE-ASM 协议帧数据，经板卡 1 的 Port0 接收数据后，利用板卡 1 的串联模式，在其内部实现转发，再由板卡 1 的 Port1 发送，最后，数据由板卡 2 的 PortB 接收，从而验证两板卡的收发功能及工作模式和方式的设置功能是否正常。具体板卡设置及测试过程有：

1) 板卡 1 的设置，在操作界面上将板卡 1 的连接配置设置为 In-Link (即 Port0 的接收机在内部直接与 Port1 的发送机相连)，工作方式设置为 Analyzer，端口速率设置为 1 G，其它默认。

2) 板卡 2 的设置，添加 Port1、Port2 两个端口，Port1 的传输方向设置为发送，与 PortA 关联，发送数据为 ASM 帧，S\_ID 为 1，D\_ID 为 2，Msg\_ID 为 2，帧数据域自定义，其它默认；Port2 的传输方向设置为接收，与 PortB 关联，将端口传输速率设置为 1G，其它默认。

3) 打开板卡 1 与板卡 2，板卡 1 的 Port0、Port1 分别处于数据接收、数据发送状态；板卡 2 的 PortB、PortA 分别处于数据接收、数据发送状态。

4) 完成互通，双方均显示接收到数据后，停止板卡 1 与板卡 2 的工作，板卡 1 的数据监控界面如图 4 所示，通过对比图中 Port0 接收到的 ASM 帧和板卡 2PortA 发送的数据后，发现板卡 1 接收的数据与板卡 2 发送的数据一致。板卡 2 的数据视图如图 5 所示，分析板卡 2 中的接收到的数据后，发现板卡 2PortB 接收到的数据也有 PortA 发送的数据一致。

通过对图 4 和图 5 中的数据进行检查，显示出对应的 S\_ID、D\_ID、Msg\_ID、信息类型和帧长度等内容，说明两板卡均实现了对 ASM 协议的解析功能。

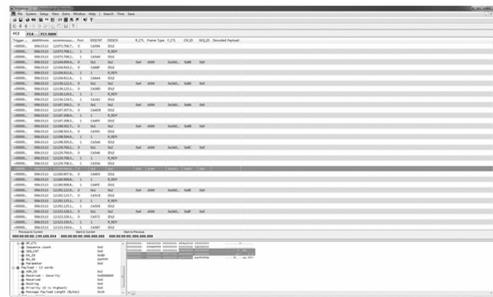


图 4 板卡 1 的数据监控界面

## 5 结论

通过基于 FC-AE-ASM 协议的国内外通讯板卡的对比及应用研究，两种板卡均能满足 FC-AE-ASM 协议仿真测试平台通讯功能的要求，且各自的特点也显现：板卡 1 功能强大、资源开放、应用灵活，设计操作复杂，对人员的要求高；板卡 2 功能合理、资源局部开放、应用方便，更贴近应用工

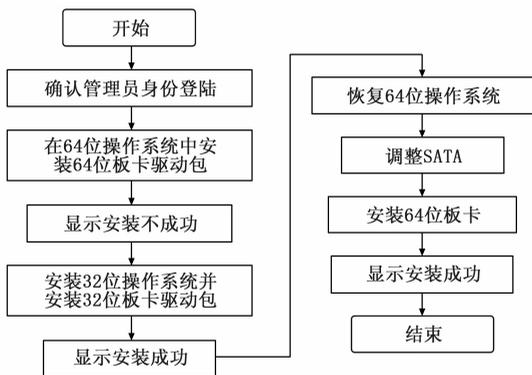


图 2 板卡 1 驱动安装处理工作流程

首先，确认排除了由于管理者身份操控的问题；其次，确定并安装板卡支持 64 位 Windows7 操作系统，选择安装的 64 位 Windows7 驱动包，显示安装不成功，提示相同的错误信息；再次，将工作站的操作系统改为 32 位 Windows7，并且选择 32 位驱动包安装，提示安装成功；最后，恢复 64 位 Windows7 操作系统，并将主板与硬盘之间的 SATA 接口进行了调整，由原 8 个端口排列的端口改接至 6 个端口排列的端口后，安装 64 位驱动，显示一切正常，提示安装成功。在驱动未安装成功时，运行应用程序时，系统无法正常工作，并且显示错误提示。

通过以上安装实践过程，验证了板卡 1 能够支持 32 位和 64 位的 Windows7 操作系统。同时，也说明了板卡 1 所处的支持环境不同时，有可能遇到新问题。

## 4 应用实例

采用如图 3 所示的连接方式，将板卡 1 的 Port0 作为接收端、Port1 作为发送端，同时，将板卡 2 的 PortA 作为发送端、PortB 作为接收端，形成发送和接收回路的测试策略，从而验证两板卡之间的通讯功能。

按照设定的连接接口关系，分别在板卡对应的应用程序中

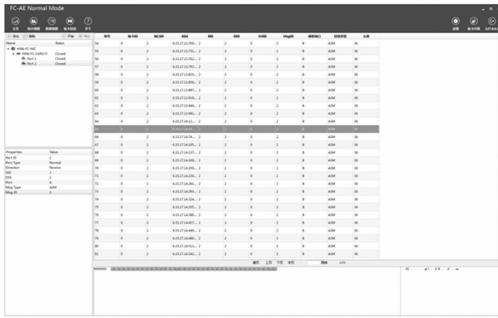


图5 板卡2的数据监控界面

程, 操作方便, 容易进行二次开发。FC 总线已成为重要的机载航空总线, 随着新机不断服役, FC 总线的修理仿真测试研究将逐渐增多。通讯板卡应用研究作为 FC 网络系统仿真测试平台关键内容之一, 在为完成 FC 网络修理做好技术储备的同时, 也为后续相关研究选择通讯板卡提供了借鉴, 其价值在维修保障技术中将不断体现出来。

#### 参考文献:

[1] 孙琦, 吴勇, 郑昕, 等. 光纤通道技术在统一航空电子网络中的应用 [J]. 通信技术, 2009 (5): 80-82.

(上接第 215 页)

[5] 汤春明, 卢永伟. 基于改进的稀疏重构算法的行人异常行为分析 [J]. 计算机工程与应用, 2017, 53 (8): 98-104.

[6] Matthews I, Ishikawa T, Baker S. The template update problem [J]. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2004, 26 (6): 810-815.

[7] Balan A O, Black M J. An adaptive appearance model approach for model-based articulated object tracking [J]. In Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference on, June 2006 (1): 758-765.

[8] Bolme D S, Beveridge J R, Draper B A, et al. Visual object tracking using adaptive correlation filters [J]. In Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2010 IEEE Conference on, June 2010: 2544-2550.

[9] Briechle K, Hanebeck U D. Template Matching Using Fast Normalized Cross Correlation [J]. In Aerospace/Defense Sensing, Simulation, and Controls, 2001: 95-102.

[10] Comaniciu D, Ramesh V, Meer P. Real-Time Tracking of Non-Rigid Objects Using Mean Shift [J]. In Proceedings IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2000 (2): 142-149.

[11] Wu Y, Lim J, Yang M H. Online object tracking: A benchmark [C]. In CVPR, 2013.

[12] Zhang K, Zhang L, Yang M H. Real-time compressive tracking [C]. In ECCV, 2012.

[13] Dollar P, Tu Z, Perona P, et al. Integral Channel Features [C]. BMVC, 2009.

[14] Ross D A, Lim J, Lin R S, et al. Incremental learning for robust visual tracking [C]. Int. J. Comput. 2008, 77 (1-3): 125

[2] 丁凡, 熊华钢, 宋丽茹. FC-AE-1553 网络的建模仿真研究 [J]. 计算机工程与应用, 2008, 44 (31): 20-24.

[3] 黄永葵. 光纤通道标准及其在航空电子中的应用 [J]. 航空电子技术, 2003, 34 (4): 1-12.

[4] 徐亚军, 张晓林, 熊华钢. 光纤通道网络故障处理方法研究 [J]. 电光与控制, 2007, 14 (2): 119-122.

[5] 周天然, 宋丽茹, 熊华钢, 等. 航空电子环境下 FC 网络的建模与仿真 [J]. 北京航空航天大学学报, 2008, 34 (10): 1117-1120.

[6] 刘鑫, 陆文娟. 光纤通道在航空电子环境的应用及关键技术研究 [J]. 光通信技术, 2006 (4): 55-58.

[7] 李浩, 周东. 光纤通道上映射 MIL-STD-1553 协议 [J]. 光纤数据通信, 2005 (8): 53-55.

[8] 刘飞. 光纤通道在基于 MIL-STD-1553 的航空电子系统网络中的应用 [J]. 飞机设计, 2007, 27 (3): 75-80.

[9] 胡辛, 李红军, 曹闹昌, 等. 航空电子数据总线技术研究 [J]. 现代电子技术, 2010, 325 (14): 96-98.

[10] 丁凡, 宋丽茹, 熊华钢. FC-AE-ASM 网络数据发送控制算法研究 [J]. 电子与信息学报, 2009, 31 (6): 1509-1512.

[11] 杨媛媛, 武健, 武华. 一种面向 FC-AE-ASM 网络的数据监控存储方案设计 [J]. 电子技术, 2015, (6): 79-82.

[12] 付中培, 吴勇, 张建东, 等. FC-AE-ASM 网络调度算法研究 [J]. 现代电子技术, 2011, 34 (6): 108-111.

[15] Zhong W, Lu H, Yang M H. Robust object tracking via sparse collaborative appearance model [J]. IEEE Trans. Image Process. 2014, 23 (5): 2356-2368.

[16] Kalal, Mikolajczyk, Matas. Tracking Learning Detection [C]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011.

[17] Henriques J F, Caseiro R, Martins P, et al. High-speed tracking with kernelized correlation filters [J]. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 2014, 99: 1-1.

[18] Tang Z H, Wang S Z, et al. Bayesian Framework with Non-local and Low-rank Constraint for Image Reconstruction, in Journal of Physics: Conference Series [C]. CCISP2017, 787 (1).

[19] Krizhevsky A, Sutskever I, Hinton G E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks [C]. In: Advances in Neural Information Processing Systems, 2012, 1097-1105.

[20] 苏巧平, 刘原, 等. 基于稀疏表达的多示例学习目标追踪算法 [J]. 计算机工程, 2013, 39 (3): 213-217.

[21] Hilke Kieritz, Stefan Becker, et al. Online multi-person tracking using Integral Channel Features [A]. In 13th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS) [C]. 2016, 122-130.

[22] Danelljan M, Khan F S, et al. Adaptive Color Attributes for Real-Time Visual Tracking [J]. In Computer Vision & Pattern Recognition, 2014: 1090-1097.

[23] Henriques J F, Rui C. Exploiting the Circulant Structure of Tracking-by-Detection with Kernels [A]. In European Conference on Computer Vision [C]. 2012, 7575 (1): 702-715.

[24] Zhang K H, Zhang L, Yang M H, et al. Fast Tracking via Spatio-Temporal Context Learning [C]. In Computer Science, 2013.