# 绪 论

## 课题背景及选题意义

随着4G、Wi-Fi等移动通信技术的飞速发展，移动互联网行业的时代已经到来。作为用户进入互联网的重要入口之一，手机应用程序在移动互联网中已经占据了举足轻重的位置。根据iiMedia Research（艾媒咨询）2016年7月29日发布的《2016上半年中国手机桌面行业研究报告》显示截止2016年第二季度，中国智能手机用户已达6.308亿人。庞大的用户基础推动了手机应用程序的快速发展。手机应用程序承载了各种便捷的移动服务，已经成为人们日常生活的一部分。手机应用程序的性能监控与应急处理已经受到移动互联网行业的重视。

为了更好的服务用户，了解用户的访问特征及用户需求，了解手机应用程序的运行情况以及性能情况手机应用厂商迫切需要对用户的使用情况进行分析研究。现在各大手机应用程序公司的普遍做法是记录用户使用情况，记录产品运行情况，然后根据产品运行数据和用户使用行为数据进行分析，进而改进产品，给用户带来更好的体验。应用程序新版本在发布之前的性能测试也已经成为另一个非常重要的工作，通过产品的总体性能测试数据和各个模块分别的性能测试数据，开发人员可以快速发现并定位产品中存在的问题和相关模块的性能瓶颈。另一方面，产品性能的测试数据也是衡量产品是否可以发布的重要指标。

产品日志是手机应用软件在运行过程中对自身运行状态进行实时记录的文件，通常这些文件还包括系统的所有操作、软件自身行为以及用户的行为。这些数据通常用于软件故障排查和软件性能分析，在数据量不多时，日志的处理和分析由经验丰富的产品开发工程师人工查找完成，但是随着系统规模的扩大和用户数量的增加，日志的数量正以前所未有的速度快速增长，这种情况下继续采用人工的方式进行处理将是一件不可能完成的任务。因此，为了高效的处理大规模日志，解决单机系统上的存储和处理瓶颈，提高处理效率，各大公司都在开发研究分布式日志管理系统和相应的软件性能分析系统。

使用软件性能分析系统可以对大量的日志数据进行智能分析，自动计算产品性能，方便诊断和优化产品的缺陷。软件性能分析系统可以量化的衡量整个产品的质量，通过分析产品中各个模块的数据，可以直观得到每个模块的性能数据进而分析出产品的性能短板；通过分析产品不同流程不同模块的数据，可以更快的发现和定位产品的问题，使开发工程师有的放矢；也可以分析用户数据，分析用户使用习惯，分析用户喜好，对用户进行分类，并针对每种不同类型的用户推送其喜欢的话题和功能，这样可以为下一步产品的改进提供建设性的意见。

因此，在微软小娜产品发布之初，我们开发了微软小娜性能分析系统。目的是采用大数据处理的方法更高效更便捷的分析产品日志，为微软小娜产品的发布和新功能的开发提供可以量化的性能指标，并且将这些指标实时的以可视化的方法展示给开发人员。

## 国内外技术现状

随着互联网的迅猛发展，如今的互联网企业每天需要处理数以万计甚至百万千万的用户访问请求。随着系统规模的扩大和用户数量的增加，用户的日志数量更是成几何倍数增加，这种高并发大数据的日志发送接收和处理需要用到分布式软件系统(Distributed Software Systems)。分布式软件系统是在由通信网络互联的多处理机体系结构上支持分布式处理任务的软件系统。分布式软件系统包括分布式操作系统、分布式程序设计语言及其编译系统、分布式文件系统和分布式数据库系统等。在日志收集中主要使用的是分布式文件系统，分布式文件系统主要解决了数据的存储和管理问题：将原本固定在某一个地点的某一个文件系统扩展到任意多个地点或多个文件系统，将这些节点组成一个方便统一管理的文件系统网络。每个节点可以分布在不同的地点，节点间通过网络进行通信和数据传输[3]。在使用分布式文件系统时，不需要关心数据是存储在哪个节点哪个地点上、或者是从哪个节点那个地点获取的，只需要和使用本地文件系统一样管理和存储文件系统中的数据。

为了方便快速收集处理大规模并发数据，分布式日志收集系统已经得到了广泛应用。其中，Scribe是Facebook公司的开源日志收集处理系统，主要采用“分布式收集，统一处理”的可扩展高容错的方案，从各个日志源上收集日志并将日志存储到分布式文件系统上然后再统一处理。Chukwa是Apache公司的一个开源的大型分布式系统主要用于日志的收集和分析[4]。Chukwa是构建在Hadoop的HDFS和MapReduce框架之上的数据采集分析框架，其继承了Hadoop的可伸缩性和鲁棒性[5]。该框架提供采集数据的客户端（Client），由客户端发送数据给服务器（Server），然后通过定期运行脚本分析数据。Flume是由Cloudera公司提供的一个分布式可靠的海量日志采集、聚合和传输系统[6]。Flume支持在日志系统中定制各类数据发送方用于收集数据，同时对数据进行简单处理并且可以输出到各种数据接收方。Aria是微软（Microsoft）公司开发的Cosmos之上的日志收集系统，作为共享数据平台的一部分，Aria可以支持平均每秒5百万次日志收集。将日志导入Cosmos之后，采用Scope脚本更加详细的计算所需数据。Aria支持实时多维的大数据分析，用户可以创建展示页面，展示多维立体数据并且可以实时查看原始日志。

在大型软件系统中，由于系统环境设置和软件规模等因素，错误（bug）重现和调试都十分困难。百万用户级别的访问量每天会产生上百乃至上千兆字节大小的日志，为了能够高效快速的处理大量日志分布式大数据处理平台广泛应用于日志处理系统。微软主要采用Scope脚本语言对大规模用户日志进行处理。Scope语言是运行在Cosmos上的查询语言。Cosmos是微软研发的大数据处理平台。Cosmos主要有以下两大基本功能：（1）使用分布式文件系统CFS(Cosmos File System)存储大量数据的功能；（2）使用Scope语言处理大数据的功能。Cosmos的只要特点如下：（1）大规模数据处理能力，Cosmos支持PB级别的数据处理，拥有大量可信赖的计算机集群；（2）Cosmos可以使处理大数据更加容易，Scope语言简单易学，允许我们在不懂得MapReduce细节的情况下，使用简单SQL和C#知识就可以进行大数据的运算处理；（3）Cosmos也是一个共享数据系统 (Shared Data Ecosystem)，在工作中不同的组可以在系统提供的平台上相互共享数据。

SQL Server是微软推出的关系型数据库，是一个可扩展的、高性能的、为分布式客户机/服务器计算所设计的数据库管理系统，实现了与Windows NT的有机结合，提供了基于事务的企业级信息管理系统方案。它最初是由Microsoft、Sybase和Ashton-Tate三家公司共同开发的，并于1988年推出了第一个OS/2版本。Microsoft SQL Server近年来不断更新版本，1996年，Microsoft 推出了SQL Server 6.5版本；1998年，SQL Server 7.0版本和用户见面；SQL Server 2000是Microsoft公司于2000年推出，目前最新版本是2012年3月份推出的SQL SERVER 2012[7]。

本系统网站是采用IIS服务部署的，IIS（Internet Information Services，互联网信息服务）是由微软公司提供的基于Microsoft Windows操作系统的互联网基本服务。IIS是一种网页服务组件，其中包括FTP服务器、NNTP服务器、HTTP/HTTPS服务器、Web服务器和SMTP服务器，分别用于文件传输、新闻服务、超文本传输服务、网页浏览和邮件发送服务。

## 本文研究内容

通过课题背景和国内外研究现状可以看到，我们必须要研发一套性能分析系统对微软小娜产品所产生的日志数据进行智能分析、计算性能、诊断产品和优化产品。本文的目的就是开发一套针对微软小娜产品的日志性能分析系统，该系统通过使用微软公司的Aria分布式日志收集系统和Cosmos分布式文件系统来收集和存储日志，系统使用Scope脚本语言计算产品性能，系统使用SQL Server数据库存储产品性能数据，使用ASP.NET框架开发网站，使用IIS部署网站。小娜性能分析系统包括从用户使用产品产生日志开始，经过Aria收集日志并将日志导入到Cosmos分布式文件系统中，再使用Scope语言计算产品性能，最后将性能数据展示在网页上的整个日志采集及分析过程。本文的研究内容将从以下几个方面进行入手：

（1）Aria平台上日志的收集：日志收集主要通过Aria SDK实现，通过Tenant Token将日志数据与微软小娜产品关联起来，日志的内容除基本内容外扩展数据通过Key-Value的方式插入；在此方面还包含日志的设计，为了使日志计算更加合理使日志扩展性更强，设计了一系列措施保证数据的完整性、准确性和可扩展性。

（2）Cosmos平台上日志的计算：本系统采用Scope脚本语言进行性能的计算，主要包括各个模块的成功率和延迟时间。通过计算模块开始日志和结束日志之间的时间差计算模块延迟时间；计算模块结束日志数量占模块开始日志数量比例计算产品模块的成功率。其中，模块延迟时间不是简单的计算每个用户延迟时间的平均值，而是采用求分位数的方法将每个用户的延迟时间从小到大排序，取第75个、第90个、第95个百分位数作为模块的延迟时间。

（3）自动化工具实现：为了能自动的提交脚本并将计算结果导入到数据库中，本系统实现了一个定时提交脚本并向数据库导入数据的工具，并且该工具可以对提交脚本和导入数据过程中可能出现的所有异常进行了相应处理，保证工具的健壮性和灵活性。

（4）数据库和网站实现：微软小娜性能分析系统使用SQL Server数据库存储产品性能数据；采用ASP.NET MVC框架实现展示网站，将数据库中数据以可视化的图表和曲线图的方式展示出来，这样可以直观地看到产品各个功能模块的性能参数。

## 论文的组织安排

# 关键技术介绍

采用合理的软件开发框架和技术可以使微软小娜性能分析系统结构合理且具有很高的鲁棒性和可扩展性。本章主要介绍开发微软小娜分析系统时使用的几个关键技术框架。

1. Cosmos平台和Scope脚本语言介绍

Cosmos平台是微软为存储和处理大规模数据而开发的，主要包括两大基本的功能：Cosmos文件系统（CFS）是一个具有存储大规模数据能力的分布式文件系统（Distributed File System），可以支持PB级别数据计算；使用Cosmos平台提供的Scope脚本语言可以处理存储在Cosmos文件系统中的数据，Scope脚本语言可以使我们非常容易的处理大规模数据，只需要基本的SQL和C#语法就可以使用Scope语言，而且现在我们可以使用Visual Studio方便的开发Scope程序。Cosmos平台的大规模数据存储和处理能力主要体现在以下几个方面：

（1）Cosmos平台大约有11万台处理器分布在4个不同的物理集群上；

（2）Cosmos文件系统存储了1.2EB的数据（）；

（3）Cosmos平台每天可以运行10万多个Scope程序。

Cosmos也是一个数据共享系统（Shared Data Ecosystem），不同的团队可以通过Cosmos平台共享数据集。

Scope是Cosmos平台的查询脚本语言，它的许多基本概念和句法表达式都和SQL类似，这样使得程序简单易写，而且Scope还可以调用C#函数，这使得Scope更加的灵活和强大。在Visual Studio中，用户可以使用Scope的开发插件方便快捷的编写程序和提交到Cosmos平台上运行。

1. ASP.NET MVC框架

ASP.NET是.NET Framework的一部分，它可以使嵌入网页中的脚本在因特网服务器短执行，它也可以动态的在Web服务器上被创建。ASP .NET的前身是ASP（Active Server Pages）技术，与ADO （ActiveX Data Objects）1.0在IIS2.0上首次推出，在IIS 3.0 时发扬光大，成为服务器端应用程序的热门开发工具。ASP.NET支持三种不同的开发模式：Web 页面（Web Page）、模型-视图-控制器（MVC）和Web 窗体（Web Forms）。

MVC框架将一个交互式应用程序分成3个组件：模型（Model）包含核心功能和数据，表示应用程序核心，是应用程序中用于处理应用程序数据逻辑的部分；视图（View）负责向用户显示信息，是应用程序中负责数据显示的部分；控制器处理用户输入，是应用程序中处理用户交互的部分。

模型封装了内部的功能和数据，对于用户来说是不可见的（模型和视图相互独立），模型独立于特定的输出表示或者输入方式（模型与控制器独立），用户只能通过控制器操作模型（控制器是模型和视图的桥梁）。

视图向用户显示信息，不同的视图使用不同的方法呈现信息，每个视图组件都有一个更新函数，这个函数被模型变更通知激活，将使得视图和模型一致。视图通过状态查询函数从模型获取数据，如定时刷新。

每个视图都有一个相关联的控制器组件，它们是一一对应的关系。控制器组件接受事件，并翻译成对模型或者视图的请求，事件是如何发送到控制器由用户界面平台决定。如果控制器的行为依赖于模型的试图，那么控制器也需要向模型登记请求变更通知。用户仅仅通过控制器与系统交互。

1. 通用 Windows 平台应用（UWP）

通用 Windows 平台（UWP，Universal Windows Platform）应用是一种基于通用Windows平台生成的可在所有Windows上运行的应用，它在Windows 8操作系统中被首次引入。UWP的核心是使用户在所有设备上的体验相同，并且希望使用现有的最方便最高效的设备完成任务。

通过Windows 10操作系统，用户可以更加轻松地开发UWP应用，只需一个API集合、一个应用和一个应用商店，即可访问所有Windows 10设备包括电脑、平板、手机、Xbox、HoloLens等。对各种屏幕大小以及各种交互模型（无论是触控、鼠标、键盘还是游戏控制器）的支持也更加方便。UWP应用的主要特性如下：

（1）开发人员的目标设备是整个Windows系列，而非某个操作系统。设备系列可标识在其中的设备上所需的API、系统特性和行为。它还可以确定在其上安装应用商店应用的设备集。

（2）UWP应用使用AppX格式进行打包和部署。这提供了值得信赖的安装机制，并且确保应用可以无缝进行部署和更新。

（3）应用商店中的应用程序适用于所有Windows设备。应用开发人员可以向应用商店提交应用，并使其在所有设备系列或仅在所选设备系列上可用。应用开发人员将在一个位置上提交和管理适用于所有Windows设备的应用。

（4）在整个Windows系列上有一套相同的应用程序编程接口（API）。所有Windows设备系列均使用相同的API，这样开发出来的应用将可以在任何Windows 10设备上运行。

（5）在特殊的设备上使用扩展SDK可以为应用增添色彩。扩展SDK可以为每个设备系列添加专用API，如果应用面向特定的设备系列，开发人员就可以使用这些API。在调用扩展API之前需要检查应用在什么设备系列上运行，开发人员仍然可以开发一个可以在所有设备上运行的应用程序。

（6）UWP应用具有自适应输入控件，它们与多种输入类型（如键盘、鼠标、触摸、笔等）配合良好。UWP应用的UI元素使用有效像素，它们会基于设备的屏幕像素数自动自行调整。如果开发人员需要进一步为特定屏幕大小或设备定制UI，布局面板和工具将帮助开发人员开发出适应运行设备的UI。

1. 数据库连接池

网站使用C#数据库连接池来管理维护数据库的连接。建立一个数据库连接是一件非常耗时耗力（消耗时间消耗资源）的事情，连接到数据库服务器通常由几个需要较长时间的步骤组成: 建立物理通道（例如套接字或命名管道）；与服务器进行初次连接；服务器分析连接字符串信息；服务器对连接进行身份验证等。当应用程序访问次数数量很大的时候，许多相同的连接将反复地被打开和关闭，从而会引起数据库服务器效率低下甚至引发程序崩溃，又因为大部份的应用程序都是使用一个或几个固定的连接配置，因此我们可以在ADO.NET中使用称为数据库连接池的优化方法来管理维护数据库连接。

数据库连接池存放了一定数量的与数据库服务器相连的物理连接。当程序需要连接数据库服务器的时候，数据库连接池就会检查池中是否有可用的空闲连接，如果发现有空闲连接可用，会将该连接返回给调用者，而不是创建新的连接；当应用程序需要关闭该连接时，数据库连接池会判断该连接是否在最小连接数之内，如果是的话会将连接回收到数据库连接池中而不是真正关闭连接，否则将销毁连接。这样就可以大大减少连接数据库的开销，从而提高网站的性能。高效的使用数据库连接池一般需要遵循以下几个原则：

（1）在最晚的时刻申请数据库连接，在最早的时候释放数据库连接；

（2）关闭连接时先关闭相关用应用程序定义的事务；

（3）确保并维持数据库连接池中至少有一个打开的连接；

（4）尽力避免池碎片的产生，包括集成安全性产生的池碎片以及使用许多数据库产生的池碎片。

1. 本章小结

本章主要介绍微软小娜性能分析系统的设计开发实现过程中，所使用的关键技术框架及其特点，包括Cosmos平台和Scope脚本语言、ASP.NET MVC框架、通用Windows平台应用、数据库连接池等。采用Cosmos平台和Scope脚本语言能够方便高效的计算大规模日志数据；采用ASP.NET MVC框架搭建网站可以使程序容易维护，增强程序可扩展性，能够进行单元测试，保证功能的实现；采用通用Windows平台应用可以开发一套适用所有Windows平台的应用程序；采用数据库连接池可以大大减少网站连接数据库时引起的开销，从而提高网站的性能。接下来对微软小娜性能分析系统的需求进行分析。

# 微软小娜性能分析系统需求分析

详细梳理微软小娜性能分析系统内部流程，能够全面地指出微软小娜性能分析系统的需求；有针对地梳理系统的业务处理模块，能够归纳总结出系统的功能性需求，基于对系统性能提升的考虑，可以对非功能性需求提出要求。小娜性能分析系统主要由Aria上日志的收集、Cosmos上日志的计算、自动化工具实现、数据库和网站实现4个模块组成，下面将详细针对每一模块实现其需求分析。

1. 日志收集需求分析

微软小娜性能分析系统的第一步就是获取用户操作数据和产品运行数据，即日志的收集。当用户操作产品时，我们希望记录产品的版本号，产品的应用平台，用户操作的具体功能，用户操作的准确时间，用户所在地区，用户使用的语言以及区分日志的编码字段等关键信息。根据日志收集的需求设计日志结构如下表所示：

|  |  |
| --- | --- |
| 属性 | 值 |
| Event Name | CoA App Load |
| Impression ID | 17b84a2c-e4e7-4925-8ab3-9c24d5ebd368 |
| App Version | 1.0.0.662 |
| OS Version | Android 4.4.4 |
| Time Stamp | 188469142 |
| Language | En-US |
| Key | Value |
| … | … |
| Key | Value |

其中每个字段的含义如下：

Event Name:该字段主要为区分产品中不同模块不同功能的日志，例如产品初始加载日志的Event Name可以设为CoA App Load，闹钟模块日志该字段可为CoA Alarm。

Impression ID:该字段为日志序列号，主要是为区分不同用户不同操作的日志数据，便于性能数据的计算，例如要计算产品加载的时间延迟就需要Impression ID相同的开始日志与结束日志，通过这两条日志的时间差计算出产品加载的时间。Impression ID的编码采用UUID（Universally Unique Identifier）标准，其目的是使所有日志都有唯一辨识的资讯，可以保证生成的唯一性。

App Version：该字段记录当前操作发生时产品的版本号，主要目的是区分不同版本产品性能，进行纵向对比。

OS Version：该字段记录当前操作发生时手机系统的版本号，如Android 4.4.4，主要目的是对比不同手机系统之间的性能差异。

Time Stamp：该字段记录当前日志的生成时间，用来计算产品模块或功能的延迟，精确到毫秒。在此Time Stamp是指格林尼治时间1970年01月01日00时00分00秒起至现在的总毫秒数。

Language：该字段存放用户使用的语言和所在地区，主要的字段值为：En-US（英语-美国）、En-IN（英语-印度）、Zh-CN（汉语-中国）、Ja-JP（日语-日本）。

Key-Value：该字段存放开发人员为各个模块定制的参数，这些数据以Key-Value的方式存放，可以细分产品的子功能，更加精确的计算各个子功能的性能参数。

整理好日志的基本格式之后，需要对日志的发送和收集储存进行分析。用户的日志收集采用Aria平台实现，通过在客户端加入Aria SDK，客户端可以主动发送数据到Aria服务器，然后Aria服务器将各个产品的日志数据进行整理，并把微软小娜的日志数据储存在Cosmos分布式文件系统中。

1. 日志计算需求分析

在整个性能分析系统中，最关键的模块就是日志计算模块，因为计算的准确度直接关系到性能数据的准确度，是整个项目的核心模块。

微软小娜性能分析系统主要负责分析客户端的数据，需要计算不同版本号、不同地区、不同网络环境、不同操作系统的性能数据，并对其进行纵向比较，因此，在日志计算的过程中需要对以上需求进行分别计算。其中各个需求的划分方法分别为：版本号为每次产品发布时的版本号，具体规定为正式发布版本以-release结尾，开发测试版以-dev结尾，各个功能模块的测试版以-rd结尾，版本号码由4个十进制数限定，数之间以点号分隔，如1.0.0.662，随着发布版本增加版本号会逐渐增大；不同的网络主要是指网络运营商和网络制式的区分，在中国大陆地区网络运行商主要有中国移动、中国联通和中国电信，在美国网络运营商有AT&T、Sprint、T-Mobile、Verizon Wireless、MetroPCS和Cricket Communications，网络制式主要有HSPA+、LTE、HSDPA、HSPA、UMTS、CDMA-eHRPD、TD-SCDMA、EDGE、GPRS，计算性能数据时，会根据网络制式将其划分为4G、3G、2G以及Wi-Fi网络；因为各个地区的语言和习惯不同，产品会根据不同地区做出一些相应的调整，现在需要计算地区有美国、印度、日本和中国4个地方；在操作系统上我们主要区分iOS和Android，后面可能会加上WP等其他操作系统。

微软小娜性能分析系统有两大主要指标：成功率和延迟时间。成功率是指每个功能模块没有没异常情况中断，正常运行到结束的概率；延迟时间是指用户每个模块从开始到结束的时间，需要精确到毫秒，最关键的是模块延迟时间不应该简单是每个用户延迟时间的平均值，而应该采用求分位数的方法将每个用户的延迟时间从小到大排序，取第75个、第90个和第95个百分位数作为模块的延迟时间，这样可以最小的较少误差（假设第75个半分位数的延迟时间为2000毫秒，表示有75%的用户的延迟时间小于2000毫秒）。根据产品的特点、产品的功能分析，需要计算的场景举例如下：

SR（Speech Recognition）：语音识别场景，指从用户点击麦克风录音开始到SR模块识别完全部的文字的过程，需要计算语音识别的成功率以及延迟时间，如果用户主动取消了语音识别，也认为语音识别失败。

LU（Language Understanding）：语义理解模块，指从语音识别完全部文字到客户端收到HTTP回复语义理解结果的过程，需要计算语义理解模块的成功率以及延迟时间，如果用户主动取消了语义理解，也认为语义理解失败。

Proactive Page Load：客户端主页面加载场景，指从发出加载页面请求开始到主页面被全部加载完成的过程，需要计算其成功率以及延迟时间，如果用户主动取消了页面加载，也认为页面加载失败。

App Load：产品启动，指从用户在桌面点击小娜图标开始到用户可以使用麦克风或搜索框搜索的过程，需要计算其成功率以及延迟时间，如果用户主动取消了产品启动，也认为产品启动失败。

DAU（Daily Active User）：每天的活跃用户量，计算每天微软小娜产品及各个功能、各个模块的活跃用户量，也包括每日新用户数量已经新用户次日存留率。

1. 自动化工具需求分析

实现自动化工具的目的是为了每天定时提交脚本并计算结果导入到数据库中，因此该工具主要有两大需求：定时提交脚本和将结果导入到数据库。Cosmos分布式文件系统中的日志数据会有延迟时间，一般的延迟时间为2天，但是也会有更多天数的延迟，因此自动化工具需要记录已经计算的日期，和已经将结果导入到数据库的日期，防止重复计算降低系统性能，也防止重复数据导入数据库，系统每次运行之前，需要检查之前脚本的提交日志和导入数据的日志，以便重新提交延迟的产品日志。此外还可能会有某一天的数据因为日志问题需要重新计算，自动化工具需要有对指定日期进行重新计算，并把已经导入数据库的数据删除的功能。

自动化工具应该可以简单的被应用于其他程序，因此需要有动态配置脚本优先级、脚本路径、数据下载路径以及数据库名称以及表名称的功能。除此之外，自动化工具还应该每天定时自动运行，这样可以最大程度上节约开发人员的时间。最重要的是自动化工具需要具有异常处理、上下文恢复的功能，因为在提交脚本时可能会由于超时，脚本编译错误，源文件源目录不存在等问题出现异常，这时应该把所有情况恢复到工具未运行的情况，并需要记录异常日志，特别的，当数据导入数据库发生异常时，自动化工具需要将已经导入的部分数据删除，并记录异常日志。当有异常发生时，自动化工具应该有自动提醒开发人员的功能，可以使开发人员快速收到异常日志或错误记录，以便快速发现问题解决问题。