第四章 日志系统

日志系统在整个系统架构中的重要性可以称得上基础的基础，但是这一点，都容易被大多数人所忽视。因为日志在很多人看来只是printf，在系统运行期间，很难一步一步地调试，只能根据系统的运行轨迹来推断错误出现的位置，而日志往往也是最重要的参考资料。

日志系统主要解决的问题就是记录系统的运行轨迹，在这个基础上，进行跟踪分析错误，审计系统运行流程。一般在高可靠的系统中，是不允许系统运行终止的，所以也会产生海量的日志。

日志系统的内容可以分为两类：

1. 业务级别的日志，主要供终端用户来分析他们业务过程；
2. 系统级别的日志，供开发者维护系统的稳定。

由于日志系统的数据输出量比较大，所以不能不考虑对整个系统性能的影响。从另外一方面来看，海量的日志内容有时候并不件好事，因为，很容易覆盖真实问题的蛛丝马迹，也增加日志阅读者信息检索的困难。所以日志系统的设计需要挑选一个合适的工具，并进行合理的设计。

在github上有一个项目叫awesome-cpp，其中收录了与cpp有关的各种项目，在其中有一个logging分类，列举了各种常用的日志系统工具。

我们的课程中学习log4cpp，之后的项目阶段将会使用到。

fffaraz/awesome-cpp：A curated list of awesome C++ (or C) frameworks, libraries, resources, and shiny things. Inspired by awesome-... stuff. (github.com)

- Boost.Log - Designed to be very modular and extensible. [Boost] website
- Easylogging++ - Extremely light-weight high performance logging library for C++11 (or higher) applications. [MIT]
- fmtlog - A performant fmtlib-style logging library with latency in nanoseconds. [MIT]
- G3log - Asynchronous logger with Dynamic Sinks. [PublicDomain]
- glog - C++ implementation of the Google logging module.
- haclog - An extremely fast plain C logging library. [MIT]
- Log4cpp - A library of C++ classes for flexible logging to files, syslog, IDSA and other destinations. [LGPL]
- log4cplus - A simple to use C++ logging API providing thread-safe, flexible, and arbitrarily granular control over log management and configuration. [BSD & Apache2]

日志系统的设计

日志系统的设计，一般而言要抓住最核心的一条，就是**日志从产生到到达最终目的地期间的处理流程。**一般而言，为了设计一个灵活可扩展，可配置的日志库，主要将日志库分为4个部分去设计，分别是：记录器、过滤器、格式化器、输出器四部分。

记录器（日志来源）：负责产生日志记录的原始信息，比如（原始信息，日志优先级，时间，记录的位置）等等信息。

过滤器（日志系统优先级）：负责按指定的过滤条件过滤掉我们不需要的日志。

格式化器（日志布局）：负责对原始日志信息按照我们想要的格式去格式化。

输出器（日志目的地）：负责将将要进行记录的日志（一般经过过滤器及格式化器的处理后）记录到日志目的地（例如：输出到文件中）。

下面以一条日志的生命周为例说明日志库是怎么工作的。

一条日志的生命周期：

1. 产生：info("log information.");
2. 经过记录器，记录器去获取日志发生的时间、位置、线程信息等等信息；
3. 经过过滤器，决定是否记录；
4. 经过格式化器处理成设定格式后传递给输出器。例如输出"2018-3-22 10:00:00 [info] log information."这样格式的日志到文件中。日志的输出格式由格式化器实现，输出目的地则由输出器决定；
5. 这条日志信息生命结束。

log4cpp的安装

下载压缩包

下载地址：https://sourceforge.net/projects/log4cpp/files/

安装步骤

```
$ tar xzvf log4cpp-1.1.4rc3.tar.gz

$ cd log4cpp

$ ./configure  //进行自动化构建，自动生成makefile

$ make

$ sudo make install //安装  把头文件和库文件拷贝到系统路径下

//安装完后
//默认头文件路径：/usr/local/include/log4cpp
//默认lib库路径：/usr/local/lib
```

打开log4cpp官网Log for C++ Project (sourceforge.net)

拷贝simple example的内容，编译运行

编译指令：** g++ log4cppTest.cc -llog4cpp -lpthread**

可能报错：找不到动态库

解决方法：

cd /etc

```
-rw-r--r--   1 root root   82803 Aug  6 17:20 ld.so.cache
-rw-r--r--   1 root root      48 Aug  6 17:24 ld.so.conf
drwxr-xr-x   2 root root    4096 Mar 13 06:51 ld.so.conf.d/
```

sudo vim ld.so.conf

将默认的lib库路径写入，再重新加载

```
ld.so.conf+
  1 include /etc/ld.so.conf.d/*.conf
  2 /usr/local/lib
```

sudo ldconfig

让动态链接库为系统所共享

ld.so.cache 执行了sudo ldconfig之后，会更新该缓存文件，会将所有动态库信息写入到该文件。当可执行程序需要加载相应动态库时，会从这里查找。

完成这些操作后，再使用上面的编译指令去编译示例代码

log4cpp的核心组件

官网的simple example中包含了四个核心组件，这个代码需要完全理解其用法。

利用已学过的类与对象的知识对这段示例代码进行解读和推测。

```cpp
// main.cpp

#include "log4cpp/Category.hh"
#include "log4cpp/Appender.hh"
#include "log4cpp/FileAppender.hh"
#include "log4cpp/OstreamAppender.hh"
#include "log4cpp/Layout.hh"
#include "log4cpp/BasicLayout.hh"
#include "log4cpp/Priority.hh"

int main(int argc, char** argv) {
    log4cpp::Appender *appender1 = new log4cpp::OstreamAppender("console", &std::cout);
    appender1->setLayout(new log4cpp::BasicLayout());

    log4cpp::Appender *appender2 = new log4cpp::FileAppender("default", "program.log");
    appender2->setLayout(new log4cpp::BasicLayout());

    log4cpp::Category& root = log4cpp::Category::getRoot();
    root.setPriority(log4cpp::Priority::WARN);
    root.addAppender(appender1);

    log4cpp::Category& sub1 = log4cpp::Category::getInstance(std::string("sub1"));
    sub1.addAppender(appender2);

    // use of functions for logging messages
    root.error("root error");
    root.info("root info");
    sub1.error("sub1 error");
    sub1.warn("sub1 warn");

    // printf-style for logging variables
    root.warn("%d + %d == %s ?", 1, 1, "two");

    // use of streams for logging messages
    root << log4cpp::Priority::ERROR << "Streamed root error";
    root << log4cpp::Priority::INFO << "Streamed root info";
    sub1 << log4cpp::Priority::ERROR << "Streamed sub1 error";
    sub1 << log4cpp::Priority::WARN << "Streamed sub1 warn";

```

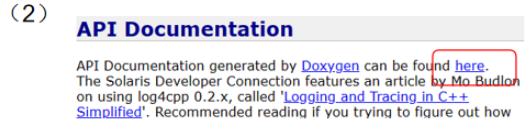
```
40      // or this way:
41      root.errorStream() << "Another streamed error";
42
43      return 0;
44  }
```

日志目的地（Appender）

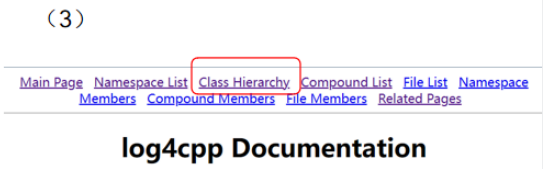
通过log4cpp官网查看常用类的信息

（1）

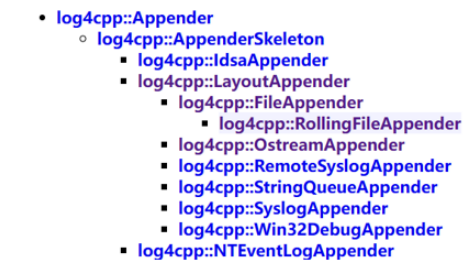
（2）



（3）



（4）



我们关注这三个目的地类，点开后查看它们的构造函数

- **OstreamAppender** **C++通用输出流（如 cout）**
- **FileAppender** **写到本地文件中**
- **RollingFileAppender** **写到回卷文件中**

- OstreamAppender的构造函数传入两个参数：目的地名、输出流指针
- FileAppender的构造函数传入两个参数：目的地名、保存日志的文件名（后面两个参数使用默认值即可，分别表示以结尾附加的方式的保存日志，当前用户读写-其他用户只读）

OstreamAppender (const std::string &name, std::ostream *stream)

FileAppender (const std::string &name, const std::string &fileName, bool append=true, mode_t mode=00644)

RollingFileAppender (const std::string &name, const std::string &fileName, size_t maxFileSize=10 *1024 *1024, unsigned int maxBackupIndex=1, bool append=true, mode_t mode=00644)

目的地名字、保存日志的文件名、单个文件最大的大小、回卷文件个数（备份个数）

- RollingFileAppender稍复杂一些，如果没有回卷文件，将所有的日志信息都保存在一个文件中，那么随着系统的运行，产生越来越多的日志，本地日志文件会越变越大，若不加限制，则会大量占用存储空间。所以通常的做法是使用回卷文件，比如只给日志文件1G的空间，对于这1G的空间可以再次进行划分，比如使用10个文件存储日志信息，每一个文件最多100M.

RollingFileAppender构造函数的参数如上图，其中要注意的是回卷文件个数，如果这一位传入的参数是9，那么实际上会有10个文件保存日志。

回卷的机制是：先生成一个wd.log文件，该文件存满后接着写入日志，那么wd.log文件改名为wd.log.1，然后再创建一个wd.log文件，将日志内容写入其中，wd.log文件存满后接着写入日志，wd.log.1文件改名为wd.log.2，wd.log改名为wd.log.1，再创建一个wd.log文件，将最新的日志内容写入。以此类推，直到wd.log和wd.log.1、wd.log.2、...wd.log.9全都存满后再写入日志，wd.log.9（其中实际上保存着最早的日志内容）会被舍弃，编号在前的回卷文件一一进行改名，再创建新的wd.log文件保存最新的日志信息。

日志布局（Layout）

示例代码中使用的是BasicLayout，也就是默认的日志布局，这样一条日志最开始的信息就是日志产生时距离1970.1.1的秒数，不方便观察。

实际使用时可以用**PatrrenLayout**对象来定制化格式，类似于printf的格式化输出

PatternLayout supports following set of format characters:

- **%%** - a single percent sign
- **%c** - the category
- **%d** - the date\n Date format: The date format character may be followed by a date format sp
no date format specifier is given then the following format is used: "Wed Jan 02 02:03:55 1980"
addition is the specifier %l for milliseconds, padded with zeros to make 3 digits.
- **%m** - the message
- **%n** - the platform specific line separator
- **%p** - the priority
- **%r** - milliseconds since this layout was created.
- **%R** - seconds since Jan 1, 1970
- **%u** - clock ticks since process start
- **%x** - the NDC
- **%t** - thread name

By default, ConversionPattern for PatternLayout is set to "%m%n".

使用new语句创建日志布局对象，通过指针调用setConversionPattern函数来设置日志布局

```
void log4cpp::PatternLayout::setConversionPattern( const std::string &  conversionPattern) throw (ConfigureFailure) [virtual]
```

```
1  PatternLayout * ptn1 = new PatternLayout();
2  ptn1->setConversionPattern("%d %c [%p] %m%n");
```

setConversionPattern函数接收一个string作为参数，格式化字符的意义如下：

%d %c [%p] %m%n

时间 模块名 优先级 消息本身 换行符

注意（极易出错）：

当日志系统有多个日志目的地时，每一个目的地Appender都需要设置一个布局Layout（一对一关系）

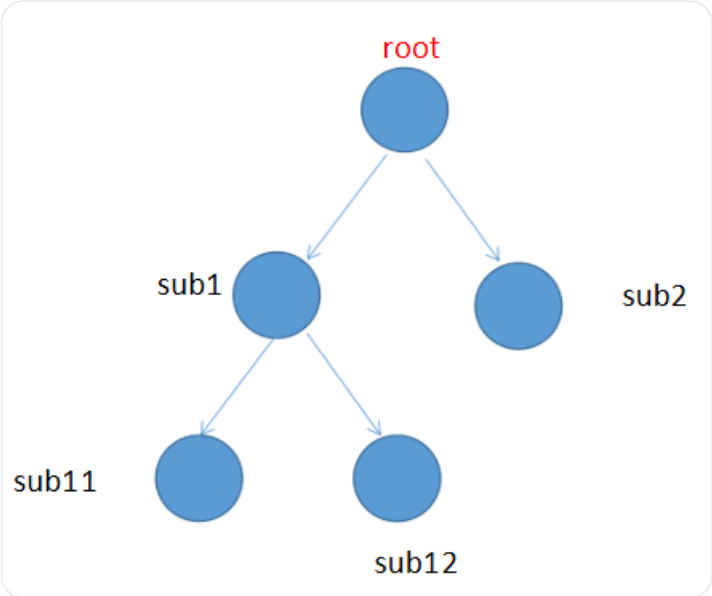
日志记录器（Category）

创建Category对象时，可以用getRoot先创建root模块对象，对root模块对象设置优先级和目的地；

再用getInstance创建叶模块对象，叶模块对象会继承root模块对象的优先级和目的地，可以再去修改优先级、目的地

补充：如果没有创建根对象，直接使用getInstance创建叶对象，会先隐式地创建一个Root对象。

子Category可以继承父Category的信息：优先级、目的地



官网示例代码中Category对象的创建：先创建根对象，再创建叶对象

```
log4cpp::Category& root = log4cpp::Category::getRoot();
root.setPriority(log4cpp::Priority::WARN);
root.addAppender(appender1);

log4cpp::Category& sub1 =
log4cpp::Category::getInstance(std::string("sub1")); //传入的字符串sub1就会是日志中记录下的日志来源
sub1.addAppender(appender2);
```

也可以一行语句创建叶对象

```
log4cpp::Category& sub1 =
log4cpp::Category::getRoot().getInstance("salesDepart"); //记录的日志来源会是salesDepart
sub1.setPriority(log4cpp::Priority::WARN);
sub1.addAppender(appender1);
```

这里需要注意的是，例子中sub1本质上是绑定Category对象的引用，在代码中利用sub1去进行设置优先级、添加目的地、记录日志等操作；

getInstance的参数salesDepart表示的是日志信息中记录的Category名称，也就是日志来源 —— 对应了布局中的%c

所以一般在使用时这两者的名称取同一个名称，统一起来，能够更清楚地知道该条日志是来源于salesDepart这个模块

日志优先级（Priority）

对于 log4cpp 而言，有两个优先级需要注意，一个是日志记录器的优先级，另一个就是某一条日志的优先级。Category对象就是日志记录器，在使用时须设置好其优先级；某一行日志的优先级，就是Category对象在调用某一个日志记录函数时指定的级别，如 logger.debug("this is a debug message")，这一条日志的优先级就是DEBUG级别的。简言之：

日志系统有一个优先级A，日志信息有一个优先级B

只有B高于或等于A的时候，这条日志才会被输出（或保存），当B低于A的时候，这条日志会被过滤；

```
class LOG4CPP_EXPORT Priority {
public:
    typedef enum {
```

```
            EMERG = 0,
            FATAL = 0,
            ALERT = 100,
            CRIT = 200,
            ERROR = 300,
            WARN = 400,
            NOTICE = 500,
            INFO = 600,
            DEBUG = 700,
            NOTSET = 800
    } PriorityLevel;
    //......
};  //数值越小，优先级越高；数值越大，优先级越低
```

定制日志系统

模仿示例代码的形式去设计定制化的日志系统

在设计日志系统时多次使用了new语句，这些核心组件的构造函数具体细节我们也并不清楚，但可以知道的是这个过程必然会申请资源，所以规范的写法在日志系统退出时要调用shutdown回收资源。

```
//1.设置日志布局
PatternLayout * ptn1  = new PatternLayout();
ptn1->setConversionPattern("%d %c [%p] %m%n");

PatternLayout * ptn2  = new PatternLayout();
ptn2->setConversionPattern("%d %c [%p] %m%n");

PatternLayout * ptn3  = new PatternLayout();
ptn3->setConversionPattern("%d %c [%p] %m%n");

//2.创建输出器对象
OstreamAppender * pos = new OstreamAppender("console",&cout);
//输出器与布局绑定
pos->setLayout(ptn1);

FileAppender * filePos = new FileAppender("file","wd.log");
filePos->setLayout(ptn2);

RollingFileAppender * rfPos = new RollingFileAppender("rollingfile",
                                                      "rollingfile.log",
                                                      5 * 1024,
                                                      9);
rfPos->setLayout(ptn3);
```

```
//3.创建日志记录器
//引用名salesDepart是在代码中使用的，表示Category对象
//参数中salesDepart是获取日志来源时返回的记录器的名字
//一般让两者相同，方便理解
Category & salesDepart = Category::getInstance("salesDepart");

//4.给Category设置优先级
salesDepart.setPriority(Priority::ERROR);

//5.给Category设置输出器
salesDepart.addAppender(pos);
salesDepart.addAppender(filePos);
salesDepart.addAppender(rfPos);

//6.记录日志

int count = 100;
while(count-- > 0){
    salesDepart.emerg("this is an emerge msg");
    salesDepart.fatal("this is a fatal msg");
    salesDepart.alert("this is an alert msg");
    salesDepart.crit("this is a crit msg");
    salesDepart.error("this is an error msg");
    salesDepart.warn("this is a warn msg");
    salesDepart.notice("this is a notice msg");
    salesDepart.info("this is a info msg");
}

//7.日志系统退出时，回收资源
Category::shutdown();
```

log4cpp的单例实现

留下一个比较有挑战性的作业：

用所学过的类和对象的知识，封装log4cpp，让其使用起来更方便，要求：可以像printf一样，同时输出的日志信息中最好能有文件的名字，函数的名字及其所在的行号(这个在C/C++里面有对应的宏，可以查一下)

代码模板：

```
class Mylogger
{
public:
    void warn(const char *msg);
    void error(const char *msg);
    void debug(const char *msg);
    void info(const char *msg);

private:
    Mylogger();
    ~Mylogger();

private:
  //......
};


void test0()
{
    //第一步，完成单例模式的写法
    Mylogger *log = Mylogger::getInstance();

    log->info("The log is info message");
    log->error("The log is error message");
    log->fatal("The log is fatal message");
    log->crit("The log is crit message");
}

void test1()
{
    printf("hello,world\n");
    //第二步，像使用printf一样
    //只要求能输出纯字符串信息即可，不需要做到格式化输出
    LogInfo("The log is info message");
    LogError("The log is error message");
    LogWarn("The log is warn message");
    LogDebug("The log is debug message");
}
```

Mylogger.hpp buffers

```
 4 #include "log4cpp/Category.hh"
 5 #include <string>
 6 #include <iostream>
 7 using std::string;
 8
 9 #define addPrefix(msg) string("[").append(__FILE__) \
10                                   .append(":").append(__func__)\
11                                   .append(":").append(std::to_string(__LINE_
12                                   .append("]").append(msg).c_str()
13
14 #define LogWarn(msg) Mylogger::getInstance()->warn(addPrefix(msg))
15 #define LogError(msg) Mylogger::getInstance()->error(addPrefix(msg))
16
17 class Mylogger
18 {
19 public:
20     void warn(const char *msg);
21     void error(const char *msg);
22     void debug(const char *msg);
23     void info(const char *msg);
24
25     static Mylogger * getInstance();
26     static void destroy();
27
28 private:
29     Mylogger();
30     ~Mylogger();
31
32 private:
33     log4cpp::Category & _mycat;
34     static Mylogger * _pInstance;
35 };
```

```
Mylogger * Mylogger::_pInstance = nullptr;
Mylogger::Mylogger()
: _mycat(Category::getInstance("mycat"))
{
    auto ptn1 = new PatternLayout();
    ptn1->setConversionPattern("%d %c [%p] %m%n");

    auto ptn2 = new PatternLayout();
    ptn2->setConversionPattern("%d %c [%p] %m%n");

    auto pos = new OstreamAppender("console",&cout);
    pos->setLayout(ptn1);

    auto pfile = new FileAppender("fileApp","wd.log");
    pfile->setLayout(ptn2);

    _mycat.setPriority(Priority::DEBUG);
    _mycat.addAppender(pos);
    _mycat.addAppender(pfile);

    cout << "Mylogger()" << endl;
}
```

```
void test0(){
    LogError("The log is error message");
    LogWarn("The log is warn message");
    Mylogger::getInstance()->debug(addPrefix("The log is debug message"));
    Mylogger::getInstance()->info(addPrefix("The log is info message"));
    Mylogger::destroy();
}
```

log4cpp配置文件读取

如果想要更灵活地使用log4cpp，可以使用读取配置文件的方式

配置文件

```
1  //log4cpp.properties
2  log4cpp.rootCategory=DEBUG, rootAppender
3  log4cpp.category.sub1=DEBUG, A1, A2
4  log4cpp.category.sub1.sub2=DEBUG, A3
5
6  log4cpp.appender.rootAppender=ConsoleAppender
7  log4cpp.appender.rootAppender.layout=PatternLayout
8  log4cpp.appender.rootAppender.layout.ConversionPattern=%d [%p] %m%n
9
10 log4cpp.appender.A1=FileAppender
```

```
log4cpp.appender.A1.fileName=A1.log
log4cpp.appender.A1.layout=BasicLayout

log4cpp.appender.A2=FileAppender
log4cpp.appender.A2.threshold=WARN
log4cpp.appender.A2.fileName=A2.log
log4cpp.appender.A2.layout=PatternLayout
log4cpp.appender.A2.layout.ConversionPattern=%d [%p] %m%n

log4cpp.appender.A3=RollingFileAppender
log4cpp.appender.A3.fileName=A3.log
log4cpp.appender.A3.maxFileSize=200
log4cpp.appender.A3.maxBackupIndex=1
log4cpp.appender.A3.layout=PatternLayout
log4cpp.appender.A3.layout.ConversionPattern=%d [%p] %m%n
```

读取代码

```
#include <log4cpp/Category.hh>
#include <log4cpp/PropertyConfigurator.hh>

int main(int argc, char* argv[])
{
    std::string initFileName = "log4cpp.properties";
    log4cpp::PropertyConfigurator::configure(initFileName);

    log4cpp::Category& root = log4cpp::Category::getRoot();

    log4cpp::Category& sub1 =
        log4cpp::Category::getInstance(std::string("sub1"));

    log4cpp::Category& sub2 =
        log4cpp::Category::getInstance(std::string("sub1.sub2"));

    root.warn("Storm is coming");

    sub1.debug("Received storm warning");
    sub1.info("Closing all hatches");

    sub2.debug("Hiding solar panels");
    sub2.error("Solar panels are blocked");
    sub2.debug("Applying protective shield");
    sub2.warn("Unfolding protective shield");
    sub2.info("Solar panels are shielded");

    sub1.info("All hatches closed");

    root.info("Ready for storm.");
```

```
31
32      log4cpp::Category::shutdown();
33
34      return 0;
35  }
```