

使用 Graphviz 绘画 UML 图

Milo Yip

2019/10/28

目录

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 1 简介 | 2 |
| 1.1 使用 Graphviz dot | 2 |
| 2 类图 | 4 |
| 2.1 继承 | 4 |
| 2.2 关联 | 5 |
| 2.3 聚合 | 8 |
| 2.4 组成 | 8 |
| 2.5 依赖 | 9 |
| 2.6 类成员 | 10 |
| 2.7 包 | 13 |
| 2.8 排布技巧 | 14 |
| 2.9 颜色 | 16 |
| 3 状态图 | 18 |
| 4 参考 | 19 |

Chapter 1

简介

本文为开放文档，可在 [GitHub](#) 提交 issue / PR。本文的 PDF 版本可在 [在此下载](#)。

[Graphviz](#) 是 AT&T 实验室开发的一个开源软件，它以一种文本语言去描述图 (graph)，然后自动排布节点和边去生成图片。它已有近 30 年历史。

UML (unified modeling language, 统一建模语言) 是一种常用的面向对象设计的方法。其中最常用的是类图 (class diagram)，用于表示类的构成以及类之间的关系。

利用 Graphviz 去生成 UML 类图有几个好处：

1. 用文本表示图，容易更新，容易做版本管理。
2. 能自动排布节点位置，在大型复杂的图特别方便。
3. 统一文档风格。

实际上，文档生成工具 [Doxygen](#) 也是采用 Graphviz 生成类图的。不过，我们在软件设计中，经常以类图表示系统中某个部分，并且按需展示某些重点，而不是简单地全部列出，所以还是需要手工去描述我们想要画什么，表示我们的软件设计。

1.1 使用 Graphviz dot

首先，下载 [Graphviz](#) 安装包。macOS 用户可以 `brew install graphviz`。

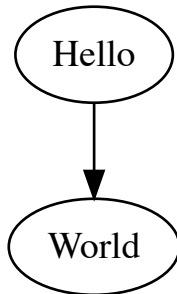
建立一个测试源文件 `hello.dot` ([DOT 语言](#) 为 Graphviz 的图形描述语言)：

```
digraph {  
    Hello -> World  
}
```

在命令行执行：

```
dot -Tpng hello.dot -o hello.png
```

就能生成：



作为程序员，我们可以用常用的 GNU make 去做这个生成，以下的 makefile 也展示生成 PDF 矢量格式：

```
DOTFILES = $(basename $(wildcard *.dot))
```

```
all: \  
    $(addsuffix .png, $(DOTFILES)) \  
    $(addsuffix .pdf, $(DOTFILES))
```

```
%.png: %.dot  
    dot $< -Tpng -o $@
```

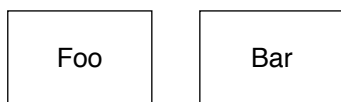
```
%.pdf: %.dot  
    dot $< -Tpdf -o $@
```

Chapter 2

类图

UML 类图 (class diagram) 是最常见的图，用于表示系统的静态结构。UML 中类是以矩形表示。我们可以在 dot 文件中预设节点的形状，并且设置一些如字体等属性：

```
digraph {  
    node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]  
  
    Foo  
    Bar  
}
```



稍后我们再谈如何加入类的成员。

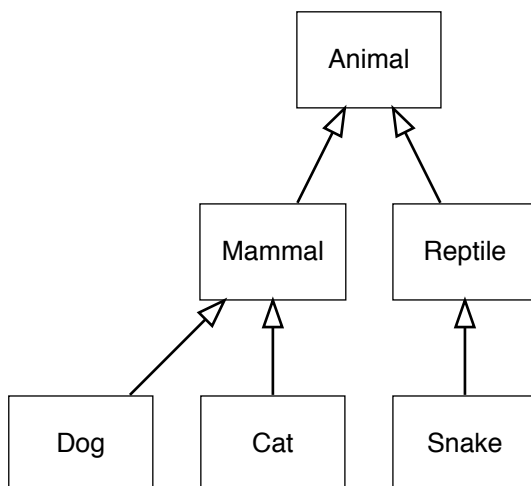
2.1 继承

继承 (inheritance) 是类之间很重要的关系，在 UML 中又称其为泛化 (generalization) 关系，以空心箭头表示派生类指向基类。在 DOT 语言中，可以设置边的箭头形状，不过要注意，通常我们会把基类放在上面，因此我通常会这样设置：

```
digraph {  
    node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
```

```
Animal, Mammal, Reptile, Dog, Cat, Snake
```

```
/* inheritance */  
{  
  edge [arrowtail=onormal, dir=back]  
  
  Animal -> { Mammal, Reptile }  
  Mammal -> { Dog, Cat }  
  Reptile -> Snake  
}  
}
```



2.2 关联

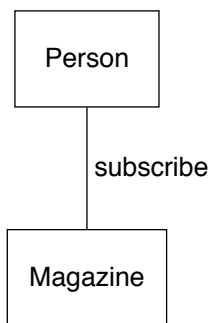
UML 中的关联 (association) 描述两个类的关系，以类之间的实线表示。例如人和杂志的关系是订阅：

```
digraph {  
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]  
  
  Person, Magazine
```

```

/* Association */
{
    edge [dir=none]
    Person -> Magazine [label=" subscribe"]
}
}

```



我们经常会表示关联之间的多重性 (multiplicity)，例如 `Person` 类的实例最多可订阅 5 本杂志，而每本杂志可被任意数目的人订阅：

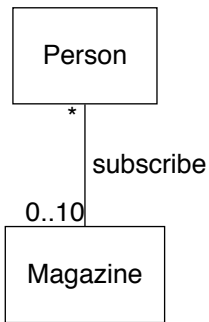
```

digraph {
    node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
    edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

    Person, Magazine

    /* Association with multiplicity */
    {
        edge [dir=none]
        Person -> Magazine [label=" subscribe", headlabel="0..10", taillabel="* "]
    }
}

```



注意，上面的例子在 `label`、`headlabel`、`taillabel` 加入空格避免它们太贴近连线（这不完美）。

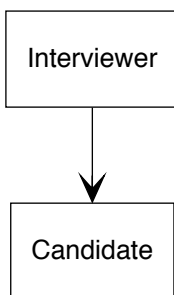
关联可以是单向或双向的，以线形箭头表示，无箭头也表示双向关联。以下展示单向关联，面试官知道他对应的候选人，但候选人不知道面试官：

```

digraph {
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
  edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

  Interviewer, Candidate

  /* Unidirection association */
  {
    Interviewer -> Candidate [arrowhead=vee]
  }
}
  
```



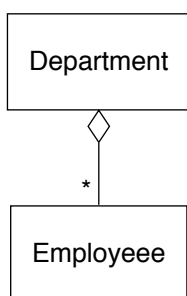
2.3 聚合

聚合 (aggregation) 是一种特殊的关系, 是一种弱的包含关系, 包含方以空心菱形表示。例如, 一个部门含有一些员工 :

```
digraph {
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
  edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

  Department, Employeee

  /* Aggregation */
  {
    edge [dir=back, arrowtail=odiamond, headlabel="* "]
    Department -> Employeee
  }
}
```



2.4 组成

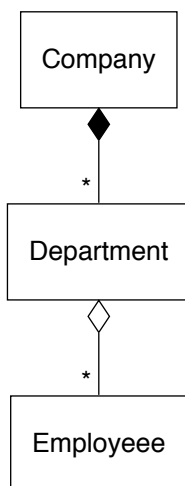
组成 (composition) 是更强的包含关系, 说明一个类的实例是另一个类的组成部分, 它们有一致的生命周期, 组成方以实心菱形表示。例如, 一家公司由多个部门组成, 若果公司结业, 部门也不存在了 :

```
digraph {
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
  edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
```

Company, Department, Employeee

```
/* Composition */
{
  edge [dir=back, arrowtail=diamond, headlabel="* "]
  Company -> Department
}

/* Aggregation */
{
  edge [dir=back, arrowtail=odiamond, headlabel="* "]
  Department -> Employeee
}
}
```



2.5 依赖

依赖 (dependency) 关系说明一个类会使用到另一个类，例如表示以一个类作为成员方法的参数或返回值。UML 中采用线形箭头和虚线表示。以下的例子表示工厂创建产品，常见于各种工厂模式，工厂不拥有产品。

```
digraph {
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
```

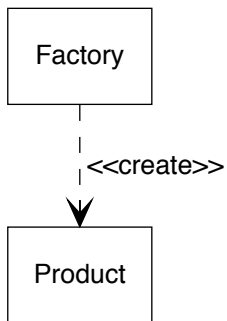
```

edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

Factory, Product

/* Dependency */
{
    edge [arrowhead=vee, style=dashed]
    Factory -> Product [label=" <<create>>"]
}
}

```



2.6 类成员

类除了名字，也可以展示其成员。成员包括属性（attribute）和方法（method）。

每个成员的可见性（visibility）以一个前置符号表示：

1. + 公有（public）
2. - 私有（private）
3. # 保护（protected）
4. ~ 包（package）

如果成员为静态（static）的，则加下划线。

属性的格式为：

```
<visibility> <attribute name> : <type>
```

方法的格式为：

<visibility> <method name> (<param1 name> : <param1 type>, ...) : <return type>

Graphviz 可使用 record shape 或 HTML table 来分隔类名字、属性和方法, 例如以下的 C++ 类 :

```
class Account {
public:
    void Deposit(int amount);
    void Withdraw(int amount);
    int GetAmount();
protected:
    int balance;
private:
    string owner;
};
```

用 record shape 的话可写作 :

```
digraph {
    node [shape=record, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

    Account [label="{
Account
/
# balance : int|l
- owner : string|l
/
+ Deposit(amount : int)|l
+ Withdraw(amount : int)|l
+ GetBalance() : int|l
}"]
}
```

| |
|---|
| Account |
| # balance : int - owner : string |
| + Deposit(amount : int) + Withdraw(amount : int) + GetBalance() : int |

当中, \l 是代表该行向左对齐并换行。

如需更多控制, 则可使用 HTML table, 但就会更冗长 :

```
digraph {
    node [shape=plaintext, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

    Account [label=<
<table border="0" cellpadding="1" cellspacing="0">
<tr><td align="left" valign="top">
# balance : int<br/>
- owner : string<br/>
</td></tr>
<tr><td>Account</td></tr>
<tr><td align="left" valign="top">
+ Deposit(amount : int)<br/>
+ Withdraw(amount : int)<br/>
+ GetBalance() : int<br/>
</td></tr>
</table>
>]
}
```

使用 HTML table 可加入 <u></u> (下划线)、<i></i> (斜体) 等字体控制, 但只是一些渲染器中有效。如需表示静态或抽象, 可利用 stereotype <<abstract>>、<<static>> 等说明。

再重申一次, 类图不必要展示所有细节, 可按想表达的意思仅加入部分成员, 每个方法也可忽略一些参数细节。

2.7 包

在比较大的系统里，类通常会用包（package）的方式来组织。Graphviz 不能简单还原 UML 包的图形，但可以使用 subgraph cluster 功能去近似地表示类属于那个包。

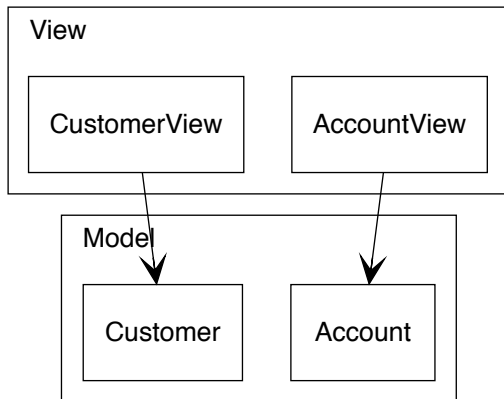
例如：

```
digraph {
  graph [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5,
        labeljust=left]
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]
  edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

  subgraph clusterView {
    label="View"
    AccountView, CustomerView
  }

  subgraph clusterModel {
    label="Model"
    Account, Customer
  }

  /* Unidirectional association */
  {
    edge [arrowhead=vee]
    AccountView -> Account
    CustomerView -> Customer
  }
}
```



注意，`subgraph` 的名字必须以 `cluster` 为前缀。

2.8 排布技巧

自动排布固然很方便，但有时候我们想做出一些修改。例如，`dot` 描述的是有向图，从来源节点指向目标节点时，目标节点就会成为下一级，预设设置下，节点会垂直排列，如以下例子：

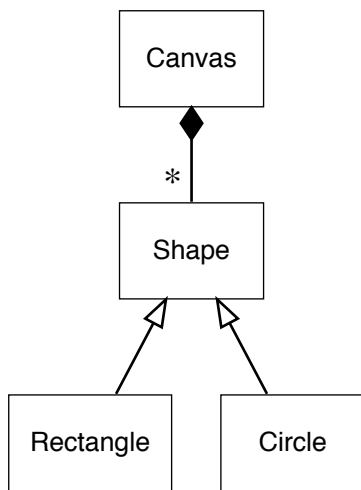
```

digraph {
    node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

    Canvas, Shape, Rectangle, Circle

    /* Inheritance */
    {
        edge [arrowtail=onormal, dir=back]
        Shape -> { Rectangle, Circle }
    }

    /* Composition */
    {
        edge [dir=back, arrowtail=diamond, headlabel="* "]
        Canvas -> Shape
    }
}
  
```



但有时候我们想作一些改动，例如继承沿用这种方式，但关联时则以水平。我们可以使用 `rank=same` 去设置一组节点为同一级，节点之间的距离可整体设置 `nodesep` 属性：

```

digraph {
  graph [nodesep=1]
  node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]

  {
    rank=same
    Canvas, Shape
  }

  Rectangle, Circle

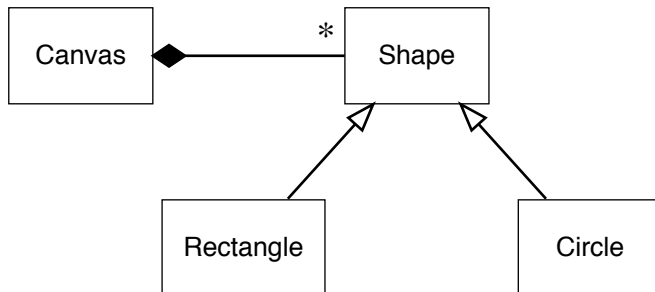
  /* inheritance */
  {
    edge [arrowtail=onormal, dir=back]
    Shape -> { Rectangle, Circle }
  }

  /* composition */
  {
    edge [dir=back, arrowtail=diamond, headlabel="* "]
    Canvas -> Shape
  }
}

```



```
}  
}
```

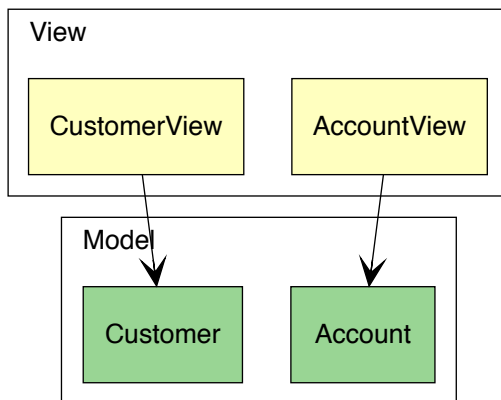


2.9 颜色

UML 图也不一定是黑白的。做软件设计时可以加入颜色去加入一些意思，例如不同包的类可设置为不同颜色。挑选颜色是一个头痛的问题，可以采用 Graphviz 的配色方案 (color scheme) 功能。例如用 `colorscheme=spectral7` 设置 7 个光谱色配色方案，然后我们可以用 `fillcolor=1` 至 7 去填充节点形状：

```
digraph {  
    graph [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5, labeljust=left]  
    node [shape=box, fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5,  
        style=filled, colorscheme=spectral7]  
    edge [fontname="Inconsolata, Consolas", fontsize=10, penwidth=0.5]  
  
    subgraph clusterView {  
        label="View"  
        node [fillcolor=4]  
        AccountView, CustomerView  
    }  
  
    subgraph clusterModel {  
        label="Model"  
        node [fillcolor=6]  
        Account, Customer  
    }  
}
```

```
/* Unidirectional association */  
{  
  edge [arrowhead=vee]  
  AccountView -> Account  
  CustomerView -> Customer  
}  
}
```



Chapter 3

状态图

T.B.W.

Chapter 4

参考

1. Koutsofios, Eleftherios, and Stephen C. North. “Drawing graphs with dot.” (1996).
2. [Node, Edge and Graph Attributes](#)
3. [Node Shapes](#)
4. [Arrow Shapes](#)