摘要

論文名稱：一個基於RESTful API的網頁應用程式資料遷移方法:以ezScrum為例

頁數：頁

校所別：國立臺北科技大學 資訊工程 研究所

畢業時間：一百零六學年度 第二學期

學位：碩士

研究生：劉彥麟

指導教授：鄭有進教授、謝金雲教授

關鍵詞：oooooo、xxxxx、

Robusta 為一個以Java開發的開源專案，是一個靜態程式碼分析工具，主要的功能是用來協助開發人員偵測出其Java程式中潛藏的例外處理壞味道，來幫助開發者找出程式中的例外處理壞味道。

本論文中，延續陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的研究，利用AspectJ可以讓Robusta在不更動原始碼的狀況下，在特定的程式碼中嵌入例外，藉由嵌入例外來呈現壞味道帶來的影響，本論文增加了Empty Catch Block、Unprotected Main Program、Careless Cleanup、Exception Thrown From Finally Block等壞味道與對應的AspectJ程式碼，及透過Robusta產生測試案例的方式來呈現因壞味道而導致的bugs，並上述產生AspectJ、測試案例的部分實作在Robusta中，最後案例分析將會對JfreeChart、Tomighty進行呈現壞味道對於軟體的影響。

實驗結果顯示，在上述提到的開源專案中，Robusta針對壞味道特性產生的AspectJ程式碼，當嵌入例外的程式碼時，可以呈現壞味道對於程式帶來的影響，我們便能向開發者證明壞味道本身潛藏著降低軟體品質的風險，這樣的程式碼應當被注意及重視。

# 第一章 緒論

* 1. **研究背景與動機**

本論文根據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文為研究背景，其論文指出目前北科大軟體系統實驗室，正在開發一個靜態分析工具Robusta，它能分析出程式碼中的例外處理壞味道，幫助開發者在開發Java程式時，提升其品質及具備更好的強健度，因此如果在分析之後，分析出很多壞味道，如果不能證明這些壞味道是問題，開發者可能也不會正視例外處理壞味道所帶來的影響，因此，陳友倫提出了***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的方法，來呈現例壞處理壞味道的方法。

跟據其研究，Aspect雖然可以允許開發者在不修改原始碼的狀況下，透過Aspect的特性，對程式嵌入例外，使其強制暴露出例外處理壞味道帶來的影響，但開發人員若是對Aspect語言特性不熟悉的話，需要額外花費更多程本來學習此語言。

若Robusta所定義的例外處理壞味道，都可以產生其對應揭露例外的方法，讓開發者可以藉由強制丟出例外的過程，看到因為例外處理壞味道而對程式的影響。除此之外，將其實作在Robusta上使其自動的產生Aspect程式碼，對於開發者來說學習Aspect的門檻將大幅降低，也提升了Robusta的價值。

**1.2** **研究目標**

本論文的目標將接續陳友倫針對Dummy Handler產生對應Aspect提出的做法，將剩餘的壞味道設計出其Aspect的嵌入壞味道的方法，並將其實作在Robusta上，讓Robusta定義的壞味道都能藉由自動產生的Aspect程式呈現對於程式的影響，讓開發人員正視例外處理壞味道所帶來的影響，對開發人員在撰寫例外處理程式時更有幫助。

**1.3 論文組織架構**

本論文分為五個章節，第一章節說明本論文的研究動機。第二章為本論文知識背景說明。第三章會說明本論文跟據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的研究，增加AspectJ對不同壞味道揭露例外的方法加以實現及設計。第四章則是依據開源Java專案，呈現實作後的功能操作及暴露壞味道後對程式帶來的影響。第五章則是本論文的結論及未來可改善及研究的方向。

# 第二章 背景知識與相關研究

* 1. 例外處理壞味道
     1. Empty Catch Block

定義:

「Empty Catch Block」此壞味道意旨當程式發生例外並捕捉例外後並忽略此理外。

影響:

此壞味道的例外處理機制方式為不處理，此作法會隱藏潛在問題，會使開發者往後若遇到例外狀況發生，增加除錯的困難度。

範例:  
如下圖1所式，第9行writeFile函式會創立一個新檔案接著把資料寫入該檔案中。第12行的new FileWriter(“k:\\test.txt”) 有機會發生IOException。若程式執行到第12行時發生IOException，此例外將會被第16行的Catch Block接住，但Catch Block 並未對其做處理，最終此壞味道將被忽略導致開發人員除錯困難度將會提升。



圖1 Empty Catch Block 壞味道範例

* + 1. Dummy Handler

定義:

「Dummy Handler」當程式發生例外並捕捉例外後，處理方式只印出或紀錄例外訊息，而沒有實質做處理，而如果在印出或紀錄壞味道的同時，也有將其例外丟出，則不算是壞味道。  
影響:

此壞味道的例外處理機制方式為印出或紀錄例外，其效果也幾乎等同忽略例外，在程式執行時，開發者和使用者很難觀察到這些訊息。

範例

如下圖2所示，第12行 writeFile函式會創立一個新檔案接著把資料寫入該檔案中。根據Java 的官方 API文件說明，第12行的new FileWriter(“k:\\test.txt”) 有可能會發生IOException。若程式執行到第12行時發生IOException，此例外將會被第16行的Catch Block接住，但Catch Block 僅記錄錯誤訊息。



圖2 Dummy Handler 壞味道範例

* + 1. Nested Try Statement

定義:

「Nested Try Statement」此壞味道的意旨在程式碼中存在著巢狀的Try Block。

影響:

對開發者來說，此壞味道複雜的結構將會影響程式碼的可讀性、測試性以及維護性。

範例：如下圖3所示，在第17行的Finally Block 會進行資源釋放的工作，然而很多關閉資原的函數都會丟出例外，用來代表釋放資源失敗。因此在Finally Block中很容易發生巢狀 try statement 的情況，使得程式碼結構變得複雜及難以維護。



圖3 Nested Try Statement 壞味道範例

* + 1. Unprotected Main Program

定義:  
「Unprotected Main Program」此壞味道的意旨在程式碼中，主程式或執行緒沒有捕捉由下傳遞至自己身上的例外。

影響:  
當程式執行時發生例外，主程式或執行緒沒有捕捉由下傳遞至自己身上的例外，則主程式或執行緒會不預期的終止或產生錯誤。

範例:如下圖4所示



圖4 Unprotected Main Program 壞味道範例

* + 1. Careless Cleanup

定義:

「Careless Cleanup」此壞味道的意旨在釋放資源前，發生例外導致資源無法被正常釋放。

影響

此壞味道因為在釋放資源之前發生例外導致資源無法正常被釋放或關閉，將導致資源耗盡並降低系統穩定度。

範例:

如下圖5所示，此writeFile函式會創立一個新檔案接著把資料寫入該檔案中，並釋放資源。根據Java 的官方 API文件說明，此函示在第14行 FileWriter函示、第15行 write、第16行flush均會丟出IOException，這些例外若發生在第17行釋放資源之前將會導致此close沒有被執行，導致資源持續被占用無法釋放。



圖5 Careless Cleanup壞味道範例

* + 1. Exception Thrown From Finally Block

定義:

「Exception Thrown From Finally Block」， 此壞味道的特徵是在Finally Block中發生例外且此例外也被往外丟。

影響:  
此壞味道發生例外時，在 Finally Block 發生的例外會覆蓋 Try Block 或 Catch Block 所發生的例外，覆蓋的例外處理訊息會誤導程式人員，難以得知該例外是由哪一個block所造成。

範例:

如下圖6所示，此writeFile函式會創立一個新檔案接著把資料寫入該檔案中，並釋放資源。根據Java 的官方 API文件說明，此函示在第14行 FileWriter函示、第15行 write、第16行flush均會丟出IOException，此例外會被17行的Catch Block接住並往caller回傳此例外，但是再回傳之前會先進入19行的Finally Block，若此時21行的close函示也發生例外，此例外將會被22行的Catch Block接住並在23行將此例外往外丟，此時這個丟出去的例外將會把19行的例外覆蓋，導致開發者無從得知例外完整的例外狀況。



圖6 Exception Thrwon From Finallt Block壞味道範例

2.2 Robusta

Robusta 為一個以Java開發的開源專案，是一個靜態程式碼分析工具，主要的功能是用來協助開發人員偵測出其Java程式中潛藏的例外處理壞味道，來幫助開發者找出程式中的例外處理壞味道。只要在eclipse 中的marketplace 正確安裝Robusta，就能使其偵測目前已定義的六種例外處理壞味道，分別為Empty Catch Block、Dummy handler 、Nested Try statement、Unprotected Main Program、Careless cleanup，除此之外還可以藉由產生報表的方式，迅速的定位出例外處理壞味道的位置以及壞味道的數量，降低人工檢查大量程式碼的成本。

2.3 AspectJ

AspectJ 是一種基於Java實做AOP(Aspect-Oriented Programming)的程式語言，開發人員可以在不改動原有的程式碼下，額外增加原始碼的行為或改變狀態，再透過 before、after、around 決定要嵌入程式的時機。

將設計完的AspectJ程式與原始碼一起編譯並執行後，當程式執行到被鎖定的函式時，就會在特定的時機觸發AspectJ 嵌入程式碼。本研究將會以AspectJ搭配測試暴露例外處理壞味造成的影響。

# 第三章 研究方法

根據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文，該論文利用利用AspectJ的特性，在不更動原有程式碼下，在特定的程式碼中嵌入發生例外的程式碼，強制使其產生例外狀況，進而呈現壞味道對於軟體的影響。其研究結果發現，利用Robusta產生的AspectJ程式碼可以讓例外處理壞味道對於軟體的影響被暴露出來。

本論文將從陳友倫的研究為基礎，將其提出的方法應用於Robusta定義的壞味道中，讓所有的壞味道都能產生對應的AspectJ程式碼，藉由AspectJ在特定程式碼的位置嵌入例外藉此呈現出因例外處理壞味道所造成的影響。

3.1暴露壞味道分析

3.1.1不同壞味道暴露其例外的方式

下表為 Robusta 目前定義的壞味道以及對應的壞味道定義，此章節將針對定義的壞味道逐一設計其暴露例外的方式，藉此呈現出壞味道對系統的影響。

表1例外處理壞位道種類及定義

|  |  |
| --- | --- |
| 壞味道種類 | 壞味道定義 |
| Dummy Handler | 當程式發生例外並捕捉例外後，處理方式只印出或紀錄例外訊息，而沒有實質做處理 |
| Empty Catch Block | 程式發生例外並捕捉例外後，沒有對此例外進行處理，亦即Catch Block 內為空的 |
| Exception Thrown From Finally Block | 此壞味道的特徵是在Finally Block中發生例外且此例外也被往外丟 |
| Careless cleanup | 此壞味道的意旨在釋放資源前，發生例外導致資源無法被正常釋放 |
| Unprotected Main Program | 此壞味道的意旨在程式碼中，主程式中的程式碼並沒有被Try Block 包覆起來入例外的類別。 |

**Dummy Handler:**

「Dummy Handler」壞味道為當程式發生例外並捕捉例外後，處理方式只印出或紀錄例外訊息，而沒有實質做處理。

若要讓壞味道對於軟體的影響現行(圖7 第14~16行為Dummy Handle壞味道)。首先，須先鎖定該壞味道的Catch Block，並依據Catch Block 捕捉的例外做為要強制拋出例外的類別，以下圖7中的第14行所示，此壞味道的Catch Block 接取的例外類別為 IOException，因此我們將用此例外類做為嵌入的例外類型。

下一步，將回到Try Block中尋訪所有的Method Invocation，並鎖定最先執行且與嵌入例外為相同類型的Method Invocation(fw.write())，將fw.write()視為即將丟出例外的點並嵌入IOException，因此當程式執行到fw.write()時便會丟出例外，被捕捉到的例外，處理方式為e.printStaceTrace()，只有做系統印出的動作，藉由這種方式就可以將Dummy Handler這個壞味道所帶來的影響給揭露出來。



圖7 Dummy Handler 例外嵌入範例

**Class diagram:**

在 Dummy Handler class diagram的設計上，AddAspectMarkerResolution是繼承自eclipse plugin的IMarkerResolution而來，如下圖8，繼承之後允許實作開發者在按下eclipse 提示選單後流程，而visitor主要是負責蒐集組成AspectJ的素材供AddAspectMarkerResolution建立檔案使用。

表2

|  |  |
| --- | --- |
| 類別名稱 | 類別用途 |
| AddAspectMarkerResoluationForDummyHandler | 根據Visitor所蒐集到的資料  ，建立AspectJ程式碼 |
| FindAllTryStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋程式碼中的所有try block |
| FindAllMethodInvovationVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋try block與catch捕捉的相同例外類型的methodInvocation |
| FindExpressionObjectOfMethodInvocationVisitor |  |
| FindThrowSpecificExceptionStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋try block與catch捕捉的相同例外類型的methodInvocation |

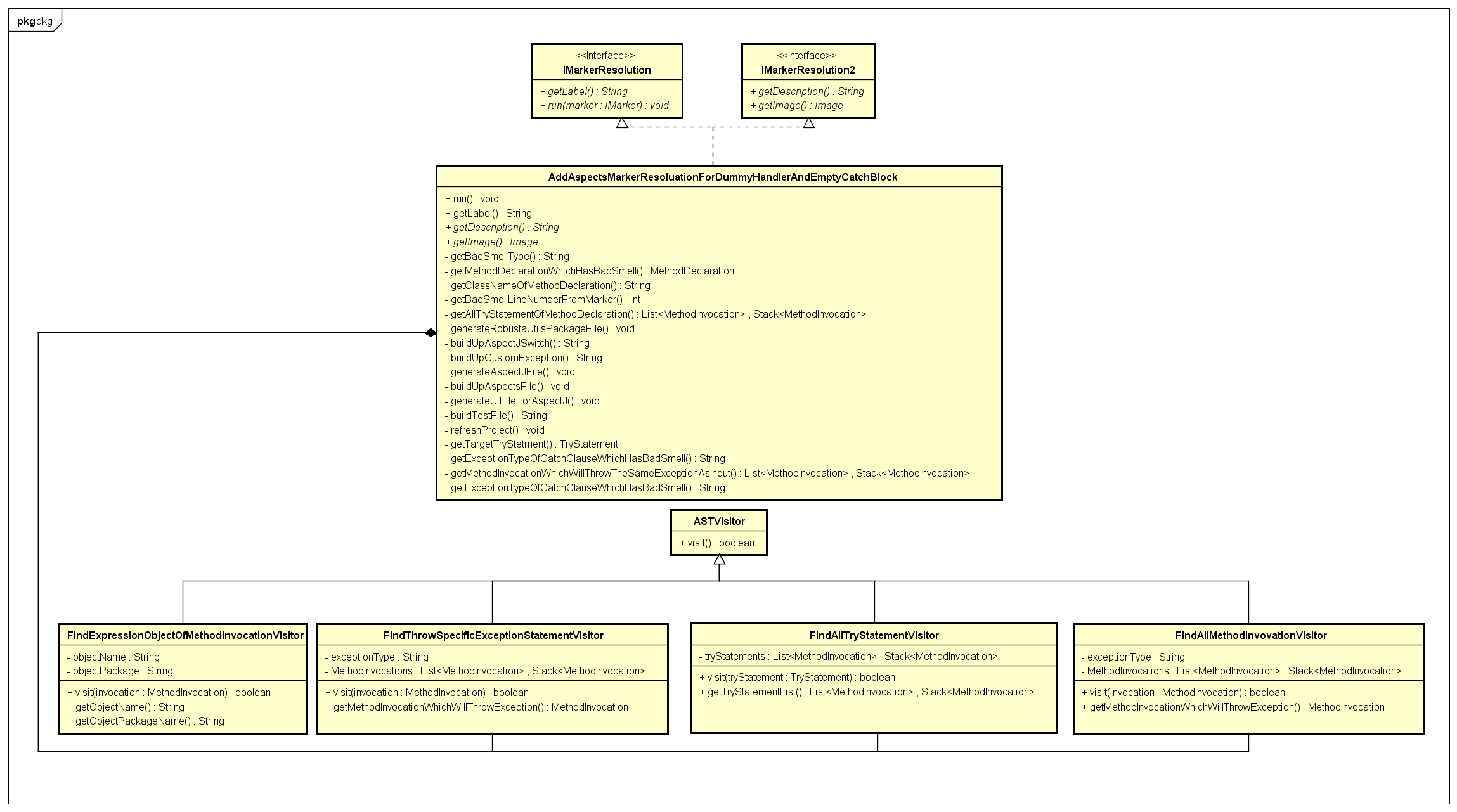
****

圖8 Dummy Handler 類別圖

**Empty Catch Block**

「Empty Catch Block」壞味道意旨當程式發生例外並捕捉例此例外進行處理，亦即 Catch Block 內為空的，進而隱藏潛在問題。  
 若要讓此壞味道對於軟體的影響現行(圖9 第14~15行為Empty Catch Block壞味道)，須先鎖定該壞味道的Catch Block，並依據Catch Block 接取的例外做為要強制拋出例外的類別，以下圖9為例，此壞味道的Catch Block接取的例外類別為 IOException，因此我們將用此例外類做為嵌入的例外類型。

下一步，將回到Try Block中尋訪所有的Method Invocation，並鎖定最先執行與嵌入例外為相同類型的Method Invocation(fw.write())，並將fw.write()視為即將丟出例外的點並嵌入IOException，因此當程式執行到fw.write()時便會丟出例外，被捕捉到的例外，處理方式為不處理，藉由這種方式就可以將Empty Catch Block這個壞味道所帶來的影響給揭露出來。



圖9 Empty catch block例外嵌入範例

**Class diagram:**

在AddAspectMarkerResoluationForEmptyCatch、visitor的設計上，因該壞味道語Dummy Handler相似，如下圖10所示，所以該壞味道的class diagram與 Dummy Handler相同。

表3

|  |  |
| --- | --- |
| 類別名稱 | 類別用途 |
| AddAspectMarkerResoluationForEmptyCatch | 根據Visitor所蒐集到的資料  ，建立AspectJ程式碼 |
| FindAllTryStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋程式碼中的所有try block |
| FindAllMethodInvovationVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋try block與catch捕捉的相同例外類型的methodInvocation |
| FindExpressionObjectOfMethodInvocationVisitor |  |
| FindThrowSpecificExceptionStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋try block與catch捕捉的相同例外類型的methodInvocation |

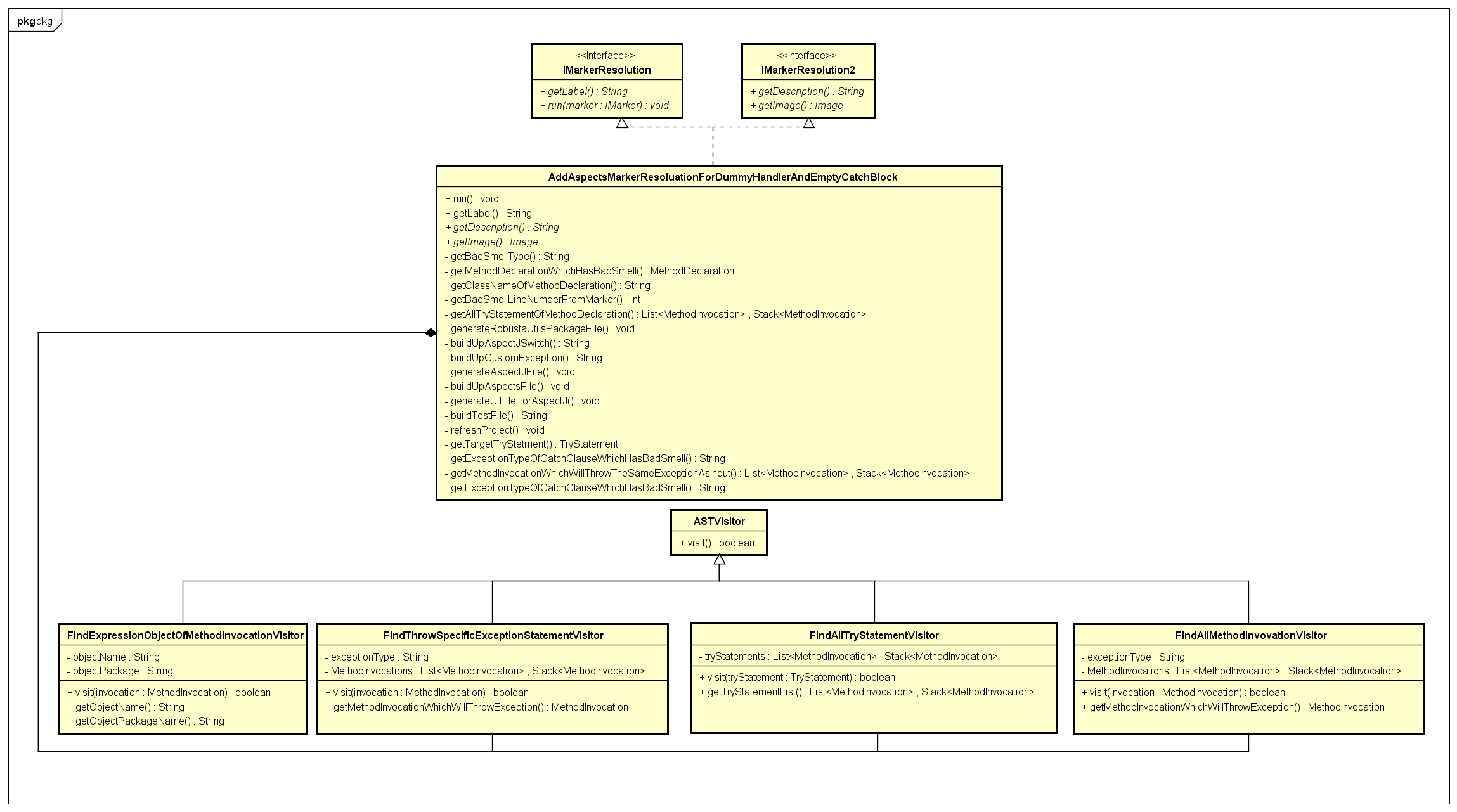
****

圖10 AddAspectMarkerResoluationForEmptyCatch、Visotor類別圖

**Exception Thrown From Finally Block:**

「Exception thrown From Finally Block」壞味道意旨當在Finally Block中發生例外且此例外也被往外丟，因此在 Finally Block 發生的例外會覆蓋 Try Block 或 Catch Block 所發生的例外，覆蓋的例外處理訊息會誤導程式人員，難以得知該例外是由哪一個Block所造成。

若要讓此壞味道對於軟體的影響現行(圖11第27行為Exception Thrown From Finally Block壞味道)。為了要呈現這個壞味道帶來的影響，我們需要製造兩個例外，這樣才可以重現出這個壞味道帶來的影響，首先須先鎖定該壞味道的Finally Block，找尋在Finally Block第一個會丟出例外的Method Invocation(fw.close())，如下圖11所示，並將fw.close()視為即將丟出例外的點並對其嵌入IOException，如此一來我們就可以重現從Finally Block 丟出例外的狀況了。

下一步需要找尋Try Block第一個會丟出例外的Method Invocation(fw.write())，下圖11所示，將fw.write()視為即將丟出例外的點並對其嵌入例外，以上步驟都完成後我們就可以嵌入兩個例外，因此當程式執行到fw.write()時便會丟出例外，被捕捉的例外將會將其例外往外拋出，但程式繼續執行到Finally Block中的fw.close()也會丟出例外，因此經由Finally Block丟出的例外便會覆蓋Catch Block丟出例外的現象，藉由這種方式將Exception Thrown From Finally Block這個壞味道所帶來的影響給暴露出來。



圖11 Exception Thrown From Finally Block例外嵌入範例

**Class diagram**

在 Exception Thrown From Finally Block的設計上，

AddAspectMarkerResolution是繼承自eclipse plugin的IMarkerResolution而來，如下圖12，繼承之後允許實作開發者在按下eclipse 提示選單後流程，而visitor主要是負責蒐集組成ApectJ的素材供AddAspectMarkerResolution建立檔案使用。

表4

|  |  |
| --- | --- |
| 類別名稱 | 類別用途 |
| AddAspectMarkerResoluationForDummyHandler | 根據Visitor所蒐集到的資料  ，建立AspectJ程式碼 |
| FindAllTryStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋程式碼中的所有try block |
| MethodInvocationCollectorVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋try block與catch捕捉的相同例外類型的methodInvocation |

****

圖12 AddAspectMarkerResoluationForThrownFromFinally、Visotor類別圖

**Careless Cleanup:**

「Careless Cleanup」此壞味道的意旨在釋放資源前，發生例外導致資源無法被正常釋放。  
 若要讓此壞味道對於軟體的影響現行(圖13 第177~178行為 Careless cleanup壞味道)。為了要呈現這個壞味道帶來的影響，需要再釋放資源的Method Invocation(writer.write())前嵌入例外，在釋放資源之前若發生例外，則在此Try Block內的釋放 Method Invocation(ios.close())則不會被執行，讓資源無法正常被釋放，這樣才可以重現出這個壞味道帶來的影響。首先我們將鎖定該壞味道的 Try Block，並找尋此Try Block 內的釋放資源Method Invocation，以此點做為起點，往使用資源的物件宣告點尋找，找出離釋放資源Method Invocation最遠且有可能發生例外的Method Invocation視為即將丟出例外的點並對其嵌入例外，並運用此方式將 Careless Cleanup這個壞味道所帶來的影響給暴露出來。



圖13 Careless Cleanup例外嵌入範例

**Class diagram**

在 Careless Cleanup的設計上，AddAspectMarkerResolution是繼承自eclipse plugin的IMarkerResolution而來，如下圖12，繼承之後允許實作開發者在按下eclipse 提示選單後流程，而visitor主要是負責蒐集組成aspectJ的素材供AddAspectMarkerResolution建立檔案使用。

表5

|  |  |
| --- | --- |
| 類別名稱 | 類別用途 |
| AddAspectMarkerResoluationForDummyHandler | 根據Visitor所蒐集到的資料  ，建立AspectJ程式碼 |
| FindAllTryStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋程式碼中的所有try block |
| FindInvocationCollectorVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋try block與catch捕捉的相同例外類型的methodInvocation |

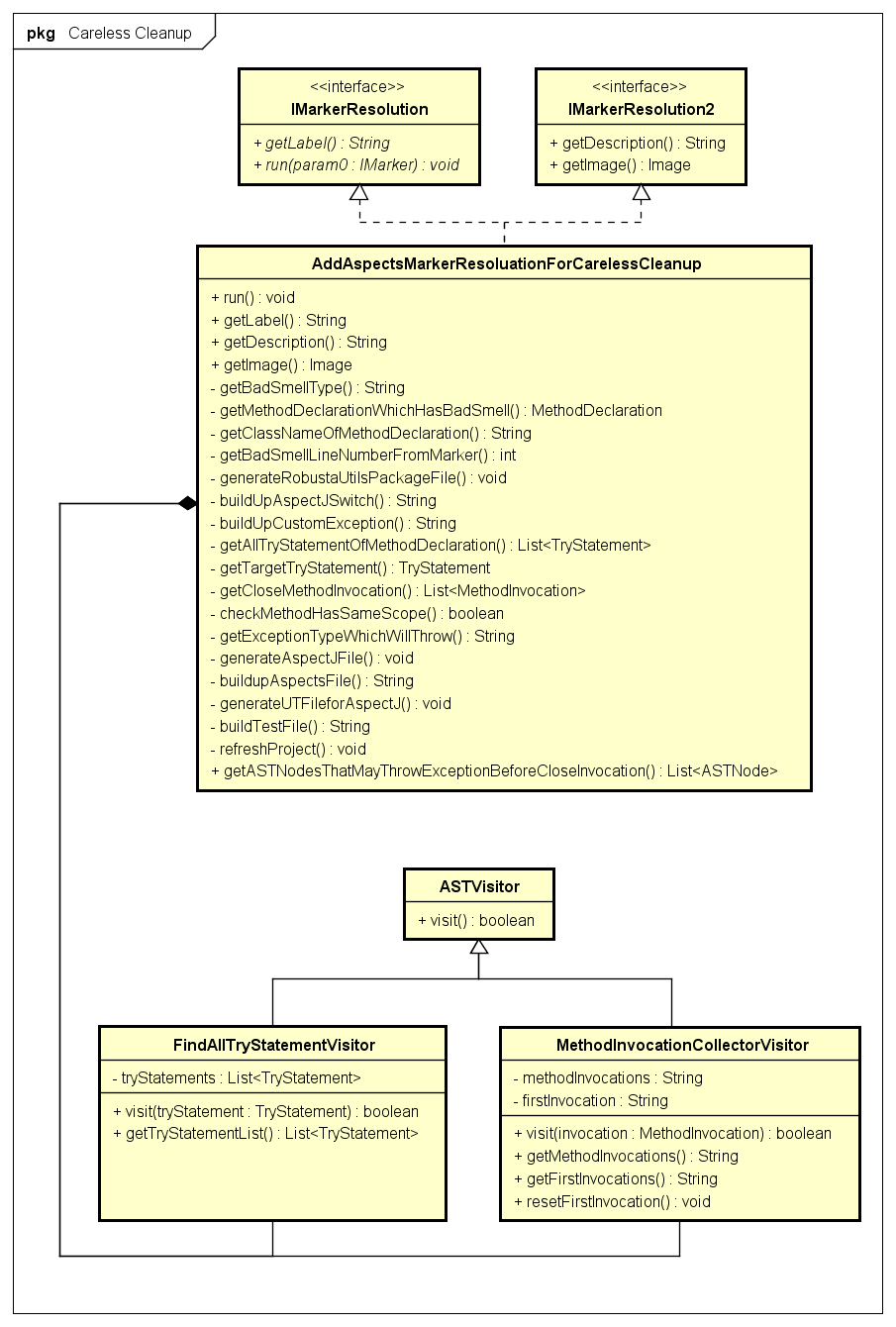
****

圖12 AddAspectMarkerResoluationForCarelessCleanup、Visotor類別圖

**Unprotected Main Program:**

「Unprotected Main Program」此壞味道的意旨在程式碼中，主程式或執行緒由下傳遞至身上的例外，因此當未被捕捉的例外往上傳遞，最終傳到主程式或執行緒而導致程式不預期的終止執行。

若要讓此壞味道對於軟體的影響現行(圖13第9~11行為Unprotected Main Program壞味道)。首先將以main function中第一個Method Invocation(UIManger.setLookAndFeel())視為即將丟出例外的點並對其嵌入例外，為了呈現這個壞味道帶來的影響，我們採用的作法為不管Method Invocation是否會發生例外，直接指定嵌入的例外為RunTimeException，因此當程式執行到UIManager.setLookAndFeel()，便會丟出runntimeException，而該程式並沒有用try catch將其包覆住，因此並運用此方式將 Unprotected Main Program這個壞味道所帶來的影響給暴露出來。



圖13 Unprotected Main Program例外嵌入範例

**Class diagram**

在 Careless Cleanup的設計上，AddAspectMarkerResolution是繼承自eclipse plugin的IMarkerResolution而來，如下圖14，繼承之後允許實作開發者在按下eclipse 提示選單後流程，而visitor主要是負責蒐集組成aspectJ的素材供AddAspectMarkerResolution建立檔案使用。

表6

|  |  |
| --- | --- |
| 類別名稱 | 類別用途 |
| AddAspectMarkerResoluationForDummyHandler | 根據Visitor所蒐集到的資料  ，建立AspectJ程式碼 |
| FindAllTryStatementVisitor | 利用visitor的尋訪，找尋程式碼中的所有try block |
| FindAllMethodInvovationVisitor | 利用visitor的尋訪，methodInvocation，將所有的methodInovcation收集起來。 |

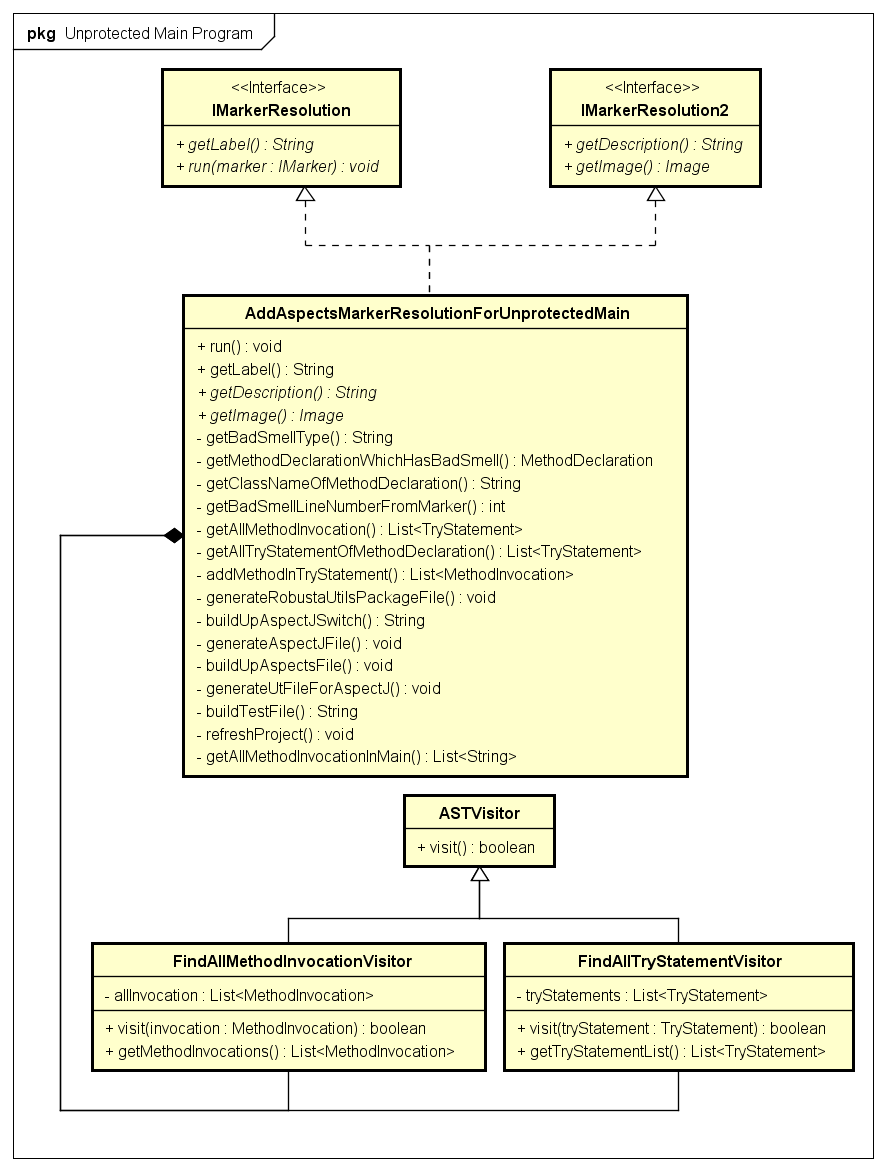
****

圖14 AddAspectMarkerResoluationForUnprotectedMainProgram、Visotor類別圖

3.1.2 一般壞味道呈現方式

根據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷*** 的研究，在尚未使用AspectJ來暴露例外之前，若想要在執行階段讓例外發生，如下圖15，為了暴露出壞味道帶來的影響，必須強制寫入會丟出例外的函式，但強制寫入會丟出例外的函式後，接續的程式碼編譯器則會跳出unreachable code 提醒使用者該行程式碼因為被強制丟出例外的關係，所以將不會被執行且無法編譯。

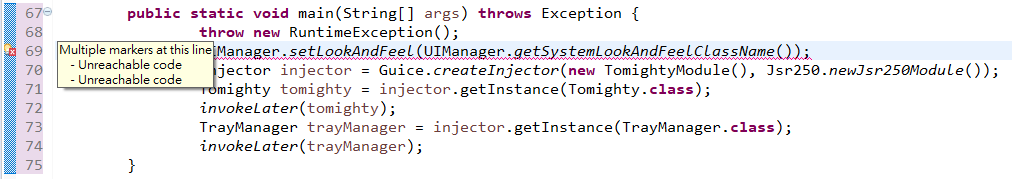


圖15 強制丟出例外程式撰寫的方式造成IDE提醒錯誤

如圖15所示，程式以經無法正常被執行，若要讓程式可以正常被執行，以圖16為例，需要將強制寫入例外的程式碼下方的程式用註解的方式註解掉。

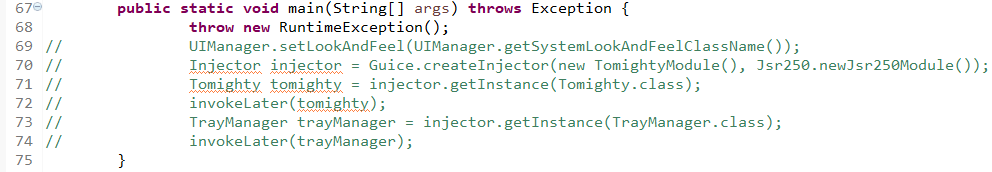


圖16 強制丟出例外而將其他程式碼註解撰寫的方式

為了讓程式碼可以回到尚未揭露例外之前的結構，如圖17，需要把強制的例外程式移除並把註解的部分拿掉，如此一來才可以回到原有的功能才能正常被執行。

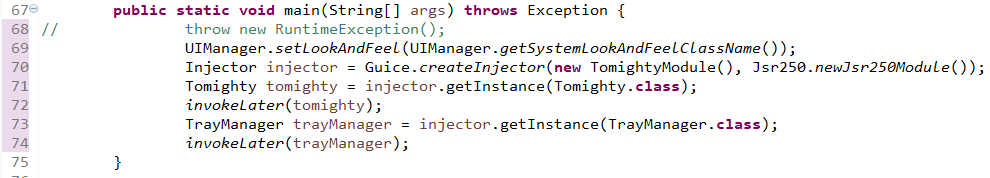


圖17註解強制丟出例外程式部分其餘程式碼恢復正常

**3.2利用AspectJ呈現壞味道的方法**

到目前為止，我們知道程式碼中若有壞味道存在時，通常就是程式有bug存在的表徵。這些潛伏於例外處理中的不正確程式碼，經常不容易在測試的時候被發現，因為例外處理行為往往正是被理解的最少且測試程度最為不足的部分。

為了讓例外處理壞味道的影響可以呈現，根據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文研究，該論文以AspectJ來強制嵌入例外，進而揭露出壞味道對於軟體的影響。本論文基於陳友倫的研究，將原有只針對Dummy Handler壞味道的AspectJ程式碼實作，增加其他四種壞味道AspectJ實作及設計，分別為: Empty Catch Block、Unprotected Main Program、Careless cleanup、

Exception Thrown From Finally Block。

3.2.1AspectJ觸發時機

根據AspectJ的特性，若AspectJ程式碼符合語法規則且指定將嵌入程式碼的對象、時機、作用範圍，就可以達到嵌入程式碼的動作。當指定的Method Invocation被執行時，AspectJ程式碼就會被啟動並達到嵌入程式碼的動作，本論文的啟用時機以陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文實作改善及調整。

陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文實作部分，觸發嵌入例外的時機為指定的Method Invocation被執行時，AspectJ程式碼就會被啟動並達到嵌入程式碼的動作，但這樣的啟動時機點會造成不管任何情況下都會嵌入程式碼並丟出例外，會導致正常的程式碼無法啟動，所以需要在AspectJ的程式碼中而外加入一個switch的開關來手動控制例外是否要被丟出。  
 本論文根據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文實作，將其觸發時機限定於執行測試時自動啟動，就不需要手動去調整該壞味道是否否要觸發AspectJ來嵌入例外。

3.3驗證AspectJ程式碼功能

當我們按照以上的收及步驟把AspectJ的素材收集完成後，接下來要來驗證我們的AspectJ是否可以運作並幫我們把例外做嵌入的動作，有兩個步驟可以幫我們達到，首先我們要前往eclipse market place 安裝 AspectJ Plugin，此plugin可以提供AspectJ的運行環境，如圖18所示，當安裝完畢之後，如果AspectJ的程式碼正確，第7行的before關鍵字的行數旁邊會出現AspectJ的標籤，除了AspectJ檔案之外，圖19原始碼中會依據組合出來的AspectJ的規則嵌入程式碼，該段被AspectJ嵌入的程式碼也會有AspectJ的標記，這兩個標記能夠證明產生出來的AspectJ與原始碼相呼應且規則相通，至於AspectJ是否符合我們預期的幫我們暴露出壞味道帶來的影響及丟出例外，接下來我們將利用測試啟動AspectJ嵌入例外重現因為例外處理壞味道所帶來的影響。

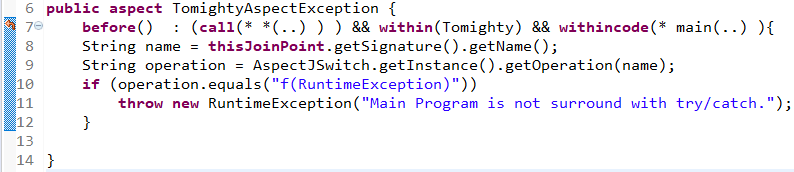
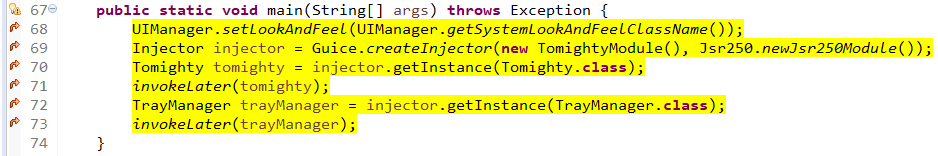


圖18 AspectJ 程式碼

 圖19 與AspectJ規則相符的程式碼

3.4利用測試案例來達到錯誤重現

本論文主要是利用AspectJ的技術在程式內的指定位置插入特定型態的例外，以激發程式的例外處理行為，並利用測試的方式來重現，以下會針對不同的壞味道來設計測試案例。

測試案例的設計會依照壞味道的特性來設計，組成測試案例的元素在上一個小節中，介紹如何用AspectJ揭露壞味道的影響的時候都蒐集完成了，接下來我們要依據收集到的素材來組成我們的測試。

**Dummy Handler & Empty Catch Block**

組成Dummy Handler和Empty Catch Block所需要的素材

1. 取得壞味道中，第一個會丟出例外的Method Invocation name、丟出例外的類型
2. 取得該Method Invocation 所在的 class 名稱，
3. 依據該Method Invocation的 method declaration的類別，判斷其類別是public、private、protected 來把這個物件給創建出來
4. 呼叫該物件指定的method declaration並讓其例外重現

錯誤重現並驗證

根據下圖的程式碼，若Dummy Handler、Empty Catch Block的壞味道沒有被消除，則表示該程式在遭遇例外狀況的時候，採取的方式只有印出錯誤訊息、忽略例外，則此測試案例因為程式碼沒有把例外拋出來，便會來到Assert Fail的地方，此方法可以還原出該測試案例的情境，並將錯誤還原出來，若將程式碼的壞味道消除後，則表示該程式在遭遇例外狀況的時候，根據Robusta建議方式，程式碼捕捉到例外後需將例外拋出去，所以該壞味道就被消除了，回到此單元測試可以看到若我們接收到我們利用AspectJ帶入例外的資訊，則表示該段程式碼有對Dummy Handler、Empty Catch Block做處理，因此測試案例就通過了。

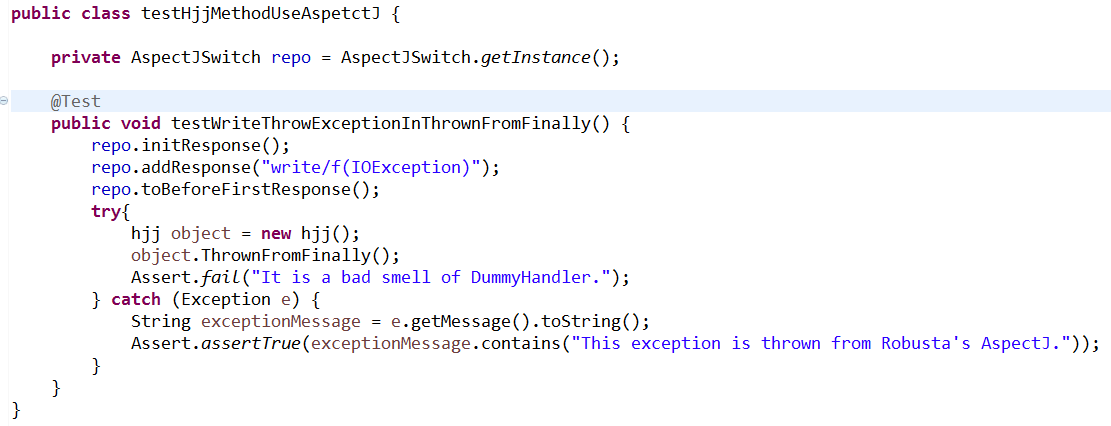


圖20

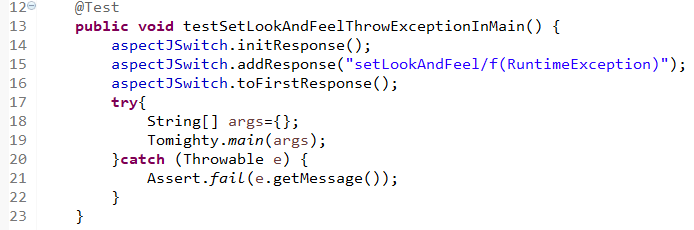
**Unprotected Main Program**

在Unprotected Main Program中

1. 取得壞味道中，第一個會丟出例外的Method Invocation name、丟出例外的類型
2. 取得該Method Invocation 所在的 class 名稱
3. 呼叫該物件指定的Method Declaration並讓其例外重現

錯誤重現並驗證

根據下圖的程式碼，若Unprotected Main Program的壞味道沒有被消除，則表示主程式未捕捉從下拋出例外到主程式的時候，則該程式會不預期的終止。  
 此測試案例會因為AspectJ在原始碼中，setLookAndFeel嵌入RuntimeExeption例外，若存在著壞味道，則例外會被拋出來，來到該測試Catch Block的地方，因此就會出現Assert Fail的狀況，我們也可以藉此來顯示出壞味道所帶來的影響，若此壞味道被消除後，儘管在Main Program中出現例外狀況，但是因為Main Program被Try Catch包起來，將其例外進行捕捉，因此就不會來到測試的catch block，根據我們設計的測試案例若程式有對其壞味道做處理，這個測試案例就通過了。



**圖21**

**Exception Thrown From Finally Block**

在Exception thrown from Finally Block中

1. 取得壞味道中，Try Block第一個會丟出例外的Method Invocation name、嵌入我們產生的例外類型名稱
2. Finally Block 中第一個會丟出例外的Method Invocation name、丟出例外的類型
3. 取得該Method Invocation 所在的 class 名稱，
4. 依據該Method Invocation的 method declaration的類別，判斷其類別是public、private、protected 來把這個物件給創建出來
5. 呼叫該物件指定的method declaration並讓其例外重現

錯誤重現並驗證

根據下圖的程式碼，我們可以發現若是在進入Finally Block前發生了例外，且Finally Block本身也會發生例外的話，則會造成Finally Block的例外會掩蓋Finally Block前所發生的例外。

測試案例中，我們會會設計兩個catch block一個為自訂義的CustomRobustaException，一個Exception 類別的catch block，

此測試案例會因為AspectJ在原始碼中，Try block中writeChartAsPNG嵌入客製的CustomRobustaException，並在finally block中close也嵌入例外例外，如此一來當try block所產生的例外若被finally block的例外覆蓋住的話，變會來到Exception的catch block，因此就會出現Assert Fail的狀況，此方法可以還原出該測試案例的情境，並將錯誤還原出來，若將程式碼的壞味道消除後，Robusta建議使用者不要在Finally Block中丟出例外，這個案例因為Try Block中丟出了例外沒有被finally block中的例外覆蓋，所以被客製的Catch Block捕捉，因此這個測試案例就通過了。



圖22



圖23

**Careless Cleanup**

在Careless Cleanup中

1. 取得壞味道中，離release method最遠的Method Invocation且會丟出例外的Method Invocation name、丟出例外的類型
2. 取得release method的Method Invocation name、嵌入我們產生的例外類型名稱
3. 取得該Method Invocation 所在的 class 名稱，依據該Method Invocation的 method declaration的類別，判斷其類別是public、private、protected 來把這個物件給創建出來
4. 呼叫該物件指定的method declaration並讓其例外重現

錯誤重現並驗證

根據下圖的程式碼，我們可以發現若這樣的程式碼在close之前發生了例外，則會導致close不會被執行，而讓資源不會被正常釋放，所以根據這樣的情境我們設計了測試案例，我們的AspectJ會在離close method最遠且會發生例外的Method Invocation 嵌上其對應的例外，以及在close method 中嵌上我們自定義的例外，在這樣的況下，若壞味道沒有被消除，則會來到我們自定義的Exception的Catch Block，因此就會出現Assert Fail的狀況，此方法可以還原出該測試案例的情境，並將錯誤還原出來，若將程式碼的壞味道消除後，則最終我們會得到由Finally Block中release method所丟出來的例外，並被自定義例外的Catch Block給接起來，因此這個測試案例就通過了。



圖24



**圖25**

**第四章 案例實作與分析**

本章節將會以開源專案為範例，使用第三章所介紹的暴露壞味道所帶來影響的方法來進行分析及實作。

**4.1 Unprotected Main Program 案例分析與實作**

**4.1.1偵測並分析Protected Main Program**

如圖所示，Tomighty.java中的程式碼截圖。此段程式碼為程式的main program，根據Robusta的分析，此main program 並沒有被 try catch 包覆起來，如果主程式或執行緒沒有捕捉由下拋出至身上的例外，則主程式或執行緒會不預期地終止執行，所以這是一種Unprotected Main的壞味道。



**4.1.2呈現Unprotected Main Program 對系統的影響**

當Tomighty 正常啟動時，會開啟主程式並正常運作該程式，如下圖所示



為了觀察例外發生時壞味道造成的影響，我們藉由Robusta產生了一個aspectJ程式來幫助我們注入例外，強制暴露出壞味道帶來的影響，如下圖，在第六行的地方定義丟出例外的時機點、method的類型、要嵌入的class、嵌入例外的method，第10行會幫我們丟出runtimeexception來幫我們暴露出這個壞味道造成的影響。



為了讓例外在測試的狀態如期發生，我們還需要搭配我們的測試才可以丟出例外，第15行為要注入的methodInvocation以及要丟出例外的類型。當程式執行到圖中的58行時，aspect程式注入了runtimeexception，此例外發生後使得Tomight.main主程式因為沒有對例外進行處理，所以程式便異常終止了，如此一來我們就可以把Unprotected Main Program這個壞味道帶來的影響給暴露出來，此外我們的設計案例會因為壞味道存在所以導致測試fail，讓使用者知道壞味道仍存在。





**4.1.3消除Unprotected Main Program**

根據楊雅雯論文提供的修復功能移除壞味道後，再次對此測試重新驗證一次，因為壞味道被消除了，所以儘管程式被注入例外，但因為外層被try statement包住，捕捉所有例外，並視需要記錄或在畫面上顯示清楚錯誤訊息，此外我們的設計案例會因為壞味道被消除所以測試案例通過，讓使用者知道壞味道已經消除了。



**4.2 Exception Thrown From Finally Block案例分析與實作**

**4.2.1偵測並分析Exception Thrown From Finally Block**

如圖所示，ChartUtils.java中的程式碼截圖。此段程式碼為幫助使用者把chart轉存為png的檔案格式，根據Robusta的分析，此saveChartAsPNG 函式存在著Thrown Exception From Finally的壞味道，根據文獻探討，很多關閉資源的函數都會丟出例外，用來代表釋放資源失敗，根據下圖的程式碼範例，若Try block 或是 catch block發生例外，而finally block也發生例外的話，finally block的例外則會掩蓋住前try block 或是 catch block發生例外，所以這是一種Thrown Exception From Finally的壞味道。



**4.2.2呈現Exception Thrown From Finally Block 造成的影響**

為了觀察例外發生時對壞味道造成的影響，我們藉由Robusta產生了一個AspectJ程式來幫助我們注入例外，強制暴露出壞味道帶來的影響，如下圖，在第10、17行的地方定義丟出例外的時機點、method的類型、要嵌入的class、嵌入例外的method，第14行會幫我們丟出IOException，

第21行會幫我們丟出自定義CustomRobustaExxception來幫我們暴露出這個壞味道造成的影響



為了讓例外在測試的狀態如期發生，我們還需要搭配我們的測試才可以丟出例外，第22行為要注入的methodInvocation以及自定義的例外，此外在

23行注入IOException的例外。如此一來，當程式執行到圖中的308行時，aspect程式注入了CustomRobustaException自定義的例外，使其產生例外，此實程式碼因為有finally block的關係，接續執行311行的釋放資源，同一時間aspect注入了IOException，根據此發法我們讓try block、finally block都使期發生例外，如此一來finally產生的例外便會覆蓋try block裡面所發生的例外，便可以將Exception Thrown From Finally Block這個壞味道帶來的影響給暴露出來，此外我們的設計案例會因為壞味道存在所以導致測試fail，讓使用者知道壞味道仍存在。





**4.2.3消除Exception Thrown From Finally Block**

根據楊雅雯論文提供的修復功能移除壞味道後，再次對此測試重新驗證一次，因為壞味道被消除了，所以儘管finally block被注入例外，但因為此層被try statement包覆住，捕捉例外不讓它在finally中將例外丟出去，並視需要記錄或在畫面上顯示清楚錯誤訊息，用此做法我們就可以消除此壞味道，此外我們的設計案例會因為壞味道被消除所以測試案例通過，讓使用者知道壞味道已經消除了。



**4.3 Dummy Handler案例分析與實作**

**4.3.1偵測並分析Dummy Handler**

本範例程式碼是從JFreeChart開源專案中取出，如圖所示，DataSetReader.java中的程式碼截圖。此段程式碼是幫助使用者去XML中，把Pie Chart格式的DataSet讀取出來，並回傳給使用者，根據Robusta的分析，程式碼中的93行會丟出 SAXException，並進到Catch block中，但對其例外處理的方式為顯示錯誤訊息，並未對其做處理，所以這是一種Dummy handler的壞味道。



**4.3.2呈現Exception Thrown From Finally Block 造成的影響**

為了觀察例外發生時對壞味道造成的影響，我們需要先取得壞味道catch中對應的check exception type，並根據此check exception type 在try block 找到對應的method invocation 並嵌入例外使其發生例外，藉由Robusta產生了一個AspectJ程式來幫助我們注入例外，強制暴露出壞味道帶來的影響，如下圖，在第10行的地方定義丟出例外的時機點、method的類型、要嵌入的class、嵌入例外的method，第15行會幫我們丟出SAXException，來幫我們暴露出這個壞味道造成的影響。



為了讓例外在測試的狀態如期發生，我們還需要搭配我們的測試才可以丟出例外，第31行為要注入的methodInvocation以及要丟出例外的類型。當程式執行到圖中的93行時，aspect程式注入了SAXException，此例外發生後使得readPieDatasetFromXML函式進入98 catch區塊，如此一來我們就可以把Dummy Handler這個壞味道帶來的影響給暴露出來，因此該method拿到的result為null，並將此錯誤的狀態傳遞下去，以此範例來說此結果會導致savechartasjpeg無法正常運作，進而存到一張資訊錯誤的圖，此外我們的設計案例會因為壞味道存在所以導致測試fail，讓使用者知道壞味道仍存在





**4.3.3消除Dummy Handler壞味道**

根據楊雅雯論文提供的修復功能移除壞味道後，再次對此測試重新驗證一次，因為壞味道被消除了，所以儘管try 區塊被注入例外，但因為catch將捕捉到的例外往外拋，讓外層去處理該例外，用此做法我們就可以消除此壞味道，此外被原始碼拋出的例外會進到圖中測試案例catch的區塊並進行assert，測試會因為壞味道被消除所以測試案例通過，讓使用者知道壞味道已經消除了。

****

**第五章 結論**

**5.1 結論**

根據陳友倫***以Aspect揭露導因於例外處理的程式缺陷***的論文，其論文提出以Robusta產生的AspectJ程式碼真的能發揮功效，讓例外處理壞味道對於軟體的影響被揭露出來，其論文也指出，透過Robusta的協助，儘管不熟悉Aspect撰寫方式，也幫助開發者產生輕鬆的產生對應的Aspect程式碼，本論文把除了Dummy Handler以外的例外處理壞味道，分別為:Empty Catch Block、Careless Cleanup、Thrown Exception From Finally、Unprotected Main Program的壞味道，都對其設計並實做產生對應的AspectJ程式，並更改啟動的AspectJ的使用時機，如此一來將不會對正在運行的程式碼造成影響，而式限制在測試階段即可完成，除此之外，本論文的想法已經實做在robusta中，並對開源軟體JfreeChart、Tomighty進行暴露其壞味道造成的影響，可以成功的揭露壞味道代來的影響，讓使用者正視例外處理壞味道的處理方式。

**5.2 未來展望**

目前有以下幾點功能值得將來被實作

**參考文獻**

[1] Robusta at Eclipse Marketplace, https://marketplace.eclipse.org/content/robusta-eclipse-plugin [Accessed 20 December 2016]

[2] Aspectj at Eclipse, https://eclipse.org/aspectj/ [Accessed 20 December 2016]

[3] 陳友倫，以Aspect揭露導因例外處理的程式缺陷，碩士論文，國立臺北科技大學資訊工程系碩士班，台北，2016

[4] 廖振傑，透過偵測及移除例外處理壞味道提升軟體強健度:以ezScrum為例，碩士論文，國立臺北科技大學資訊工程系碩士班，台北，2016

[5] 洪哲瑋，例外處理程式壞味道的自動化偵測與重構，碩士論文，國立臺北科技大學資訊工程系碩士班，台北，2009

[6] 陳建村，爪哇例外處理:模型、重構、與樣式，博士論文，國立臺北科技大學機電科技研究所博士班，台北，2008

[7] Chien-Tsun Chen. 例外處理設計的逆襲. 悅知文化，2014

[8] AspectJ plugin install guide, http://o7planning.org/web/fe/default/en/document/7174/install-aspectj-development-tools-into-eclipse

[9] ASTVisitor document,

https://help.eclipse.org/neon/index.jsp?topic=%2Forg.eclipse.jdt.doc.isv%2Freference%2Fapi%2Forg%2Feclipse%2Fjdt%2Fcore%2Fdom%2FASTVisitor.html

[10] ASTNode document,

https://help.eclipse.org/neon/index.jsp?topic=%2Forg.eclipse.jdt.doc.isv%2Freference%2Fapi%2Forg%2Feclipse%2Fjdt%2Fcore%2Fdom%2FASTVisitor.html