

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

海軍作戰模擬環境與美國國防部高階模擬架構結合之研究 Apply the High Level Architecture of USA to Construct the R.O.C. Navy Warfare Simulation Environment

計畫編號：NSC88-2623-D-032-003

執行期限：87年7月1日至88年6月30日

主持人：黃俊堯 淡江大學資訊工程學系

E-Mail：jhuang@mail.tku.edu.tw

一、中文摘要

在 HLA 的系統元件中包括：(1)演訓規則；(2)系統介面定義；(3)演訓資料庫。在演訓規則及系統介面定義中，規範了模擬演訓的執行規則及一般性的訊息交換介面函式，並無所謂的機密性。但是在演訓資料庫中的 FOM，則是記錄該模擬演訓的戰情想定資料，而 SOM 則是記錄該模擬武器規格資料，可能會涉及相當的機密問題。另一方面 FOM/SOM 所描述的模擬演訓想定及武器規格，會依國情、兵力結構及地理環境而有所差異。所以在建置 HLA 模擬系統時，每個國家都需要遵循 HLA 所定義的演訓資料庫格式，自行發展屬於自己的演訓資料庫。

此計劃的重點在於探討美軍所發展之 HLA 技術規格及相關內容定義，並以「人、事、時、地、物」列題問答的方式，結合 UML 的模型圖示工具，以提出適合三軍模擬演訓發展的模擬演訓分析步驟。本計畫更進一步的參照海軍現有的電腦兵棋系統規範，實作出國內第一套的符合 HLA 規範的電腦兵棋系統，以驗證美國國防部高階模擬架構的可行性。

關鍵詞：電腦兵棋、HLA、FEDEP、OMT

Abstract

With the popularity of the Internet, many countries were looking for a networking distributed simulators for training instead of launching a military federation. This approach is called the war game. However, most of existing simulators are incompatible with each other, let along interconnecting them together. On 1995, the Department of Defense of the U.S. proposed

a standard called High Level Architecture(HLA) to solve this problem. Up until now, the process of developing a Internet federation is still a vague procedure for HLA developer. The purpose of this paper is to design a federate development process to facilitate the creation of a federation. With the help of this proposed development process, the federation developer can easily design federates to build up a federation. In addition, the proposed development process can further be implemented as a code generator.

Keywords: War Game, HLA, FEDEP, OMT

二、緣由與目的

HLA[1]之主要目的為整合各種型態的模擬系統（包括真人操作真實系統、模擬器系統和兵棋軟體）以及提升模擬系統各元件之重複使用性與相容性，所以在 HLA 系統元件中的演訓規則及系統介面定義中，制訂了模擬演訓的執行規則及一般性的訊息交換介面函式。而在演訓資料庫[3]的發展上，只制訂了演訓資料庫的相關格式，而未限制演訓資料庫的內容來源及演訓資料庫的相關發展程序，以充分的提高 HLA 相關系統的應用彈性。

HLA 的系統發展者若欲從 HLA 系統定義中，從無到有的去發展出一套完整的演訓資料庫以配合模擬演訓的執行，是一件相當困難的事。所以 DMSO 在 1997 年 11 月，提出一套標準的模擬演訓發展步驟規範，稱為 Federation Development and Execution Process (FEDEP)[2,4]，用以協助 HLA 的系統發展人員發展模擬演訓，以順利產出演訓資料庫及相關模擬系統元件。但是在 FEDEP 的五大發展步驟中，只規範了每一個發展步驟的既定工作及預定產物

元件，仍未詳述有關演訓資料庫的發展步驟及相關程序。

由上述可知，如何在遵守 HLA 及 FEDEP 規範的前提下，制訂出滿足不同模擬系統需求的具體化、實質化發展程序，將是每一個模擬系統發展人員所會遭遇到的第一個問題。因此，本計畫在滿足 HLA 及 FEDEP 規範下，以「人、事、時、地、物」列題問答的方式，並結合 UML[5]的模型圖示工具，提出適用於電腦兵棋模擬系統的模擬演習分析步驟。並以發展海軍電腦兵棋雛形系統為例，更進一步的分析並探討海軍軍艦在此模擬演習環境之中的演習作為。

三、結果與討論

本計畫在遵守 HLA 系統定義及 FEDEP 發展步驟的前提之下，採用 Bottom-up approach 的方式來發展新的演訓資料庫，並配合三軍發展 HLA 模擬系統的需求，提出以「人、事、時、地、物」列題問答的方式，來定義該模擬系統的需求，並結合 UML 的模型圖示工具，以作為該電腦兵棋模擬系統之模擬演習分析步驟的分析工具，使得 FEDEP 的發展步驟可以環環相扣、有理可循，以協助模擬系統發展人員可以順利產出完整的演訓資料庫及相關模訓系統元件，以遂行模擬演訓之執行。

3-1 定義模擬演訓需求

在此一項目中，發展者需要了解系統贊助者對此模擬系統之需求；而發展者也必須知道此模擬系統之使用者對象及系統功能？甚至是需瞭解系統之模型物件為何？會有何因素影響系統之功能？故我們提出以『人、事、時、地、物』此五大方向來列題的方式，由此五大方向的列題訪談，可以協助發展者得到一般模擬系統中的使用者需求。

而系統發展人員需要參照不同系統的特性，由此五大列題方向延伸訪談內容，以得到完整且適切的需求訪談。當系統發展人員得相當的需求訪談資料之後，仍需

對這些列題結果做對應驗證，以確認系統之功能及其目的間之關聯無誤，亦即確認在「五大方向列題」結果中並無不一致的情況出現，如此才能正確地定義出系統的目的。而這些對應步驟如下圖所示。

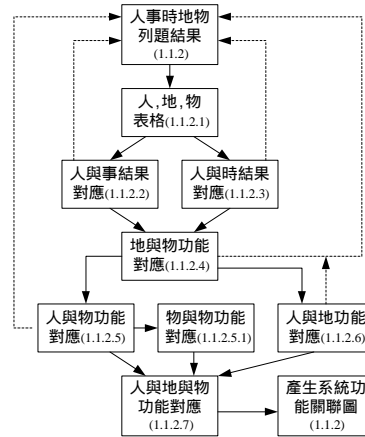


圖 1 五大方向列題對應驗證流程圖

待系統發展人員完成五大方向列題的對應驗證之後，便能很清楚地彙整出該模擬系統系統之功能，便可以利用 UML 中的 Use Case Diagram 來描述該模擬系統的功能關聯圖。Use Case Diagram 在 UML 的定義中，是使用者與系統之間的互動關係，或是系統內部運作的功能互動圖示法。在 Use Case Diagram 中，人形的圖示 (Actor) 可以代表使用者或是系統內部的某個功能模組；圓圈的圖示則代表在模擬系統中所會發生的互動事件；而 Actor 與互動事件之間的線條，則代表 Actor 觸發互動事件或是接受互動事件的關係。如下圖所示。

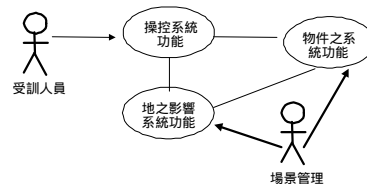


圖 2 描述系統功能之 Use Case Diagram

3-2 模擬演訓之想定發展

當發展者完成模擬系統需求及系統目的之定義後，接著便開始著手進行模擬系統之概念模組分析。此步驟主要在於設計物件模型來代表真實世界中所要模擬的事物，並且描述物件的表示方式以及互動關

係。故我們採用 UML 之 Class Diagram、Interaction Diagram (Sequence Diagram / Collaboration Diagram) 與 State Diagram 來描述模擬系統之物件內部靜態結構及物件之間動態互動行為。其發展程序如下圖所示。

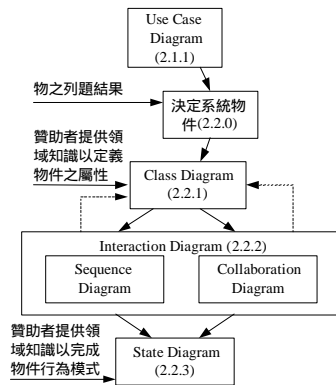


圖 3 模擬演訓之想定發展流程圖

在 UML 中，Class Diagram 是用來描述該系統中的模型物件類別，以及物件類別間的各種靜態關係。發展者在發展 Class Diagram 時，先將 Use Case Diagram 描述中的 Actor，延伸為該模擬系統之物件類別，以定義出物件類別的結合關係或是子類型關係。

在決定物件類別的同時，發展者亦需同時定義各個物件類別的屬性及相關的互動事件。物件類別之屬性通常是無法由前面步驟所得之 Use Case Diagram 及列題結果中明確地得到，因為有些屬性是屬於此模擬演訓之專業領域知識部分，發展者應當再與系統贊助者討論，由贊助者提供，以決定此模擬演訓中物件類別的完整屬性。

在 UML 的 Interaction Diagram 中，包括 Sequence Diagram 與 Collaboration Diagram 兩種型式。發展者可以在 Use Case Diagram 中發現，系統功能間存在著箭頭者，即表示此兩項系統功能是有 Causal Order 之關係的，需使用 Sequence Diagram 來表示；另外若只是以直線連結者，則表示此兩項系統功能之代表物件間之訊息傳送情形並沒有 Causal Order 的關係，故應用 Collaboration Diagram 來表示。

在 UML 中，State Diagram 可以把一個

物件類別發生內部事件及外部事件的狀態變化呈現出來。在 Interaction Diagram 中，各個物件都有接收或是傳出之互動訊息，而從此便可得到各個物件在何種情形會發送何種訊息或是接收訊息。而這些訊息所引發物件內部之行為，都經由 State Diagram 來描述；然而各個物件之內部行為為模式，則需要發展者與系統贊助者共同研討，才能定義出正確次序關係的物件個別行為模式。

3-3 發展模擬演訓

發展者在此步驟中，必須發展出執行 HLA 模擬演訓所必備之模擬演訓資料庫之內容，而這些內容都得遵從 HLA OMT 中對 FOM 及 SOM 之資料格式的定義。因此我們則根據前面兩大步驟中，各個發展程序所得到的 UML 圖示表示法中(如圖 4 所示)，分析出此一 HLA 相容之模擬演訓資料庫內容。

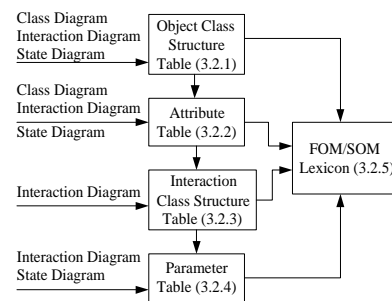


圖 4 發展模擬演訓之關係圖

Object Class Structure Table 主要在於記錄此模擬系統中(FOM)所有會公開交換資料的物件，而在 SOM 中則需將所有存在於此一模擬個體中的物件類別表示出來，然而此表格所需描述之物件類別結構關係只需表達出物件之繼承關係即可，而這項資料，發展者由已經發展完成之 Class Diagram 中可以得到。

而附屬於 Object Class Structure Table 之 Attribute Table 則是在前面發展 Class Diagram 步驟中，決定各個 Class 之 Attributes 時即已經呈現在 Class Diagram 中，故此表格之資料則由 Class Diagram 中之定義得知。在 SOM 中的 Attribute Table 中，需要將於 Class Diagram 中所有描述之屬性都記錄在個別的模擬個體資料庫中

(SOM)，而 FOM 中的 Attribute Table 則只需記錄會公開傳遞的屬性資料，而這些資訊皆可以由前述之步驟中所產生的圖示模組(Interaction Diagram 與 State Diagram)中得到。

Interaction Class Structure Table 用於 FOM 中，主要是記錄在此模擬系統中，不同模擬個體之物件間的互動訊息交換行為；而在 SOM 中則記錄同一模擬個體中不同子物件類別間的互動行為或是此一模擬個體可能會與其他模擬個體間的互動行為。而此項表格資料則可由前面步驟所發展完成之 Interaction Diagram 與已經完成之 Object Class Structure Table (Class Diagram)對照完成，指出不同模擬個體之物件間的互動行為，亦即是將 Interaction Diagram(Sequence Diagram 或 Collaboration Diagram)中訊息部分是以動作來表示之互動行為找出，再行剔除屬於同一個模擬個體之物件間的互動行為。

至於附屬於 Interaction Class Structure Table 之 Parameter Table 之資料格式與 Attribute Table 是相同的，主要是記錄個別 Interaction 發生時其所應傳遞的參數，而 Interaction 所屬之 Parameter 則在發展 Interaction Diagram 時定義好，而在發展 State Diagram 時即做驗證修正，所以此表格之資料亦同樣會表示在 Class Diagram 中之操作(Operation)所屬之參數。

最後則是 FOM/SOM Lexicon，此一表格主要是記錄上述四個表格中所定義的詞語，將這些詞語定義分別記錄於四個分開的表格中，而其目的則主要為了促進往後此模擬系統資料庫內容的重複使用及交互運作，而發展者根據發展完成之 Object Class Structure Table、Interaction Class Structure Table Attribute Table 及 Parameter Table 之內容，定義其各別之詞語意義。

發展者完成以上所述之各個步驟後，即完成此 HLA 模擬系統的模訓資料庫內容，因此本計畫所提出之模擬系統資料庫分析與建構方法的完成產物包括：模擬系統之資料庫(FOM 與 SOMs)以及描述此模擬系統之概念模組(Use Case Diagram、

Class Diagram、Interaction Diagram 與 State Diagram)。

四、計畫成果自評

本計畫的目標在於研究美國國防部所制訂的 HLA 系統架構規範，並參照 FEDEP 的五大發展步驟，提出以「人、事、時、地、物」列題問答的方式，並結合 UML 的八種圖示工具，發展出適用於電腦兵棋模擬系統的模擬演習分析步驟。並以海軍電腦兵棋模擬系統為系統發展藍本，更進一步的分析並探討海軍軍艦在此模擬演習環境之中的演習作為，規畫出適用於台灣環境的海軍作戰模式模擬整合環境，以利逐行海軍模擬演訓目標。

五、參考文獻

- [1] Department of Defense High Level Architecture (HLA), Available at <http://hla.dmsomil/>
- [2] High Level Architecture Federation Development and Execution Process (FEDEP) Model, Version 1.2, Version 1.3.
- [3] IEEE P1516.2, Standard for Modeling and Simulation (M&S) High Level Architecture (HLA) Object Model Template (OMT), Version 1.3.
- [4] R. Scudder, et al, "Graphical Presentation of the Federation Development and Execution Process", 1998 Fall Simulation Interoperability Workshop, 98F-SIW-103.
- [5] Unified Modeling Language, Standard Software Notation, at <http://www.rational.com/uml/index.shtml>