

從 C4ISR 建構 探討國軍模式模擬運用與發展

作者/陳慶權 中校·唐興家 少校·劉中字 博士

提要

在國軍全力投入規劃構建 C4ISR 系統過程中，近程只考量硬體方面的快速獲得，軟體方面因 C4ISR 決策支援系統部分，潛藏著民族素養、歷史背景、領導風格等軟性因子，故發展過程中充滿不確定與複雜性，勢將影響國軍 C4ISR 系統的構建，而決策支援因提供模式模擬、兵棋推演等功能，因此運用模式模擬可將戰場環境、作戰想定、戰術運用等，進行廣泛且客觀的效益分析，並研擬較佳之戰場管理與部署方案，以較低經費獲得較大效益，是武器系統研發與整合不可或缺的工作。

關鍵詞：指管通情監偵系統、模式模擬系統、分散式模擬架構、高階模擬架構、國防資訊基礎建設共通作業環境、資訊系統互通力等級、技術參照模型

Keywords：C4ISR，M&S，DIS，HLA，DII COE，LISI，TRM

壹、前言

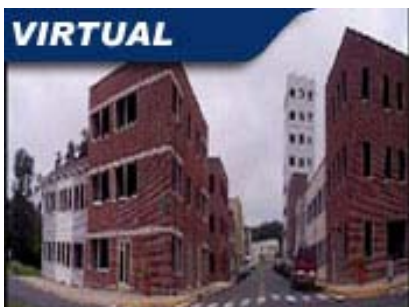
人類自從有戰爭以來，戰場指揮官一直因為缺乏有關敵我兵力位置及戰場動態情勢的詳細、精確與即時之情報而影響其作戰決心之策定，使指揮官對戰場環境充滿了不確定性、衝突性及速度性，而 C4ISR 系統的問世則提供指揮官敵機動兵力在大區域範圍內活動的即時與正確的資訊，C4ISR 系統的實質功能，是促使戰場環境更為「透明化」、是提供正確而即時的「作戰情資」、是整合各指揮單位及武器載台的力量發揮整體地面戰力、是提供處理、分析、評估過的各項作戰資訊供指揮官下達決心與命令，此種從作戰資訊的蒐整、處理、整合，到資料、決策因素分析、方案解算，一直到決心下達、命令發布即完成作戰動作的過程就是 C4ISR 系統在戰場上所擔任的角色。另未來戰爭將具有下列特點：1.戰場空間擴大；2.時空因素縮短；3.戰場即是磁場；4.戰場型態多維化；5.資訊戰舉足輕重；6.武器精準化；7.後勤需求更高[1]。因此除了將 C4ISR 系統數位化、自動化及整合化以縮短反應時間外，如何藉由 C4ISR 系統的構建運用加強指揮官的任務執行（即命令下達）及決策支援分析能力，如何將國軍現有模式模擬系統結合至未來的 C4ISR 系統，所面臨的發展與運用問題，已成為刻不容緩的重要課題。

貳、模式模擬陳述與運用

模式模擬在美軍建構其新一代的兵力上扮演了非常重要的角色，透過各項先進模擬技術與指管通情系統的有力結合，除了使美軍在波灣戰爭期間獲得陸戰的全面勝利外，並在其近期推動的陸軍實驗計畫中展現了其成為廿一世紀專業陸軍的作戰指標；除了將模式模擬運用於部隊訓練外，系統獲得方面的模擬運用，每年亦為美軍節省為數龐大的設計及生產費用，並使各種往昔高風險的項目（如新機試飛，新型飛彈試射）在實驗室中即可先期預以降低或避免。

一、模式模擬定義與特性

何謂模式模擬？根據美國國防部模式模擬發展主計畫所定義，「模式」(a model)係指以實體 (physical)、數學式 (mathematical) 或邏輯式 (logical)，以表達一個系統 (a system)、一個個體 (an entity)、一種現象 (a phenomenon) 或一個程序 (a process) [2]；而「模擬」(a simulation) 則是指適時適當的將前述設計過的「模式」加以運用[3]。也就是說，「模擬」是構思(建)如何解決問題，而「模式」則是他的組成成分，被拿來組合使用，以解決問題。通常一個模擬需要使用一種以上的模式。目前美軍模式模擬種類區分方式主要以人與系統(含武器、裝備、部隊組織等等)的互動方式，區分為四類，包括：「真實的人操作模擬的系統」、「真實的人操作真實的系統」、「模擬的人操作模擬的系統」以及「模擬的人操作真實的系統」[4][5]。其中第四類運用將類似機器人或機械戰士，能駕馭真實的裝備並根據周圍的威脅狀況展開作戰行動，或類似智慧型的數位化虛擬指揮官與幕僚群。其餘三類目前概略以模擬器、實兵接戰裁判、電腦兵棋等三者分別代表「真實的人操作模擬的系統」或稱虛擬模擬(Virtual Simulation)、「真實的人操作真實的系統」或稱實兵模擬(Live Simulation)、「模擬的人操作模擬的系統」或稱建構式模擬(Constructive Simulation)，在美軍的術語中則可見到 Virtual、Live、Constructive 的定義[6][7]，圖一、二、三分別為範例圖示。



圖一 Virtual Simulation



圖二 Live Simulation



圖三 Constructive Model
or Simulation

(資料來源：<http://www.dmsomil>)

二、模式模擬的發展與運用

隨著軍事技術的迅速進步，武器裝備的威力和戰鬥效能急遽提高，殺傷武器射程不斷增長，武器系統日益複雜，種類不斷增加，導彈、核武器、綜合自動化指揮器材以及各種電子設備的出現，從根本上改變現代戰場的面貌，並在軍事理論、作戰方法、軍隊指揮、部隊編制、武器裝備發展及人員訓練等方面提出了許多新課題。這些課題的解決要求模式模擬學的研究更緊密地與軍事活動結合在一起，正如現代科學發展中形成許多邊緣學科那樣，把模式模擬學看做是作業研究在軍事中的應用已經不夠了，模式模擬學已經發展成為軍事科學的一個新的組成部分。在美國，陸、海、空三軍及國防部都建立了模式模擬學的研究與教學機構，為了進行作戰模擬課題研究，各模擬研究機構研製了許多電腦作戰模型，目前美軍模式模擬學研究的焦點在戰略計畫、戰術分析、兵力結構、情報分析、後勤、準則驗證評估等方面。一般而言，模擬科技的現行軍事運用區分包括[8]：運用模擬科技降低武器設計、生產成本及風險；運用模擬科技改進部隊訓練；模擬科技在戰法研發上的運用；運用模擬科技研發新的準則；運用模擬科技輔助決策研究。

參、C4ISR 與模式模擬的關係

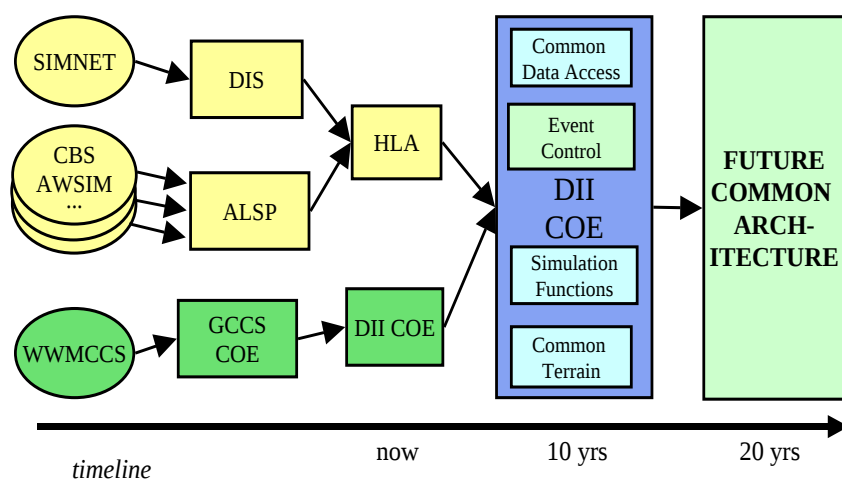
C4ISR 系統與模式模擬因應作戰上的需要需整合在一起相互操作（Interoperability）[9]，美國國防部（U.S. DOD）及北約組織（NATO）均提出有關模式模擬標準訂定的計畫[10]，目的在於改進模式模擬系統以利整合至真實的 C4ISR 系統及支持 C4ISR 系統的獲得及轉變[11]。

然而由於兩系統缺乏共通的處理程序及眾多不協調的因子，造成模式模擬系統與 C4ISR 系統有許許多多不協調的技術參照模型，要形成一個相互操作的共同體是危險的。這些技術包含美國國防部 C4ISR 部門所用的 DoD Technical Reference Model, DOD TRM)[12]及北大西洋公約組織最初整合指揮與管制（C2）相互操作的技術參考模型；另在模式模擬系統的群體所參照的高階架構（High Level Architecture, HLA），讓 C4ISR 系統要跨不同的領域相互操作變得更困難複雜。

很清楚兩個異質系統[13]缺乏共同的參照技術模型，阻礙兩個異質系統跨越不同系統領域操作能力。如此為了延伸兩個異質系統相互操作，勢必要統一發展一致的技術參考模型，讓它是有彈性的且滿足多種相關領域的相互操作環境。

美軍為了要讓模式模擬系統與 C4ISR 系統相互操作除統一發展出一致的技術參照模型外，對於作業環境也要求在國防資訊基礎建設共通性作業環境

(Defense Information Infrastructure Common Operating Environment, DII COE) 架構下[14]才能真正形成整合，因為 DII COE 依據美國國防部聯合技術架構(DoD Joint Technical Architecture, DOD JTA)要求的架構、是建立互通性系統的方法、是一群可以再重複使用的軟體元件、是支援任務區應用軟體的基礎建設、是一組指引與標準等是再恰當不過的了。這些指引與標準詳細說明了如何重複使用現有的軟體、如何適切地建立新的軟體，以達成天衣無縫地整合甚至於自動化，因此美軍要求未來 C4I 的發展將用於 DII COE 下。可是模式模擬系統迄今未納入於 DII COE 下發展，造成模擬的能力不符合要求 (Fall Short)，因此如何架構模式模擬的功能進入到 DII COE 下發展，將是美軍一個長期的願景，這個願景的目標將在 10 到 20 年後要達成[15]，其關係架構，如圖四 [16]。



圖四 C4ISR 的演進及分散式模擬架構關係圖

一、C4ISR 的作業標準規範

近年來，美國國防部持續而且穩健地強化其資訊科技架構之指引與工具。國防部架構中的社群已規劃出相互關聯的政策與指導，包括技術參照模型(TRM)、聯合技術架構(JTA)、共通作業環境與 C4ISR 框架(C4ISR Framework)。透過對國防部所尋找之系統間互通力關係定義，資訊系統互通力等級[17]已成為這些指引不可分割的一部分。特別值得一提的是，LISI 參照模型就是設計用來協助辨識、直指要點、問題、間隙、與任何資訊科技架構可能存在的缺陷，以支援國防部架構的發展與分析，接著就針對 LISI 的定義及 LISI 與 C4ISR 的關係介紹：

(一)LISI—資訊系統互通力等級

進行聯合作戰最主要的挑戰，總括來說，就是「互通力」(interoperability)。

在未來衝突中執行作戰任務的聯合特遣部隊(Joint Task Force, JTF)，不論規模大小，都是在狀況需要的時候才會成立。而其資訊管理的方法，以及電子資訊系統的組合，絕大部分是以主導作戰的軍種為主。

資訊系統互通力等級參照模型在提供逐步改良資訊系統間互通力的邏輯結構與學科或是「成熟度模型」(Maturity Model)。從其本質上來說及任務有效性的觀點上來看，LISI 可以強化有效管理資訊系統的能力。它彌補了支援改進將資訊科技運用在國防部任務上作業之不足，例如，國防資訊基礎建設主計畫，共通作業環境(COE)、國防部技術參照模型、資訊管理技術架構框架(TAFIM)，以及聯合技術架構(JTA)等。

(二)DII COE-國防資訊基礎建設共通作業環境[18]

國防資訊基礎建設共通性作業環境實源自於對指管系統的粗略觀察，對於系統功能中的地圖映對、航跡管理(Track Management)、通信介面等等，都是非常基本的，為每個指管系統都需要。但是，就算需求完全相同或是僅有些微的差異，這些功能卻一再地以不相容的方式重複建置。假使，能夠把這些共通性的功能萃取出來、當作一組具延伸性、低層次的積木，同時，建構好隨時備便系統設計人員使用，則系統發展的時程就可以加速，同時透過軟體的重複使用就可以達成實質的樽節。更有甚者，若共通性軟體能依據共通性功能跨系統運用，則系統間的互通性將可獲致重大的改進。

此一觀察導引出 DII COE 的發展。此一共通性作業環境，計畫在美國國防部的系統中全面採用。目前，使用此一共通性作業環境的系統有兩個：全球性指管系統(Global Command and Control System, GCCS)以及全球性戰鬥支援系統(Global Combat Support System, GCSS)。此兩系統採用相同的基礎建設與整合方法，功能相同的部分則是採用相同的 COE 元件。

二、模式模擬的作業標準規範

模式模擬系統發展的主要目的乃基於人員安全、經濟效益、環保、天候狀況、軍機保密及場地尋找不易等因素考量，現今以模擬器進行系統測試及人員訓練，已成為世界潮流之所趨，因此未來大規模實兵演習將漸漸被虛擬合成戰場演習所取代。

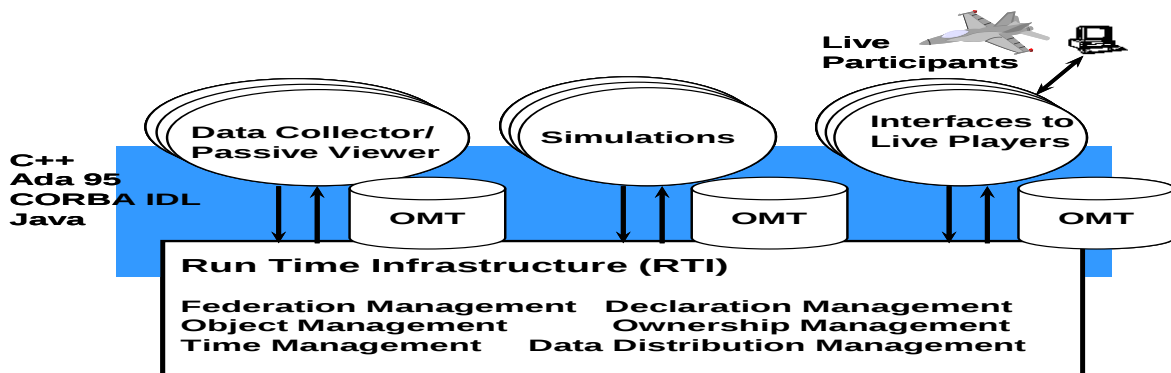
虛擬合成戰場即是將陸、海、空作戰環境於實驗室內呈現，簡單的說就是將各種不同功能用途的模擬系統(例如飛行模擬器、飛彈模擬系統、坦克模擬器、艦艇模擬器、電戰模擬系統等武器系統模擬)以連網架構聯結，互相傳遞訊息，並即時顯示至指揮控制中心的一大型銀幕，提供任務歸詢及監控，讓作戰指揮官了解戰況以下達命令指揮三軍作戰，並提供工程人員評估參考的資料，概念

圖，如圖五。



圖五 虛擬合成戰場概念圖（資料來源：<http://www.dmsomil>）

高階模擬架構(High Level Architecture, HLA)是繼分散互動式模擬(Distributed Interactive Simulation, DIS)規格之後的新一代分散式互動模擬網規格標準，而 HLA 規格已在 2000 年成為 IEEE 協會編號為 1516 的標準。HLA 由美國國防部提出的一個模式模擬架構，主要由美國國防部的 Defense Modeling and Simulation Office (簡稱 DMSO)來主導整個標準的制定與修改。DMSO 則是依據在 1995 年 10 月所提出之 DoD Modeling and Simulation (M&S) Master Plan (DoD 5000.59-P)，開始致力於建構一個公開通用的技術架構組織以促進其所有型式的模式和模擬系統(Models and Simulations)與 C4ISR 系統能做溝通互動，亦即是在促進 M&S 元件重複使用性，而這個公開通用的技術架構組織則包含了高階模擬架構(HLA)。HLA 是一種架構而非軟體，它有標準的通訊協定規則(Rules)、工具及時間管理基礎架構(Runtime Infrastructure, RTI)，更有彈性、易維護、且具擴充性，因此將取代 DIS 成為分散式連網模擬的主流，而 HLA Gateway 可將 DIS 通訊協定的資料轉換成 HLA RTI 可接收之資料，反之，亦可將 RTI 的資料轉成 DIS protocol data units 通訊協定的資料封包，其功能架構如圖六[19]。



圖六 HLA 功能架構

三、C4ISR 與模式模擬共同規範

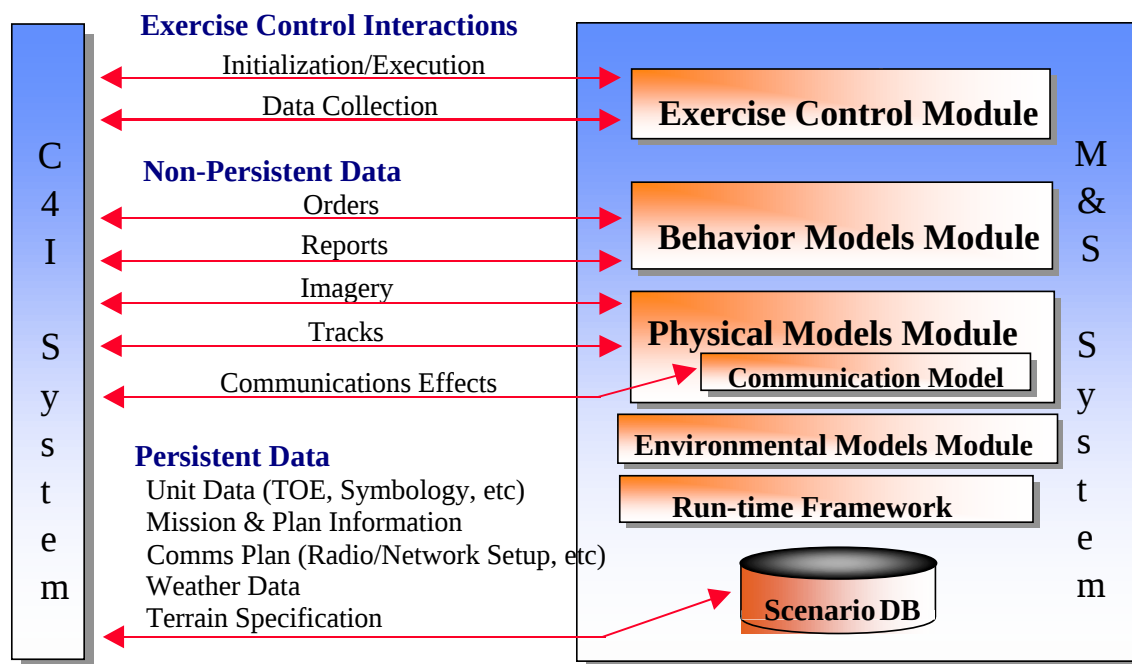
SISO (Simulations Interoperability Standards Organization) C4I 研究小組於 2002 年 9 月完成了一份 C4ISR 與模式模擬 (M&S) 技術參照模型 (C4ISR/SIM TRM) 最終報告中[20]，介紹一些關於兩系統的共同技術規範。

(一)C4I對模式模擬互通技術參照模型 (C4I-SIM Interoperability TRM) [21]

在這個模型中 C4I 系統以它的運用能力被分割成幾個元件，被分割的元件可相對應至模式模擬系統可利用的模擬。實例中包含個別的國防資訊基礎建設路線資料庫管理者 (Track Database Manager)、美陸軍作戰指揮系統 (ABCS) 的共通信息處理者 (Common Message Processor) 或北大西洋公約組織的 C2 系統 (C2 System)。

模式模擬系統參照的是硬體和軟體，包括模型的作用、程序、功能或模擬另一個系統。實例包含戰鬥模擬、作戰環境模擬或行動路線分析。這些工具可能被使用於模擬友軍、敵軍或中立國的龐大的武力，或模擬大自然力量的改變 (如：天候) 等等模擬因子到 C4I 系統中。提供決策的支援工具、作戰系統或行動模型運用的模擬。

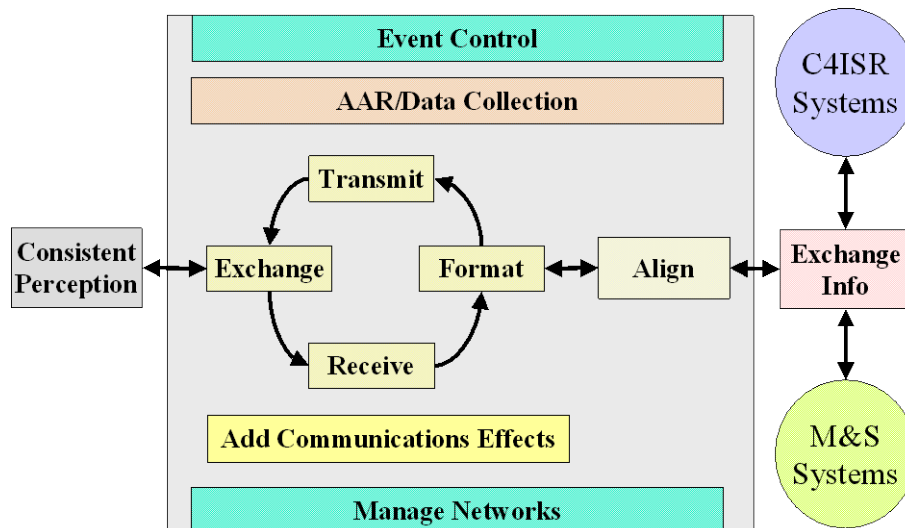
該模型必須確認在 C4I 和 M&S 兩系統資料的改變型態，系統工程師確認必須的資料編碼的介面去處理 C4I 和 M&S 兩系統資料的改變。圖七清楚的表示 C4I 和 M&S 兩系統互通所需的介面。



圖七 C4I 對模式模擬互通技術參照模型

(二)信息交換工作模型 (Information Exchange Activity Model) [22]

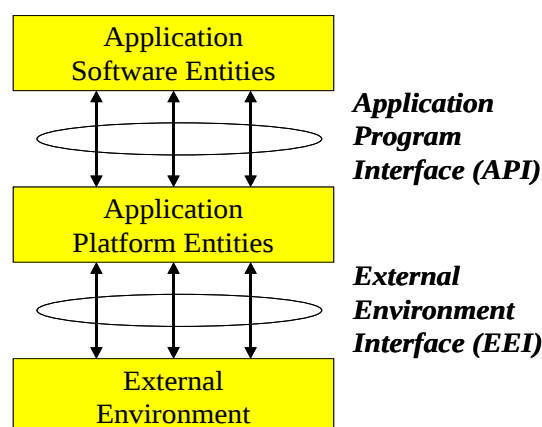
該模型說明 C4I 和模式模擬兩系統信息交換作業的過程，系統作業從右至左，當 C4I 系統和模式模擬系統兩系統經過信息交換後，經過調整組合，依制定的格式化後經過接收、改變、傳送、格式化循環作業，讓兩系統要交換的資料達到前後一致的認知，整個工作才算完成，圖八為信息交換工作模型。



圖八 為信息交換工作模型

(三)北大西洋公約組織C3技術架構參照模型 (NC3TA Technical Reference Model, NTRM) [23]

NTRM 符合 IEEE POSIX 開放作業系統環境(Open System Environment, OSE)參照模型(如圖九)，是一個資料系統，它提供一個很標準明確的框架，讓使用者去發展、整合、維持資料系統的基礎建設模型。這個模型有三個基本的元件，如應用軟體實體(Application Software Entities)、應用平台實體(Application Platform Entities)及外部環境(External Environment)。



圖九 IEEE POSIX 開放作業系統環境參照模型

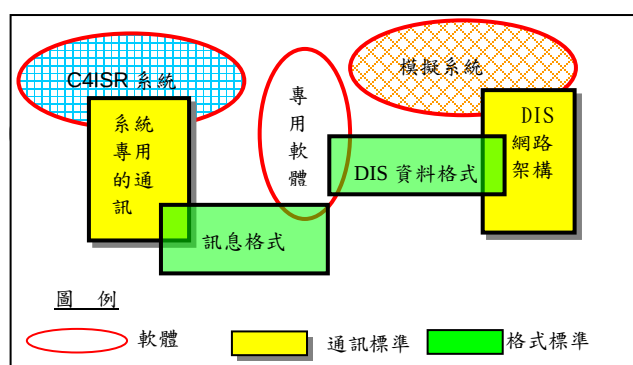
(四)兩系統共通的介面標準

1.C4ISR 系統對模式模擬系統的 DIS Network[24]，如圖十，是屬於舊有系統的 C4ISR 對模擬的介面標準，較不符合目前軍事的作戰文件格式，必須重新撰擬程式才可以讓模式模擬系統與 C4ISR 系統互通。

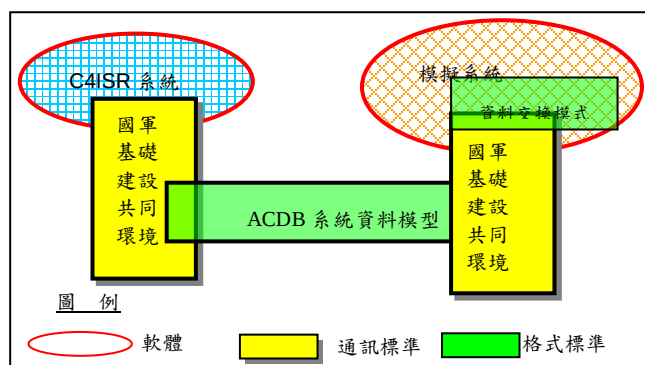
2.C4ISR系統對模式模擬系統的HLA RTI[25]，如圖十一，是屬於當今美軍新式系統及未來系統C4ISR對模擬的介面標準，它透過高階模擬架構(High Level Architecture, HLA)、模擬演訓資料庫(Federation Object Model, FOM)及DII COE讓模式模擬系統與C4ISR系統互通。

3.由C4ISR系統發展者為主觀的C4ISR系統對模式模擬系統的介面標準[26]，如圖十二，是屬於上述第2型的改良，將原模式模擬系統HLA RTI部分改由DII COE取代，兩系統的DII COE藉由直接資料庫對資料庫的轉換（direct database-to-database）達到模式模擬系統與C4ISR系統互通。

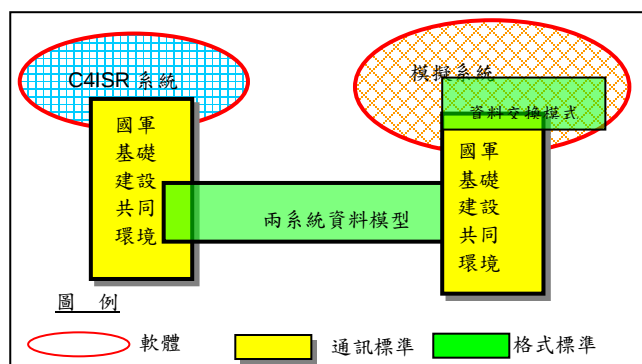
4.由模擬系統發展者為主觀的C4ISR系統對模式模擬系統的介面標準[27]，如圖十三，是屬於上述第2型的改良，將原C4ISR系統DII COE部分改由HLA RTI取代，兩系統的DII COE藉由高階模擬架構訂定的模擬演訊資料庫（HLA FOM）方法論達到模式模擬系統與C4ISR系統互通。



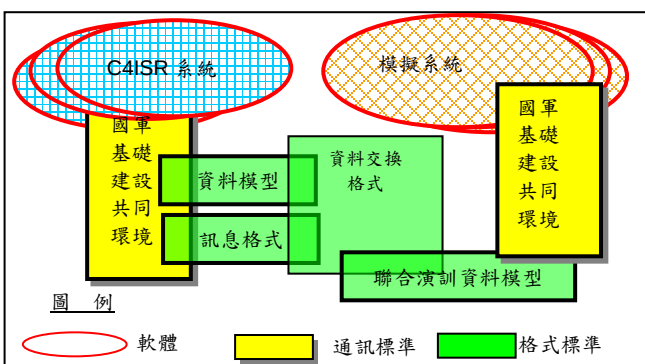
圖十 舊有系統C4I與模擬的介面標準



圖十一 C4I與模擬相關的介面標準



圖十二 以 C4ISR 系統發展者觀點對 C4I 與模擬相關的介面標準



圖十三 以模擬系統發展者觀點對 C4I 與模擬相關的介面標準

肆、C4ISR 與模式模擬整合之具體作法、效益與未來發展方向

一、美軍整合作法與方向

美軍在 C4ISR 系統與模式模擬的整合方向，可從美軍基礎建設－戰術數位資訊鏈路，軟體建設－DII COE，LISI，HLA RTI，互通參照模型－C4ISR/Sim TRM 五方面來說明：

(一)戰術數位資訊鏈路

以 J 型訊息格式當作為美國三軍部隊聯合作戰之多重戰術鏈路，提供近「即時資訊 (Near Real Time Information)」之交換，為一種通信、導航及辨識系統，用以支援戰術指揮、管制、通信、電腦及情報系統間之交換。

(二)DII COE

美國建設以國防資訊基礎建設 (DII) 為核心，DII 共通作業環境 (COE) 為基礎，以全球指揮管制系統 (GCCS) 和國防資訊網路 (DISN) 為共通資訊處理和傳輸平台的整合指揮、管制、通信、電腦、情報、監視和偵察 (C4ISR) 系統，該系統具有全球指揮、管制、通信、電腦、情報、監視和偵察能力，能支援美國全球聯合作戰，保障美軍部隊派遣和部隊協調，實施危機處理和實現多軍種 (陸、海、空、太空)、多戰場、多國部隊聯合作戰。

(三)LISI

資訊系統互通力等級 (LISI, Levels of Information Systems Interoperability) 參照模型 (Reference Model) 在提供逐步改良資訊系統間互通力的邏輯結構與學科或是「成熟度模型」 (Maturity Model)。從其本質上來說，從任務有效性的觀點上看，LISI 可以強化有效管理資訊系統的能力。它彌補了支援改進將資訊科技運用在國防部任務上作業之不足，例如，國防資訊基礎建設主計畫，共通作業環境 (COE)、國防部技術參照模型 (TRM)、資訊管理技術架構框架 (TAFIM)，以及聯合技術架構 (JTA) 等。

(四)HLA RTI

在各式模式模擬系統中均以 HLA RTI 為系統與系統共通模擬的作業系統並藉由美國國防部技術參照模型 (TRM) 讓 C4ISR 系統與模擬系統互通，達到虛擬合成戰場的目標。

(五)TRM

為了讓 C4ISR 系統與模式模擬兩個異質系統達到共通的目的整合而串連在一起執行共同的模擬環境，其異質系統的參照模型訂定是必要的，美軍以 DOD C4ISR/SIM TRM 為標準。

美軍的最終結果不外乎要成立數位化部隊、要打網狀化戰爭，並藉由模式

模擬系統的模擬的虛擬實戰，讓戰爭過程就像虛擬實境遊戲般。

二、後續國軍具體作法

(一)整合方法

1.C4ISR偵測器輸出資訊與模式模擬系統整合

C4ISR系統將戰管雷達、空中預警機雷達、戰鬥機空載雷達、船艦雷達、空射武器導引雷達、衛星、偵查、電監等資訊處理整合，輸出轉換到模式模擬系統。這些真實的戰情資訊用於兵棋之高司推演，彷彿置身於真實戰場環境，故其訓練效果必定提昇。試想，如果能將九六年中共試射飛彈時之台海情資記錄檔，輸入於電腦兵棋系統，對衡指所、AOC指揮官以及重要幕僚人員作兵棋推演施訓，受訓者與觀眾在仿真的環境下，獲得的經驗及下達決心過程的訓練，必然是有很大的助益。

2.整合C4ISR決策支援、作戰規劃資訊至模式模擬系統

將戰情資訊以及作戰計畫即時的轉換為模式模擬系統的想定輸入，以互動模擬的方式所產生的事件及結果可讓作戰計畫規劃業參或指揮官能預先獲知作戰計畫在執行時所可能面臨的動態狀況、突發的事件以及敵我戰損模擬的結果，更可以即時的修改作戰計畫、即時的模擬評估，這些功效是靜態的作戰計畫難以達成的。對決策者而言，藉由模擬快速的進行評估，選擇適當的作戰方案輔助決策，並對建議方案能有合理的估算結果。通常在獨立的執行模擬前，模擬準備事項，如：想定輸入、模式建立、資料蒐集等，所花費間長達數月，只有在整合的環境下，兩者有相互作業的能力，資料共享減少重複，才能有即時的效果。

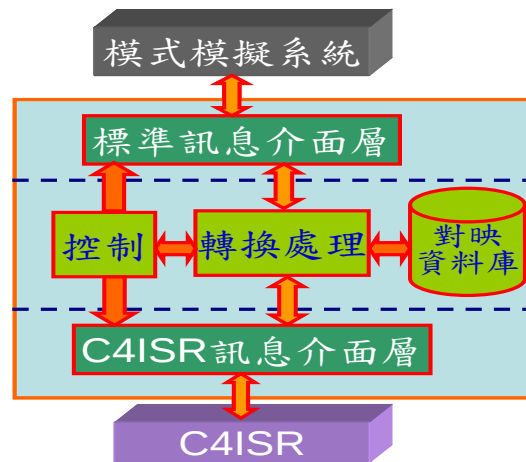
3.C4ISR架構規劃的模式轉換為可模擬的模式

雖然美國國防部已有強制的架構規範，讓所有的C4ISR系統有統一的描述與表示，但是，依據架構規範所產生的C4ISR模式，仍然只是靜態的描述資料，難以評估此C4ISR系統的邏輯、規則與行為，是否滿足需求。因此，有必要將C4ISR架構規劃的模式設計成可轉換為可模擬的模式，以模擬產出的資料來評估所設計的C4ISR系統。

(二)整合架構設計

1.共通訊息交換機制

將所有欲整合的C4ISR系統及模式模擬系統的共享資料與溝通訊息，藉由共同標準的制定，將個別的C4ISR訊息其轉換成共通的表示。共通訊息交換機制之軟體架構將包含三層：(1)標準訊息介面層，(2)轉換處理層，(3)C4ISR訊息介面層，如圖十四所示。



圖十四 整合的C4ISR系統及模式模擬系統的共通訊息交換機制軟體架構圖
(作者繪製)

標準訊息介面層主要功能在擔任模擬系統網路的介面並接收/傳送標準訊息，所接收之標準訊息格式是以類似DIS協定的協定資料單元(Protocol Data Unit)所訂定。標準訊息介面層接收來自模擬系統網路封包的協定資料單元，並依格式擷取出資訊，再將其送至轉換處理層處理。轉換處理層會依據協定資料單元內的訊息類型，分派給適當的處理模組，轉換成適當的C4ISR系統訊息，若有來自C4ISR或模擬系統的控制訊息，則將傳至控制模組處理，調整轉換處理層的組態及處理模式。控制訊息、標準訊息與C4ISR訊息的對應映關係則存於對映資料庫，在執行轉換過程中讀取比對。最下層的是C4ISR訊息介面層，主要功能在作為C4ISR網路系統的介面並接收/傳送個別的C4ISR系統訊息，C4ISR訊息介面層接收到來自C4ISR網路系統的訊息後，同樣的將訊息內欄位資訊擷取出來，傳送到轉換處理層處理。標準訊息介面層是共同不變的，而C4ISR訊息介面層則是針對不同的C4ISR系統專門設計的。在轉換處理層方面，則只需利用控制訊息抽換處理模組及對映資料庫內容，使其適用於不同組態而達重複使用的目的。

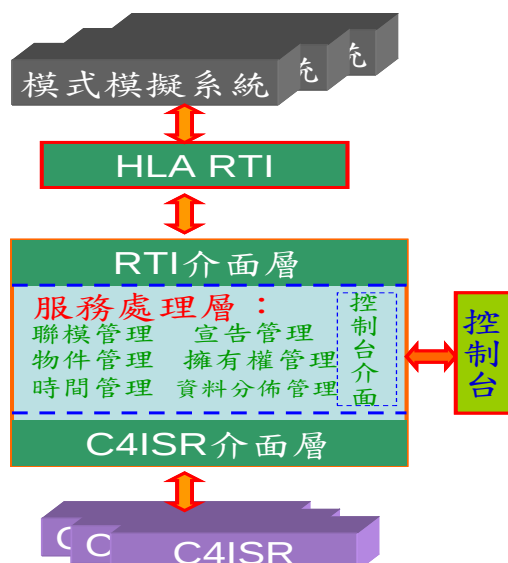
2.應用HLA標準設計整合架構

上節所設計的整合架構，只是以共通訊息交換機制來達成資訊共享的目標，對於更精進的模擬服務(如：時間管理、資料分佈管理等等)相關功能則未觸及。HLA是美軍最新推動高階模擬架構，除了整合實體型模擬、模擬器型模擬、兵棋型模式模擬外，還可整合C4ISR系統，因此，本節將聚集焦點於應用HLA標準來設計整合架構。

HLA架構的重要理念是將個別獨立自主的模擬系統(或C4ISR系統)元件化，元件化的系統在HLA架構平台上能夠整合成新的系統，所有參與整合的個別系統藉由呼叫HLA執行時基礎架構(Run Time Infra-structure, RTI)的介面來達

成。當有不同需求時，只要將原有的元件組合成新的系統而不需重新製作一個新系統。

使用HLA標準將C4ISR與模擬作系統整合，其重點就在設計一個C4ISR與RTI之間的中間軟體，這中間軟體代理HLA RTI 與C4ISR系統之間的所有通訊與服務工作，轉換C4ISR系統與模擬系統之間的訊息使其遵循HLA標準。中間代理軟體分為三層：(1)RTI介面層，(2)服務處理層，(3)C4ISR系統層，如圖十五所示。其中第一、二層可以對所有C4ISR系統都相同，第三層則是針對特定C4ISR系統所設計。在第一層RTI介面層中，是以HLA標準的程式介面RTI ambassador及Federate Ambassador 來達成與HLA RTI之間的溝通。在第二層服務處理層中除了有六大服務外，還須有控制台介面，以接受操控及調整連網整合的組態。第二層主要功能是針對HLA 介面規格的六種重要服務作轉換。其中聯模管理服務是讓個別系統能夠創造、參與或離開一個連網模擬；宣告管理服務是讓所有參與連網模擬個別系統告訴大家我所需要的資料以及我所產生的資料；物件管理服務是管理連網模擬中的個別系統間的物件資料及互動事件資料的交換；擁有權管理服務是讓模擬物體的責任可在連網模擬中的成員間移轉；時間管理服務是要使所有連網模擬中的成員之模擬時間進行能夠彼此協調，使事件執行的時間以正確的順序進行；資料分佈管理服務是近一步的利用路由空間來限制資料的交換，以避免非必要的資料在網路流傳。由第二層服務可知，利用HLA標準來整合C4ISR與模式模擬系統，的確比共通訊息交換機制擁有更完整的模擬服務。



圖十五 介於C4ISR與HLA RTI之間的中間軟體架構圖（作者繪製）

(三)整合的標準

兩系統整合的首要要求，為訊息（information）要統一，另為訊息的排列方式（形式）及傳輸協定均須明訂，詳如附表一：

表一 C4ISR 系統與模式模擬系統整合標準項目表（作者繪製）

主項	分項	內容
訊息方面	指揮和管制的命令訊息	A.指揮命令／作戰指導／作戰計劃／透明圖，B.單位組織／組織編碼／單位關係／單位識別碼／作戰命令順序，C.單位狀況／組織狀況／單位位置／座標系統，D.軍隊符號／共同圖像／三維視覺，E.武器特性，F.作戰計劃情報交換及武器發射(何時、為何)。
	通資網路訊息	A.實體網路描述，B.網狀化網路描述，C.網路管理訊息，D.電子戰、資訊戰。
	戰場環境訊息	A.地形，B.空域，C.海域，D.太空，E.氣候，F.發射頻譜(率)。
	演習(作戰)控制／回顧系統／資料蒐集等訊息	A.啟動／暫停／停止／重新啟動，B.時間管理，C.一致的操作(演習)，D.模擬／真實狀態，E.問題解決 F.資料蒐集。
排列格式	訊息形式	A.可變的訊息形式(VMF)，B.聯合可變的訊息形式(JVMF)，C.文字訊息形式(MTF)，D.戰術火力形式(TACFIRE)，E.分散式互動模擬(DIS)，F.高階模擬架構 FOM(HLA FOM)。
	國防資訊基礎建設共通環境訊息形式(DII COE formats)	A.聯合共同資料庫應用程式(JCDB API)，B.共同訊息處理應用程式(CMP API)。
	辦公室自動化形式	A.圖形(graphics)／影像(imagery)，B.作戰指示描述。
傳輸協定	(1)簡單信件傳輸協定(SMTP)。(2)國際電子郵件標準(X.400)。(3)檔案傳輸協定(FTP)。(4)用戶資料訊息協定(UDP)。(5)傳輸控制網路通信協定(TCP/IP)。(6)資料終端與封包網路交換協定 X.25。(7)超文件傳輸協定(HTTP)。(8)網路聯模演訓作業平台(RTI)。	

四、具體效益

(一)可運用模式模擬科技降低武器設計、生產成本及風險

目前由於各種先進器材的運用使武器的生產成本在高性能的要求下逐年上揚，另一方面，由於冷戰的結束，使得各國的國防預算均逐年降低。因此各國的國防決策單位均必須面對此種兩難的局面，以美軍主力戰車 M 1A2 為例，此種戰車每輛造價高達一千一百萬美元，但是如果不設法改進現今的防護力，則它們在戰場上，極可能遭到步兵攜行每枚價值十萬美元左右的新型反戰車飛彈

所擊毀，極不合乎成本效益。因此在設計新一代的戰車時，即須以現有之各型反戰車飛彈為基礎，研究如何防護各種反戰車武器的攻擊，並預估未來廿年反戰車飛彈所可能產生的發展。往昔此種預判往往相當的不實際，因為做為實測車的各型裝甲並無法真正仿造出與未來主戰車裝甲一致的防護效果。但模擬科技配合最新的材料參數科技不僅讓設計人員可以瞭解各型裝甲的防護力，並可精確的計算出成本及最合乎作戰效益的戰車構型，擬出各種備案做為選擇。而唯有在模擬車測試完成之後，設計人員才會繼續推動下個系統獲得步驟的進行，因此大幅的降低了設計的風險。而另一方面，模擬的測試也可大幅減少實際的原型車測試，及製造各種先期車種的零配件等，因此在設計成本方面也大幅的降低。

(二)可運用模式模擬科技改進部隊訓練

目前幾乎全世界各國的國防部隊均致力於模擬科技的部隊訓練運用，尤其是場地需求度較高、危險程度較大、訓練成本較昂貴的訓練項目。這些訓練項目中尤以戰鬥機、戰鬥直昇機及載人航空器的飛行員訓練，以及戰車駕駛等之使用最為頻繁；而美國海軍及國際船舶協會也使用模擬駕駛儀來訓練他們的主要船上指揮人員對於海上各種危機的處理能力（諸如油輪的擱淺、船上起火等極度危險且無法在真實的航行中加以演練者）。由於數位化地理圖資科技的進步，使目前乘員的訓練越來越進步，真實度也越來越高，更重要的是，它不會對受訓的飛行員產生任何實質的生命威脅，但卻可利用各種輔助科技的結合，產生和真實飛行一樣的生理威脅和壓力現象，使飛行員如臨實戰一般。從越戰的經驗顯示，飛行員（戰鬥機及直昇機）如果在第一次空戰中未被擊落，則第二次空戰的生存率將大幅提昇百分之一百廿以上，因此美軍在越戰期間，便已著手進行飛行模擬器的研發，目的就在使未上戰場的飛行員能獲得如實戰一般的經驗，以提高其生存力。而除了真實度外，飛行模擬器不佔空間，也是極大的優點。這對於像以色列這種大量依賴動員飛行員執行戰時任務的國家具有最高的效益。以色列設於各地的飛行員訓練站，使以色列的直昇機和戰鬥機備役的駕駛員，可以在收到訓練通知後，於當天下午下班即至就近之訓練站實施模擬飛行演練。全程從任務簡報、座艙演練、任務回報到任務結束，僅需兩個小時，這些備役飛行員甚至可以回到家裏吃晚飯。而目前美軍各後備基地也推動此類訓練設備的建置，使各地的後備軍人及國民兵部隊可於就近的基地實施訓練，而無須到遠處的軍事基地進行訓練。除了飛行及駕駛訓練之外，地面部隊的射擊訓練也是近年各國陸軍經常面對的訓練難題，除了其強大的噪音經常造成民怨外，曲射武器的火炮射擊亦因近來日趨密集的飛航路線，易對飛行器造

成威脅，因此美軍在 1978 年便開始於胡特堡進行戰車砲模擬訓練，經過十餘年使用後，其成果於波灣戰爭充分顯現。當時參戰的美軍戰車砲射手實彈平均射擊發數僅十二餘發，但卻獲致實際命中率 95.7% 的高命中率。由以上所節，可知模擬科技運用於部隊訓練，不僅是環境使然，同時亦可獲致極高成果。

(三) 利用模式模擬科技在戰法研發上的運用

往昔的各種戰法是前人血汗結晶，是許多人命的犧牲代價，但在快速變遷的資訊時代，各國部隊所面對的幾乎是已不會重覆的戰場和環境。以波灣戰爭以來各次戰爭為例，在波灣戰爭中，美軍和聯軍各國部隊發揮絕對空中優勢，配合強大的電子戰力，完全瓦解伊軍的防禦，並在廿十四小時內便解決了數千輛的伊軍機甲車輛。但是當一樣的空優和電子戰優勢移到科索夫後，盟軍所獲成果和波灣戰爭相比真是天壤之別。由於受到天候及地形的限制，盟軍對南聯部隊歷時兩個月的密集轟炸，僅損害南聯部隊不到十分之一的戰力，收效極差。而另一方面非傳統衝突型態作戰（Operation Other Than War, OOTW）需求的增高，更使傳統的戰法面臨極大的考驗。即以我國為例，在九二一震災中，國軍部隊仍須在面對中共強大武力威脅下，全力投入救災，天災的救援，即屬非傳統衝突型態作戰之一。而這些從前所未重視的作戰型態幾乎成了現在各國主要的研究課題，但是像反恐怖活動、城鎮戰等高強度、高難度的戰爭，幾乎都難以應用從前舊式的作戰方式來適應新的作戰環境。而另一方面，如資訊戰、電子戰等新興的科技戰爭更是年年翻新，因此戰法、戰術的研發，便成了各國相關人員一個極大的考驗。模擬的運用，即是利用資訊科技的彈性和快速運算能力，除可針對現今各種作戰環境和作戰裝備的改變，研發新的戰法。更重要的，對於諸如城鎮戰等需要週密準備的作戰型態，可提供重覆、精確的行前演練，使作戰人員能針對各種不同的敵人、環境和裝備，設計出最彈性的策略，以尋求克敵制勝之道。

(四) 運用模式模擬科技研發新的準則

準則是部隊編組、訓練、作戰的行動準據。正確合宜的準則可提供精良訓練部隊的良好基礎。並在遭遇戰場不可預知狀況下，讓指揮官及士兵都能做出正確的反應。但如前所述，在快速變化的現代作戰環境下，準則的編修速度必須能跟上戰場變化的速度，方能具有良好的適應性及適用性。因此以美軍為例，除利用諸如經驗教訓中心（Center for Army Lesson Learned, CALL）綜整往昔作戰的戰術、戰法缺失外，並蒐集各種參數，透過模擬的手投，於胡特堡等基地，配合實兵模擬部隊進行新戰法的驗證，而後進行準則的編修。使舊準則能完全符合時代變化的需求。而另一方面美軍在準則研發方面特重概念的提出，因此

其驗證技術的發展也就相形重要。以波灣戰爭為例，由於戰後，返國的部隊提出在戰後有關事項當中，諸多事項是舊有準則所未加敘述者。因此有必要研發新的準則；又如南方司令部所提出的，由於近年來毒梟日益猖獗，因此有必要編修反毒作戰準則。以上都是必須重新研發的新準則，如何加以編定，便有賴有效的狀況預判，目前此類全新型態的準則，美軍多以模擬科技進行行為預判(Activities Prediction)模擬，所獲之模式再加以精鍊後，完成準則概念書面條列，而後再將此一書面資料送回原發案指揮部，進行意見回饋。最後送交參謀首長聯席會主席核准。而後，再針對實際情況，不斷研改，直至獲得最佳之結果為止。如此繁複的程序，如以傳統的準則發展方式，不僅曠日廢時，且不易達成應有之精確度。模擬科技在此一方面自然就成了促進速度的不二之道。

(五)運用模式模擬科技輔助決策研究

目前全世界已有許多的學術單位和組織進行了各種決策模擬的設計。軍事決策方面，美軍利用模擬科技輔助其戰略決策管理，亦行之有年，並在使用各種模擬的技術中，找到較佳方案，例如目前美國陸軍戰院，運用戰略危機決策兵棋推演模式，不僅訓練其戰院層級的學官熟悉高強度的現代危機處理模式，更成為參謀首長聯席會議主席每年主持戰略決策演習之指揮所位置。美陸軍戰院的這一套決策模式運用內部網路構成各主要司令部與國防部、國會及國務院間的通連，並藉全球網路體系與分散各地之各戰區司令部構連，形成一個全球觀的環境。目前該兵棋推演以十九個想定進行各地危機決策的演練，並結合各種參數資料庫來達到幾可亂真的決策演練，因此極受各國重視。

(六)其它

1.提供國軍可將模式模擬理論廣泛運用於部隊各階層作戰評估，作為研擬軍事架構與作戰流程之最佳工具。

2.運用模式模擬訓練功能，協助國軍各級指揮官獲得較佳之戰場部署與指揮管制，發揮模式模擬在 C4ISR 構建後之效能。

3.因 C4ISR 系統與模式模擬系統實為兩個異質性的系統，C4ISR 系統是著重於軍隊的指揮管制作業，而模式模擬系統著重於教育訓練與戰術戰法分析、模擬作業。本文已確實針對 C4ISR 系統與模式模擬系統整合訂定出參考標準，以利國軍後續十至二十年藉由 C4ISR 系統的基礎建設與模式模擬系統的虛擬實境，完成虛擬合成戰場“模擬實戰”之目標。

4.因應國軍博勝案及各項模式模擬系統建置規劃，為確保兩項系統在獲得後能夠發揮最大整合效用，可藉由本文參考美軍的建置過程及未來的目標，讓國軍博勝案及作戰模擬規劃業參對未來國軍 C4ISR 系統與模式模擬系統的建軍作

業有標準可循。

五、未來發展方向

(一)以合成化模擬戰場為主要目標

國軍的模式模擬策略逐漸走向「合成化模擬戰場」之潮流，而且利用模式模擬協助決策支援及實施演訓已成趨勢，而「合成化模擬戰場」則是將不同模擬系統予以整合，以提供高仿真之協同作戰環境，在現代化、科技化的戰備訓練過程中，具有低成本、高效益、少風險之優點。然而，國軍現役之模式模擬系統，大部分均由各軍種依其訓練目標建案購置；為提昇運用成效，強化聯戰訓練，未來應予以功能提升，提供整合介面可以與其他模擬系統連線進行整合演訓。

(二)以高階模擬架構（HLA）為模擬整合主架構

美國國防部經過十多年的測試與發展，為模式模擬建構出一套完整的『高階模擬架構』，此架構將成為美軍上下一貫之標準並廣泛運用於各類不同功能之軍事系統中。該技術架構之主要目的在於為了達成不同的模擬系統間之交流互動，並且提昇模擬系統和軟體元件之可重複使用率。而此『高階模擬架構』也於西元 2001 年正式成為 IEEE 1516 規格，是目前國際間唯一的模式模擬建制與互動規格。

(三)模式模擬系統及C4ISR系統發展均須具聯網功能

未來國內模式模擬系統的精進或研發，應朝既可單系統運作並能支援連線整合其他系統的方向發展，例如 JTLS 系統可以單系統執行兵棋推演，亦支援 HLA 介面可以跟 JCATS、EADSIM 等系統連線進行聯合演訓。如此不僅可以將各模式模擬系統的效益提升，模擬演訓的效果也可以達到最佳化。

伍、結論

從波灣戰爭、科索沃戰爭以及此次美伊戰爭中證明，未來戰場係以數位化訊息技術貫穿整個戰場，使武器裝備產生橫向技術協同合作，形成整體作戰，以取得戰場優勢。可見未來武器裝備除在速度、射程、精度上提升外，更重要的是研究戰場資訊如何精確流通而不被干擾與遮蓋，以取得戰場優勢。二十一世紀的戰爭是以電腦科技為基礎的數位化作戰方式，運用模式模擬系統與 C4ISR 系統的整合完成「數位化戰場」的建構，其價值和影響力日益重要，身處世紀交替的我們，更是不能不瞭解這個時代的變化。國軍因應中共威脅必須力求創新，以數位化全面整合指、管、通、資、情、監、偵系統，爭取優勢，保障臺海安全，維持兩岸和平。

註釋

- 1.唐寶深，「指管通資情監資系統概論」，新新季刊，第 29 卷第 3 期，(龍潭：中山科學研究院，2001)。
- 2.Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology of DoD of U.S., Modeling and Simulation Master Plan,DoD 5000.59-P,(1995),pp.A-6。
- 3.Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology of DoD of U.S., Modeling and Simulation Master Plan,DoD 5000.59-P, (1995),pp.A-7。
- 4.Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology of DoD of U.S., Modeling and Simulation Master Plan, DoD 5000.59-P,(1995),pp.2-1。
- 5.Headquarters,Department of the Army Office of the Deputy Chief of Staff for Operations and Plans and Office of the Deputy Under Secretary of the Army (Operations Research),The Army Model and Simulation Master Plan,(1997),pp.3-3。
- 6.Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology of DoD of U.S., Modeling and Simulation Master Plan, DoD 5000.59-P,(1995),pp.A-6。
- 7.Defense Systems Management College,Simulation Based Acquisition: A New Approach,(1998),pp.2-3。
- 8.教準部作戰模擬處，「第一篇」，作戰模擬學，(龍潭：陸軍總司令部，2000)。
- 9.Allison Griffin，Andreas Tolk, Ph.D，Joe Lacetera.: “C4ISR/Sim Technical Reference Model Study Group Final Report (C4ISR/Sim TRM),” Paper 01F-SIW-008, 2002 Spring Simulation Interoperability Workshop, (2002).
- 10.U.S. Department of Defense (DoD) 5000.59-P, “DOD Modeling and Simulation Master Plan,” Washington, D.C., (1995).
- 11.NATO Study Group on Modeling and Simulation (SGMS): “NATO Modeling and Simulation Master Plan, Version 1.0”, AC/323(SGMS)D/2, Brussels, (August 1998).
- 12.DoD Technical Reference Model Website: <http://www-trm.itsi.disa.mil/>
- 13.黃俊堯，「異質性模訓系統整合演訓開發計畫」，93 年度國防部委託研究成果發表會，(龍潭：國防大學，2005)。
- 14.Defense Information Infrastructure (DII COE) Technical Working Groups and Advisory Group Page, Office of the Defense Information Systems Agency, (http://diicoe.disa.mil/coe/aog_twg/twg/twg_page.html), (August, 2000).
- 15.Michael R.Hieb,Ph.D.D，Ron Sprickle: “Simulation Infrastructure for the DII COE

Architecture:The Army Vision ”, Paper 00F-SIW-035, 2001 Fall Simulation Interoperability Workshop, (2001).

16.同註 15。

17.Levels of Information Systems Interoperability, C4ISR Architectures Working Group, 30 March 1998, available at: US DoD, OSD (C3I), CIO, Director for Architecture and Interoperability Website: <http://www.c3i.osd.mil/org/cio/i3/> .

18.同註 15。

19.黃俊堯， “高階模擬架構(HLA)的演進史及發展概念介紹” ，(中正大學：嘉義，2000)。

20.同註 9。

21.Carr, F.H. and Hieb, M.R.: “Issues and Requirements for Future C4ISR and M&S Interoperability,” 7th Conference on computer Generated Forces and Behavioral Representation, (1998).

22.Ressler, R., Hieb, M.R., and Sudnikovich, W.: “M&S/C4ISR Conceptual Reference Model,” Paper 99F-SIW-060, 1999 Fall Simulation Interoperability Workshop, (1999) .

23.NATO Open Systems Working Group: “NATO C3 Technical Architecture (Draft Version)”, AC/322(SC/5) WP/31, (October 2000).

24.Michael R.Hieb,Ph.D. , Major Michael J.Staver: “The Army’s Approach to Modeling and Simulation Standards For C4I Interfaces”, Paper 98F-SIW-259, 1998 Fall Simulation Interoperability Workshop, (1998).

25.Lightner, M. Schanduaa, J., Cutts, D., & Zeswitz, S.: “The High Level Architecture Command and Control Experiment – Lessons Learned in Designing an Extended Federation”, Paper 98S-SIW-93, 1998 Spring Simulation Interoperability Workshop, (1998).

26.同註 25。

27.同註 25。