



## Łączenie symulacji konstruktywnej i wizualnej w rozproszonych systemach symulacji działań bojowych

MAREK SALAMON

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki, Instytut Teleinformatyki i Automatyki,  
01-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2, msalamon@wat.edu.pl

**Streszczenie.** W artykule przedstawione zostały problemy wynikające z integracji stanowisk symulacji konstruktywnej ze środowiskiem symulacji wizualnej pola walki w rozproszonych systemach symulacji działań bojowych. Zaprezentowano koncepcję i ogólne zasady łączenia stanowisk symulacyjnych. We wnioskach końcowych wyspecyfikowano zagadnienia, nad którymi koncentrować powinny się dalsze prace w tym obszarze. Zadanie realizowane było w ramach pracy badawczo-rozwojowej pt. „System Symulacyjnego Wspomagania Szkolenia Operacyjnego — Złocień”

**Słowa kluczowe:** informatyka, symulacja konstruktywna, symulacja wizualna, rozproszona interaktywna symulacja działań bojowych

### 1. Wstęp

W rozproszonym systemie symulacji działań bojowych występować mogą stanowiska symulacji konstruktywnej, stanowisko symulacji wizualnej oraz rzeczywiste symulatory lub trenażery (np. trenażery lotnicze, trenażery czołgowe). Obiektami symulacji konstruktywnej są oddziały wojskowe w formie zagregowanej (np. batalion czołgów). Zachowanie oddziału, na które wpływają takie parametry jak: lokalizacja, prędkość i kierunek przemieszczania, ukompletowanie, status wyznaczane jest z wykorzystaniem odpowiednich modeli symulacyjnych. W symulacji konstruktywnej czas symulacji jest umowny, definiowany w zależności od potrzeb związanych z przebiegiem ćwiczenia.

W stanowiskach symulacji wizualnej obiektami symulacji są pojedyncze obiekty (np. czołg, wóz pancerny, samolot). Parametry opisujące pojedynczy obiekt są wyznaczane niezależnie. Określenie lokalizacji, prędkości i kierunku przemieszczania, ukompletowania i statusu oddziału, na który składają się pojedyncze obiekty, odbywa się na podstawie parametrów opisujących zachowanie wszystkich obiektów, które tworzą dany oddział. Zachowanie obiektów symulacji wizualnej może być wyznaczane przez rzeczywiste symulatory lub w procesie symulacji komputerowej. Proces symulacji komputerowej realizowany jest przez moduł programowy CGF (*Computer Generated Forces*).

Istniejące modele symulacji komputerowej oraz coraz bardziej nowoczesne rozwiązania w zakresie sieci komputerowych dają duże możliwości tworzenia rozproszonych architektur systemów symulacyjnych. Połączone w sieci komputery, wykonując różnego rodzaju symulacje, mogą przekazywać zadania i dane do różnych węzłów. Jednocześnie w procesie symulacji może brać interaktywny udział wielu uczestników znajdujących się w rozproszonych przestrzennie węzłach sieci. Rozproszona interaktywna symulacja DIS (*Distributed Interactive Simulation*) jest modelem architektury systemu symulacyjnego, który umożliwia budowanie globalnych systemów symulacyjnych składających się z wielu niezależnych węzłów symulacyjnych, komunikujących się ze sobą poprzez wspólny protokół sieciowy. Każdy węzeł symulacyjny niezależnie symuluje zachowanie jednego lub więcej obiektów biorących udział w globalnym procesie symulacji i przekazuje ich atrybuty oraz status do zainteresowanych innych węzłów symulacyjnych. W typowym zadaniu symulacji rozproszonej obiekty biorące udział w symulacji działają we wspólnym wirtualnym środowisku i mogą w czasie rzeczywistym interaktywnie na nie wpływać. Istotną właściwością symulacji DIS jest to, że odbywa się ona w czasie rzeczywistym. Zmiany w środowisku symulacyjnym, będące wynikiem pewnego zdarzenia w węźle symulacyjnym, pojawiają się w momencie zaistnienia tego zdarzenia.

Przykładem systemu symulacji DIS jest symulator SIMNET wykorzystywany w armii amerykańskiej. SIMNET umożliwia szkolenie współdziałania załóg czołgów i pojazdów bojowych. Węzły symulacyjne reprezentują pojedyncze pojazdy (czołgi i wozy opancerzone). Tworzą je typowe trenażery wyposażone w komputerowy system symulacji, generator obrazu i kabinę z manipulatorami. Obsługiwane są przez 3-4-osobowe załogi. W trakcie wykonywania ćwiczenia, w każdym węźle symulacyjnym komputer wyznacza aktualną pozycję i kierunek przemieszczania pojazdu we wspólnym wirtualnym środowisku pola działań bojowych. Ćwiczący w sposób interaktywny oddziałują na inne obiekty symulacji.

Wszystkie węzły symulacyjne SIMNET są połączone ze sobą siecią komputerową, poprzez którą przesyłane są pakiety informacji o zachowaniu danego pojazdu. Dzięki tym komunikatom w każdym węźle symulacyjnym znana jest informacja o innych obiektach biorących udział w symulacji. Generator obrazu wykorzystuje

te informacje, tworząc aktualny obraz pola walki. Jednocześnie przesyłane są informacje o ostrzale. Model symulacyjny rozstrzyga o celności trafień i zobrazowuje skutki wykonywanego strzelania.

Poprawność działania systemu symulacji DIS zależy od spełnienia dwóch istotnych wymagań. Pierwsze wymaganie dotyczy wirtualnego obszaru działań bojowych. Obiekty biorące udział w symulacji muszą operować na identycznej bazie danych o terenie. Drugie wymaganie dotyczy protokołu komunikacyjnego, którym przesyłane są informacje. Protokół komunikacyjny DIS powinien definiować różne typy i formaty komunikatów, które węzły symulacyjne wymieniają między sobą, aby zapewnić prawidłowe działanie całej symulacji. Dodatkowo, powinien precyzyjnie definiować warunki mówiące o tym, kiedy węzeł symulacyjny może wysłać dany typ komunikatu, a także definiować procesy, które powinny być wykonane po odebraniu komunikatu przez węzeł symulacyjny.

W systemach symulacji wizualnej węzeł symulacyjny CGF odpowiedzialny jest za komputerową generację i symulowanie zachowań obiektów biorących udział w symulacji (np. czołgi, artyleria, samoloty). CGF jest jednym z węzłów symulacji rozproszonej i ma możliwość komunikowania się z innymi węzłami sieci. CGF może być wykorzystywany do symulacji zachowań pododdziałów wojsk obcych lub do zastępowania części wojsk własnych zgodnie ze scenariuszem ćwiczeń realizowanych na wirtualnym polu walki. Dużą zaletą takich ćwiczeń jest to, że trenujący walczą ze stroną przeciwną i jednocześnie doskonali współpracę z pododdziałami wojsk własnych symulowanymi przez moduł CGF. Zachowanie obiektów symulowanych przez CGF jest sterowane przez oprogramowanie z zaimplementowanymi odpowiednimi modelami walki. Modele walki powinny być tak zbudowane, by inteligentnie reagować na zmieniającą się sytuację na polu walki i jednocześnie uwzględniać zasady strategii i taktyki wojennej właściwej dla odpowiedniej strony walczących. Obecność CGF jest bardzo istotna przy wszelkiego rodzaju działaniach związanych z analizą i planowaniem operacyjnym. Moduł CGF umożliwia symulowanie wirtualnego pola walki zgodnie z wymaganiami narzuconymi przez analityków lub planistów.

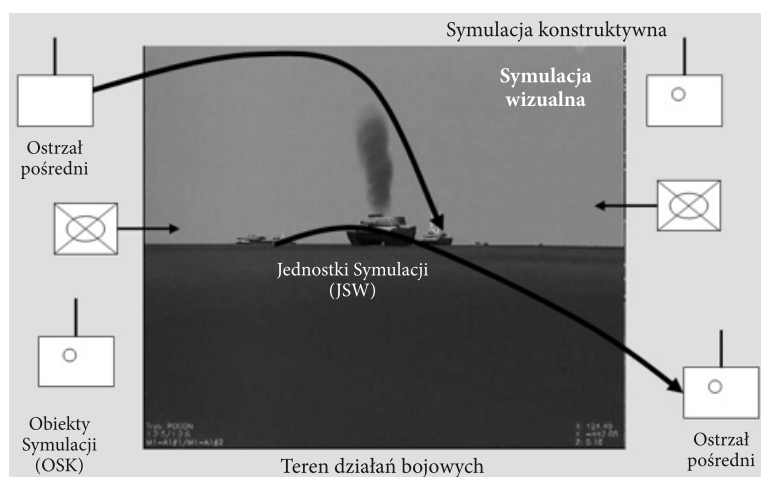
Podsumowując rozważania dotyczące symulacji konstruktywnej i wizualnej, należy podkreślić to, że w symulacji konstruktywnej reprezentowane są zagregowane oddziały i pododdziały, podczas gdy w symulacji wizualnej są to pojedyncze obiekty, takie jak czołgi, wozy pancerne, samoloty itp. W konstruktywnej i wizualnej symulacji w inny sposób traktowany jest czas i przestrzeń. W symulacji wizualnej upływający czas jest czasem rzeczywistym. Ma on bezpośredni wpływ na zmiany w środowisku symulacyjnym. Każda zmiana symulowanego obiektu jest na bieżąco nanoszona na obraz wirtualnego pola walki. Inaczej jest w symulacji konstruktywnej. Czas może tu być zatrzymywany, symulacja może odbywać się z określonym krokiem czasowym. Krok czasowy nie ma nic wspólnego z czasem potrzebnym na wykonanie przez komputer symulacji zdarzeń zachodzących w tym kroku. Symulacja konstruktywna nie pracuje w reżimie czasu rzeczywistego.

W stanowisku symulacji wizualnej teren wirtualnego środowiska symulacji generowany jest z bardzo dużą szczegółowością, często z naniesionymi drogami, pojedynczymi budynkami, drzewami itp. Teren jest ciągły. Położenie i przemieszczanie symulowanych obiektów jest możliwe w całej rozciągłości modelowanego terenu. Węzły symulacji konstruktywnej również mogą wykorzystywać model terenu. Jest on tworzony z siatki wielokątów, na które nanosi się tekstury odwzorowujące pokrycie terenu. Model taki, nie zawiera jednak szczegółów terenowych, jest przedstawiany w dużej skali.

## 2. Zasady łączenia symulacji konstruktywnej i wizualnej

W symulacji konstruktywnej reprezentowane są Obiekty Symulacji (OSK) stanowiące zagregowane pododdziały, natomiast w symulacji wizualnej reprezentowane są Jednostki Symulacji (JSW), którymi mogą być pojedyncze czołgi, wozy bojowe czy samoloty. Idea łączenia symulacji konstruktywnej z wizualną powinna uwzględniać współdziałanie. Każde zdarzenie mające miejsce w symulacji konstruktywnej ma wpływ na symulację wizualną i odwrotnie, każde zdarzenie w symulacji wizualnej powinno być odwzorowane w symulacji konstruktywnej. Moduł CGF wykorzystywany jest do generacji i zarządzania jednostkami symulacji wizualnej JSW, które powstają w procesie deagregacji obiektów symulacji konstruktywnej OSK.

Na rysunku 1 przedstawiono przykład scenariusza walki realizowanego w systemie połączonej symulacji konstruktywnej i wizualnej. Symulacja konstruktywna rozgrywana jest na rozległym obszarze terenu. Część tego obszaru jest środowiskiem



Rys. 1. Przykład deagregacji obiektów symulacji konstruktywnej (OSK) na jednostki symulacji wizualnej (JSW)

symulacji wizualnej. Baza danych o terenie może obejmować całkowity obszar działań bojowych, lecz w praktyce nie stosuje się takiego rozwiązania ze względu na różne wymagania związane ze szczegółowością odwzorowania terenu w obu typach symulacji. Obiekty symulacji konstruktywnej OSK, przemieszczając się, mogą znaleźć się w obszarze symulacji wizualnej. Jeżeli znajdą się w tym obszarze, następuje proces deagregacji tych obiektów na jednostki symulacji wizualnej JSW. Kryterium mówiące o tym, kiedy powinien rozpocząć się proces deagregacji, zostanie omówione w dalszej części.

W momencie spełnienia kryterium deagregacji następuje zamiana obiektów symulacji konstruktywnej OSK na jednostki symulacji wizualnej JSW. Węzeł symulacji konstruktywnej przekazuje informacje o położeniu, statusie, prędkości i kierunku przemieszczania oraz aktywności operacyjnej obiektu do węzła symulacji wizualnej. Węzeł ten, a jest nim moduł CGF, przejmuje kontrolę nad wszystkimi JSW wchodzącymi w skład OSK. Jednocześnie symulacja konstruktywna przestaje kontrolować obiekt symulacji, który został zdekomponowany. Obiekt ten traktowany jest jako nieaktywny uczestnik procesu symulacji konstruktywnej. Jego zmiany wynikać teraz będą ze zdarzeń przebiegających w środowisku symulacji wizualnej. Aktualne parametry opisujące jednostki symulacji wizualnej przekazywane będą do symulacji konstruktywnej poprzez moduł CGF. Powstałe w wyniku deagregacji jednostki JSW umieszczane są zgodnie ze swoim położeniem na wirtualnym obszarze działań bojowych. Pod uwagę brane są również inne informacje przekazane do CGF z symulacji konstruktywnej. Przykładowo, jeżeli z informacji przekazanych z symulacji konstruktywnej wynika, że zdekomponowany obiekt OSK bierze udział w ataku, wówczas jednostki JSW wchodzące w skład tego obiektu umieszczane są w wirtualnym terenie w szyku natarcia. Rozmieszczenie jednostek JSW w terenie nie może również naruszać realizmu. Przykładowo, nie można umieścić czołgu w środku jeziora.

Jednostki symulacji wizualnej JSW mogą prowadzić bezpośredni ostrzał na obszarze wirtualnego pola walki, mogą się przemieszczać i wykonywać różnego rodzaju manewry. Zachowanie tych jednostek jest kontrolowane przez moduł CGF. W systemie interaktywnej rozproszonej symulacji może występować wiele stanowisk symulacji konstruktywnej. W niektórych systemach symulacji rozproszonej węzłami symulacji mogą być rzeczywiste trenażery lub symulatory. Jednostki symulacji wizualnej mogą powstawać w procesie deagregacji różnych obiektów symulacji, które osadzone mogą być w dowolnym węźle systemu. Proces deagregacji obiektów jest niezależny od lokalizacji danego obiektu w sieci DIS.

Interakcja między obiektami symulacji konstruktywnej i jednostkami symulacji wizualnej realizowana jest za pośrednictwem odpowiedniego protokołu komunikacyjnego. Możliwość wzajemnego oddziaływania na siebie obiektów OSK i jednostek JSW pozwala na symulowanie ostrzału pośredniego, w którym przykładowo bateria artylerii symulowana w stanowisku symulacji konstruktywnej ostrzeliwuje jednostki

JSW poruszające się po wirtualnym obszarze symulacji wizualnej. Podobnie jednostki symulacji wizualnej mogą prowadzić ostrzał w kierunku obiektów, które nie znajdują się na obszarze symulacji wizualnej a są reprezentowane jako obiekty symulacji konstruktywnej.

Procesem odwrotnym do deagregacji jest agregacja. W procesie agregacji następuje scalenie odpowiednich jednostek symulacji wizualnej w obiekt symulacji konstruktywnej. Do stanowiska symulacji konstruktywnej przekazywana jest informacja o agregacji. Symulacja konstruktywna przejmuje sterowanie nad obiektem symulacji, który do tego momentu traktowany był jako nieaktywny uczestnik procesu symulacji konstruktywnej. Jednocześnie symulacja wizualna przestaje kontrolować jednostki symulacji, który zostały scalone. Są one usuwane ze środowiska symulacji wizualnej. Proces agregacji rozpoczyna się w momencie zakończenia warunków określonych przez kryterium deagregacji lub alternatywnie w momencie pojawienia się warunków określonych przez kryterium agregacji.

### 3. Konfiguracja systemu

Na rysunku 2 przedstawiono konfigurację systemu połączonej konstruktywnej i wizualnej symulacji. Medium komunikacyjnym systemu jest sieć komputerowa. Bezpośrednio do sieci komputerowej podłączony jest blok zarządzający, blok CGF oraz różnego rodzaju symulatory rzeczywiste. Blok symulacji konstruktywnej podłączony jest do sieci poprzez blok interfejsowy. Poszczególne bloki funkcjonalne realizują niżej wymienione zadania.

Blok symulacji konstruktywnej:

1. Symulowanie działania i zarządzanie obiektami symulacji konstruktywnej OSK.
2. Symulowanie działania i zarządzanie OSK w reżimie czasu rzeczywistego w przypadku deagregacji (wejście w tryb symulacji wizualnej).
3. Przechowywanie informacji o nieaktywnych OSK odbieranych z bloku interfejsowego.
4. Generowanie informacji o oddziaływaniu pośrednim OSK (np. ostrzał) mającym wpływ na środowisko symulacji wizualnej i przesyłanie tych informacji do bloku interfejsowego.
5. Szacowanie zniszczeń OSK dokonywanych przez jednostki symulacji wizualnej na podstawie informacji o oddziaływaniu pośrednim dostarczanej przez blok interfejsowy.
6. Przesyłanie informacji o stanie OSK do bloku interfejsowego.

Blok interfejsowy symulacji konstruktywnej (blok sprzęgający):

1. Translacja informacji o OSK do formy obowiązującej w sieciowym protokole komunikacyjnym i przesyłanie tych informacji do bloku CGF.

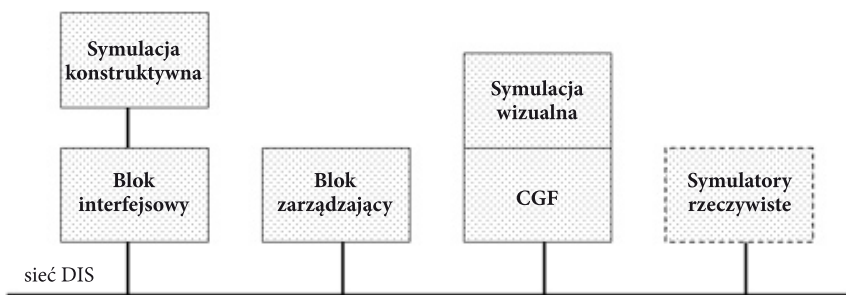
2. Monitorowanie położenia i stanu JSW powstałych w procesie deagregacji OSK, scalanie informacji o tych jednostkach i przesyłanie do symulacji konstruktywnej wynikowej informacji opisującej stan nieaktywnego obiektu symulacji.
3. Translacja konstruktywnie symulowanej informacji o oddziaływaniu pośrednim do formy pojedynczych zdarzeń i przesyłanie tych informacji do bloku CGF.
4. Scalanie informacji o oddziaływaniu pośrednim wykonywanym przez pojedyncze JSW i przesyłanie do symulacji konstruktywnej wynikowej informacji o oddziaływaniu pośrednim.

Blok CGF (*Computer Generated Forces*):

1. Obsługa procesu deagregacji. Generowanie i lokalizacja w środowisku symulacji wizualnej JSW powstałych w procesie deagregacji.
2. Symulowanie działania i zarządzanie JSW.
3. Obsługa procesu agregacji. Usuwanie JSW.

Blok zarządzający:

1. Określanie warunków spełnienia kryterium dekompozycji OSK na JSW i przesyłanie do CGF żądania obsługi procesu deagregacji.
2. Określanie warunków spełnienia kryterium kompozycji JSW do postaci OSK i przesyłanie do CGF żądania obsługi procesu agregacji.



Rys. 2. Konfiguracja systemu połączonej konstruktywnej i wizualnej symulacji

#### 4. Zasady przekazywania sterowania

W systemie połączonej symulacji konstruktywnej i wizualnej każde wywołanie trybu symulacji wizualnej związane jest z przekazaniem sterowania nad procesem symulacji pojedynczych obiektów do bloku realizującego symulację wizualną. Wyjście z trybu symulacji wizualnej powoduje przekazanie sterowania do bloku realizującego symulację konstruktywną. Blok zarządzający jest odpowiedzialny za realizację procesu przekazywania sterowania.

Jeżeli zostaną spełnione warunki związane z przejściem w tryb symulacji wizualnej, następuje proces deagregacji obiektów symulacji konstruktywnej (OSK) do pojedynczych jednostek symulacji wizualnej (JSW) i jednocześnie przejście sterowania nad powstałymi jednostkami przez blok symulacji wizualnej. Od tego momentu blok symulacji konstruktywnej wchodzi w tryb działania w czasie rzeczywistym i uaktualnia dane o obiektach symulacji jedynie na podstawie informacji przychodzących z węzła symulacji wizualnej. Zadaniem bloku interfejsowego jest monitorowanie położenia i statusu powstałych w procesie deagregacji jednostek oraz uśrednianie wyników walki toczącej się w środowisku symulacji wizualnej. Dodatkowo, blok ten musi uwzględniać pośrednie, wzajemne oddziaływanie na siebie obiektów symulacji konstruktywnej i jednostek symulacji wizualnej. Biorąc pod uwagę przedstawione uwarunkowania, proces deagregacji powinien być realizowany w następujących trzech krokach:

1. Blok symulacji konstruktywnej przekazuje blokowi symulacji wizualnej informacje o obiekcie, który ma być zdeagregowany. Informacja ta powinna określać między innymi:
  - lokalizację obiektu;
  - ukompletowanie obiektu (np. liczbę, typ i rodzaj pojazdów bojowych wchodzących w skład obiektu);
  - status obiektu;
  - aktualną aktywność operacyjną obiektu (rodzaj ugrupowania bojowego, kierunek przemieszczania, dane związane z prowadzeniem ognia itp.).
2. Blok symulacji wizualnej na podstawie informacji definiujących obiekt generuje pojedyncze jednostki wchodzące w skład obiektu i rozmieszcza je w zamodelowanym terenie działań bojowych. Proces ten realizowany jest rekurencyjnie. Przykładowo, kompania czołgów dekomponowana jest na plutony, a te następnie na pojedyncze czołgi i stanowiska dowodzenia. Istotną rzeczą w tym procesie jest znajomość struktury i taktyki oddziałów i pododdziałów bojowych. Rozmieszczanie pojedynczych jednostek nie może być losowe, konieczne jest uwzględnienie charakterystyki ukształtowania i pokrycia terenu oraz znajdujących się przeszkód terenowych.
3. Blok symulacji wizualnej przekazuje do bloku zarządzającego potwierdzenie zakończenia procesu deagregacji obiektu. Jednocześnie przekazuje do bloku interfejsowego informacje określające położenie i status powstałych jednostek. Blok interfejsowy na podstawie tych informacji przesyła do bloku symulacji konstruktywnej uśrednione dane opisujące stan i zachowanie obiektu symulacji konstruktywnej, w skład którego wchodzi powstałe jednostki. Proces monitorowania i przesyłania tych informacji realizowany jest w sposób ciągły przez cały okres pracy systemu w trybie symulacji wizualnej.

Procesem odwrotnym do deagregacji jest agregacja. W wyniku tego procesu następuje przekazanie kontroli nad danym obiektem symulacji do bloku symulacji



konstruktywnej. Pojedyncze jednostki wchodzące w skład danego obiektu są usuwane ze środowiska symulacji wizualnej. Proces agregacji powinien być realizowany w następujących krokach:

1. Blok symulacji wizualnej odbiera informacje o obiekcie, który ma być agregowany.
2. Blok symulacji wizualnej usuwa z modelowanego terenu działań bojowych pojedyncze jednostki wchodzące w skład danego obiektu.
3. Blok symulacji konstruktywnej przejmuje sterowanie nad danym obiektem.

## 5. Podsumowanie

W systemie połączonej symulacji konstruktywnej i wizualnej proces wejścia w tryb symulacji wizualnej może odbywać się automatycznie lub na konkretne żądanie operatora systemu. Można wyspecyfikować wiele warunków, których zaistnienie wywoła ten tryb pracy systemu. Kryteria związane z wejściem w tryb symulacji wizualnej zależne są od koncepcji działania całego systemu połączonej symulacji konstruktywnej i wizualnej.

Należy bardzo wyraźnie powiedzieć, że proces symulacji wizualnej według przedstawionych w tym opracowaniu zasad wymaga opracowania wielu algorytmów opisujących stan i zachowanie się pojedynczych jednostek w środowisku wirtualnego obszaru działań bojowych. Są to algorytmy bardzo złożone, a w przypadku symulacji wielu obiektów (liczba obiektów, które należy symulować, może wynosić od kilkudziesięciu do kilkuset) wymagają dużej mocy obliczeniowej komputera realizującego te zadania. Algorytmy takie w odniesieniu tylko do pojedynczego obiektu symulacji powinny między innymi wyznaczać:

1. Lokalizację obiektu w zamodelowanym wirtualnym terenie działań bojowych w trakcie deagregacji. Proces ten uwzględniać powinien:
  - strukturę i taktykę ugrupowania bojowego, w skład którego wchodzi dany obiekt;
  - charakterystykę ukształtowania i pokrycia terenu;
  - przeszkody terenowe oraz znajdujące się inne obiekty.
2. Kierunek i prędkość przemieszczania uwzględniający między innymi:
  - parametry techniczne obiektu;
  - charakterystykę, ukształtowanie terenu, występowanie przeszkód terenowych;
  - współdziałanie z innymi obiektami symulacji;
  - strategię i taktykę prowadzonych działań bojowych.
3. Aktywność operacyjną obiektu, a w ramach tego:
  - prowadzenie ognia (taktyka, rodzaj ognia, cel, skuteczność);

- manewrowość;
  - uszkodzenia i zniszczenia w wyniku bezpośredniego ostrzału prowadzonego przez inne jednostki symulacji wizualnej;
  - uszkodzenia i zniszczenia w wyniku pośredniego ostrzału prowadzonego przez zagregowane obiekty nieprzyjaciela symulowane w bloku symulacji konstruktywnej.
4. Oddziaływanie bezpośrednie na inne jednostki symulacji wizualnej.
  5. Oddziaływanie pośrednie na obiekty występujące w formie zagregowanej w bloku symulacji konstruktywnej.

Równie złożone są zadania, które realizuje blok zarządzania. Podstawowym jego zadaniem jest integracja występujących w systemie stanowisk symulacji konstruktywnej, stanowiska symulacji wizualnej i ewentualnych rzeczywistych symulatorów. Integracja tych stanowisk realizowana powinna być z wykorzystaniem *run-timowej* infrastruktury HLA (*High Level Architecture*). Innym istotnym zadaniem tego bloku jest powoływanie, według określonych kryteriów, trybu symulacji wizualnej oraz nadzór i sterowanie połączonym systemem symulacji konstruktywnej i wizualnej.

Do generacji w czasie rzeczywistym złożonych scen, o dużej szczegółowości i realizmie, wykorzystywane powinny być systemy komputerowe o architekturze wieloprocessorowej ukierunkowane na realizację zadań związanych z grafiką komputerową. Do podstawowych zadań realizowanych przez generator obrazu VR można zaliczyć:

1. Aktualizację parametrów wizualizacji (sposób prezentacji):
  - parametry konfiguracyjne kanałów wizualizacji;
  - położenie obserwatora;
  - warunki atmosferyczne;
  - warunki oświetlenia.
2. Generację sceny VR.
3. Generację obiektów dynamicznych.
4. Generację efektów specjalnych.

Analiza materiałów dotyczących istniejących i opracowywanych na świecie systemów interaktywnej rozproszonej symulacji, w tym systemów, w których wprowadzana jest symulacja wizualna współpracująca z symulacją konstruktywną, potwierdza złożoność problemu. Prowadzone dalsze badania i prace nad łączeniem symulacji konstruktywnej i wizualnej powinny koncentrować się między innymi na następujących tematach:

- tworzenie aplikacji programowych CGF (*Computer Generated Forces*) dla różnych oddziałów i ugrupowań bojowych;
- algorytmizacja procesu agregacji i deagregacji;
- algorytmizacja procesu symulowania zachowania i stanu obiektów symulacji wizualnej;

- tworzenie protokołów komunikacyjnych pracujących w infrastrukturze RTI-HLA;
- generacja baz danych o terenie TDB (*Terrain Data Base*);
- modelowanie wirtualnego środowiska obszaru działań bojowych;
- tworzenie aplikacji dla generatorów VR.

Artykuł wpłynął do redakcji 25.03.2011 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w maju 2011 r.

#### LITERATURA

- [1] Z. MIERCZYK, *Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*, rozdz. 1.3. *Integracja systemów modelowania i symulacji działań bojowych różnych rodzajów SZ RP oraz działań połączonych*, WAT, Warszawa, 2008.
- [2] A. NAJGEBAUER, *Informatyczne systemy wspomaganie decyzji w sytuacjach konfliktowych. Modele, metody i środowiska symulacji interaktywnej*, WAT, Warszawa, 1999.
- [3] A. NAJGEBAUER, Sprawozdanie z projektu badawczego nr T00A 041 18 pt. *Syntetyczne środowiska interaktywnej symulacji rozproszonej w procesie szkolenia decydentów oraz wspomaganie decyzji w realnych sytuacjach kryzysowych i konfliktowych*, WAT, Warszawa, 2003.
- [4] B. ZEIGLER, H. PRAEHOFER, T. G. KIM, *Theory of Modeling and Simulation — second edition*, Academic Press, 2000.
- [5] PBR MON, *System Symulacyjnego Wspomagania Szkolenia Operacyjnego SSWSO — kryptonim Złocień*, WAT, Warszawa, 2000-2003.

M. SALAMON

#### **Linking constructive and visual simulation in systems of distributed combat field simulation**

**Abstract.** This paper describes aspects of linking constructive and visual simulation in the environment of the distributed interactive combat field simulation. The main idea and general rules of that process are formulated. In final conclusion, the main topics of the future research in this domain are specified. This topic has been realized during research work “Simulation system of operational training support”.

**Keywords:** computer science, constructive simulation, visual simulation, distributed interactive combat field simulation

