

Correlated Dynamic Synthetic Environments for Distributed Simulation

(STO-TR-MSG-156)

Executive Summary

The use of Modelling and Simulation (M&S) is an important capability for the NATO alliance and its partner nations for defence joint, collective and coalition training, capability development, mission planning and preparation, and decision support. Defence operational environments are highly dynamic, where the state of the physical environment impacts force behavior (e.g., effects of weather on ground vehicle mobility), and the effects of physical (kinetic) force behavior impacts the state of the environment (e.g., munitions damage to buildings, infrastructure, etc.). Current M&S practices, standards and technologies mainly achieve static representations of the outside world environment in distributed simulations, based on common environmental datasets and by re-using environmental databases. Where dynamic elements are represented in current simulation systems, they are implemented in a way that is often pre-scripted and specific to a given system. This limits the capability and scope for interoperability of distributed heterogeneous simulation systems and impacts the use of M&S for applications such as coalition training, which requires common and consistent representations of operational environments to ensure fair fight conditions.

MSG-156 started in 2017 as a 3-year Task Group (TG) to address the gap between the need to represent the challenges of the real-world operational environments in M&S systems and existing technical capabilities, with the objective to research how a correlated Dynamic Synthetic Environment (DSE) can be represented in future distributed simulations. The TG comprised Subject Matter Experts (SMEs) from government, research institutes and industry across NATO partner nations, including both developers (providers) and consumers (users) of simulation and Synthetic Environments (SEs).

The research activities carried out by the MSG-156 TG will inform one of the key objectives of the NATO M&S Master Plan, i.e., ‘Develop a NATO standard interoperability architecture for simulation applications and supporting material’.¹

After surveying existing capabilities for dynamic environments in simulation systems and investigating state-of-the-art technology and algorithms in simulations and entertainment games, the TG developed conceptual modelling diagrams based on Use Cases to identify the key interactions needed within a DSE environment. Modelling and Simulation as a Service (MSaaS) concepts formed the basis of a conceptual solution architecture for the DSE. The TG studied the specifics of dynamic terrain and realistic weather to refine the conceptual approach into a detailed solution architecture that allows a consistent representation of a dynamic synthetic environment across heterogeneous distributed simulation systems.

The key concept of this solution architecture is that common services are responsible for managing and distributing environmental data within the simulation exercise. This means that M&S federates will use a Terrain Service to obtain information about the terrain and a Weather Service to obtain information about the weather. By having one service responsible for managing this data, many correlation issues can be mitigated. Furthermore, when making dynamic changes to the synthetic representation of the operational environment, a particular, specialized service is responsible for performing the modifications, eliminating

¹ NATO Modelling and Simulation Master Plan, Version 2.0, 14 September 2012, Document AC/323/NMSG(2012)-015.

correlation issues that would occur when such modifications are implemented locally in each individual system. These data modification services communicate their changes to the Terrain Service, allowing all federates to access the updated data from there.

Following development of the DSE conceptual architecture, MSG-156 performed a proof-of-concept demonstration where federate simulations and services provided by the participating nations using tools and products supplied by different industrial partners were deployed, integrated, and executed using this architecture. Although the number of federate simulations and services available was limited in number, the demonstration has proven that the solution architecture is feasible and that such an architecture will help in ensuring that dynamic changes can be made and represented in a consistent way across distributed simulations. The concept demonstration has also helped to identify which aspects of the architecture need further research to reach a Technology Readiness Level (TRL) to support operational simulation exercises.

Due to the limitations of time and scale, the technology used in the proposed MSaaS-based DSE architecture is currently not proven to be mature enough to be implemented into operational simulation systems. The Task Group therefore recommends that a larger scale experiment should be carried out to evaluate how the solution architecture will perform in an environment where the services are stressed in a more realistic test case.

The DSE architecture depends on having standardized interfaces between the different services. Although some of these interfaces are already mature, for example the OGC interfaces to distribute geographical information, other interfaces will need to be considered for further development as part of being taken forward as future open standards. Furthermore, options for a new format should be explored for sharing 3D content which supports the distribution and streaming of 3D model content to simulation systems, or for making dynamic changes to 3D model content during simulation execution time.

Acquisition of real-world weather data proved to be a challenge for the TG. The desired higher resolution data was not available freely and existing contracts between national MODs and meteorological offices did not include the delivery of such data for research projects. Where weather data is required for future simulation exercises, this requirement needs to be included in existing national contracts, or preferably for NATO to provide access to such data for all participants.

It is recommended that the outputs from MSG-156 are taken forward into a new SISO Study Group (SG) to assess and determine how the DSE specific aspects can be addressed. This should include a review of the existing SISO 'Reuse and Interoperation of Environmental Data and Processes (RIEDP)' Product Development Group (PDG) activities and 'Cloud Based M&S' (CBMS), since these might already cover some of the standards required. Outputs from MSG-156 should also be used to inform activities carried out as part of the NATO MSG-193 Specialist Team on "Modelling and Simulation Standards in Federated Mission Networking (FMN)".

Finally, it is proposed that NATO and/or member nations should consider providing and hosting the key services that are needed for a DSE. The provision of a Terrain Service, Weather Service and various modification services would significantly reduce the burden of setting up future distributed simulation exercises supported by a DSE.

Environnements synthétiques dynamiques corrélés, destinés à la simulation répartie (STO-TR-MSG-156)

Synthèse

La modélisation et simulation (M&S) est une capacité importante pour l'alliance de l'OTAN et ses pays partenaires en matière d'entraînement interarmées, collectif et de coalition de défense, de développement des capacités, de planification et préparation des missions et d'aide à la décision. Les environnements opérationnels de défense sont extrêmement dynamiques, puisque l'état de l'environnement physique influence le comportement des forces (par exemple, effets des conditions météorologiques sur la mobilité des véhicules terrestres) et que les effets du comportement physique (cinétique) des forces influencent l'état de l'environnement (par exemple, endommagement de bâtiments, infrastructures, etc., par les munitions). Les pratiques, normes et technologies actuelles de M&S produisent principalement des représentations statiques de l'environnement extérieur dans les simulations réparties, sur la base d'ensembles de données environnementales communes et en réutilisant des bases de données environnementales. Lorsque des éléments dynamiques sont représentés dans les systèmes de simulation actuels, ils sont fréquemment mis en œuvre d'une manière scénarisée et propre à un système donné. Cela limite la capacité et le champ d'interopérabilité des systèmes hétérogènes de simulation répartie et a des conséquences sur l'utilisation de la M&S dans les applications telles que l'entraînement des coalitions, qui requiert des représentations communes et cohérentes d'environnements opérationnels pour garantir des conditions de combat assez bonnes.

Le MSG-156 a été lancé en 2017 sous la forme d'un groupe de travail (TG) triennal chargé de combler l'écart existant entre les capacités techniques existantes et le besoin de représenter les défis des environnements réels dans les systèmes de M&S. Son objectif était d'étudier comment un environnement synthétique dynamique (DSE) corrélé pourrait être représenté dans de futures simulations réparties. Le groupe de travail se composait d'experts issus des gouvernements, des instituts de recherche et du monde industriel de tous les pays partenaires de l'OTAN et incluait à la fois des développeurs (fournisseurs) et des consommateurs (utilisateurs) d'environnements synthétiques et de simulation.

Les activités de recherche menées par le TG MSG-156 éclaireront l'un des objectifs clés du plan directeur de l'OTAN en matière de M&S, autrement dit, « développer une architecture d'interopérabilité standard de l'OTAN pour les applications de simulation et les éléments à l'appui ».²

Après avoir étudié les capacités existant pour les environnements dynamiques dans les systèmes de simulation et avoir enquêté sur la technologie de pointe et les algorithmes des simulations et jeux de divertissement, le groupe de travail a élaboré des schémas de modélisation conceptuelle sur la base de cas d'utilisation, afin d'identifier les interactions clés nécessaires dans un DSE. Les concepts de modélisation et simulation en tant que service (MSaaS) ont formé la base d'une architecture de solution conceptuelle pour le DSE. Le groupe de travail a étudié les spécificités du terrain dynamique et des conditions météorologiques réalistes pour affiner la démarche conceptuelle et parvenir à une architecture détaillée de solution permettant la représentation cohérente d'un environnement synthétique dynamique au sein de systèmes hétérogènes de simulation répartie.

² NATO Modelling and Simulation Master Plan, Version 2.0, 14 September 2012, Document AC/323/NMSG(2012)-015.

Le concept fondamental de cette architecture de solution est que les services communs sont chargés de gérer et diffuser les données d'environnement au sein de l'exercice de simulation. Cela signifie que les fédérés de la M&S utilisent un service de terrain pour obtenir des informations sur le terrain et un service météorologique pour obtenir des informations sur les conditions météorologiques. L'existence d'un seul service responsable de la gestion de ces données peut atténuer beaucoup de problèmes de corrélation. De plus, un service spécialisé particulier est chargé d'apporter les modifications dynamiques à la représentation synthétique de l'environnement opérationnel, ce qui supprime les problèmes de corrélation susceptibles de se produire lors de la mise en œuvre locale de ces modifications dans chaque système. Ces services de modification des données communiquent leurs changements au service de terrain, permettant ainsi à tous les fédérés d'accéder aux données mises à jour depuis le service de terrain.

Après la mise au point de l'architecture conceptuelle de DSE, le MSG-156 a réalisé une démonstration servant de validation de principe, pendant laquelle des simulations et services fédérés fournis par les pays participants à l'aide d'outils et de produits de différents partenaires industriels ont été déployés, intégrés et exécutés selon cette architecture. Bien que le nombre de simulations et services fédérés disponibles ait été limité, la démonstration a prouvé que l'architecture de solution était réalisable et qu'elle contribuerait à la réalisation de modifications dynamiques et à leur représentation cohérente dans des simulations réparties. La démonstration du concept a également permis de déterminer quels aspects de l'architecture nécessiteraient d'autres recherches avant d'atteindre un niveau de maturité technologique (TRL) convenant au soutien d'exercices de simulation opérationnelle.

En raison des limites de temps et d'échelle, la technologie employée dans l'architecture de DSE basée sur la MSaaS n'est pas encore suffisamment évoluée pour être mise en œuvre dans les systèmes de simulation opérationnelle. Le groupe de travail recommande donc de mener une expérience à plus grande échelle, afin d'évaluer comment l'architecture de solution se comporte dans un environnement où les services sont soumis à un cas d'essai plus réaliste et plus contraignant.

L'architecture de DSE dépend de la présence d'interfaces normalisées dans les différents services. Bien que certaines d'entre elles soient déjà matures, par exemple les interfaces OGC diffusant des informations géographiques, il faudra envisager de développer d'autres interfaces qui pourront servir de futures normes ouvertes. En outre, il convient d'étudier comment un nouveau format de partage de contenu tridimensionnel pourrait prendre en charge la distribution et la diffusion en direct de contenu du modèle tridimensionnel auprès de systèmes de simulation ou apporter des modifications dynamiques au contenu du modèle tridimensionnel pendant l'exécution de simulations.

L'acquisition de données météorologiques du monde réel s'est révélée être une gageure pour le groupe de travail. Les données à haute résolution souhaitées n'étaient pas disponibles gratuitement et les contrats existants entre les ministères nationaux de la Défense et les agences météorologiques n'incluaient pas la fourniture de ces données à des fins de recherche. Lorsque des données météorologiques sont nécessaires à de futurs exercices de simulation, cette exigence doit être incluse dans les contrats nationaux existants, sinon, et de préférence, l'OTAN doit assurer l'accès à ces données pour tous les participants.

Il est recommandé que les résultats du MSG-156 soient transmis à un nouveau groupe d'étude (SG) de la SISO, qui évaluera et déterminera comment traiter les aspects propres au DSE. Cela devrait inclure un examen des activités du groupe de développement de produits (PDG) « Réutilisation et interfonctionnement des données et processus environnementaux (RIEDP) » de la SISO et de la « M&S dans le cloud » (CBMS), étant donné que ces activités pourraient déjà aborder quelques-unes des normes requises. Les résultats du MSG-156 devraient également servir à renseigner les activités menées par l'équipe spécialisée du MSG-193 de l'OTAN sur les « Normes de modélisation et simulation du réseau de mission fédéré (FMN) ».

Enfin, l'OTAN et/ou les pays membres devraient envisager de fournir et d'héberger les services clés nécessaires à un DSE. La fourniture d'un service de terrain, d'un service météorologique et de divers services de modification réduirait sensiblement le fardeau que représente l'organisation de futurs exercices de simulation répartie pris en charge par un DSE.

