

Swarm System for Intelligence Surveillance and Reconnaissance (STO-TR-SET-263)

Executive Summary

Future NATO Joint Forces will incorporate autonomous and semi-autonomous ground, aerial and sea platforms to improve the effectiveness and agility of Forces. These autonomy-enabled systems will deploy as force multipliers at all echelons from the squad to the brigade combat teams. They will help commanders develop and maintain situational understanding by providing persistent surveillance and reconnaissance across a wider area and for extended durations in areas inaccessible by human operators. Swarming robots/sensors can provide a collaborative, multi-robot/sensor system that will provide desired collective behaviors to realize systems that can cover these larger areas, share information, and provide advanced behaviors not realizable by individual systems.

The RTG SET-263 “Swarm System for Intelligence Surveillance and Reconnaissance” analyzed operational and system issues of swarm systems which could facilitate their integration in current battlefield tactical systems from both operational, system, and technological point of views. This final report provides for a High Level Reference Architecture for Swarm-centric Systems for ISR (SS4ISR) which integrates and extends the outcomes of the previous two years of the SET-263 Research Study. The reference architecture address both:

- 1) *Operational issues*, in terms of relevant operational scenarios described via vignettes, key capability goals and the set of capabilities which support each of them, and relevant SS4ISR operational activities which relates to each capability;
- 2) *System issues*, in terms of key system services provided from SS4ISR, the set of system nodes which support the system services;
- 3) *Technologies*, in terms of current and foreseen standards and algorithms to achieve the expected system capabilities; and
- 4) *The System-level Interoperability* design guidelines for the adoption of swarm system in joint/multinational coalition and their integration with the legacy ones.

The document also provides the main relationships between Operational and System issues via a set of relationship matrixes, which provides for the following mapping:

- 1) Capability Goals vs Capability Mapping;
- 2) Capability vs Operational Activity Mapping;
- 3) Capability vs Services Mapping; and
- 4) “Swarm System” Nodes to System Nodes Relationships.

The SET-263 Research Study addressed the following research topics: *Detection and Tracking*, which analyses the adoption of swarm system for detection and tracking of area of interests, *Human-Swarm Interaction* identified capabilities and services for a symbiotic teaming between the swarm and the human operator(s), *Swarm Control and Navigation*, which analyses the configurations and modes of operations with the end goal of a solution to address dynamic and uncertain environments where swarms must overcome

many challenges including fast planning/re-planning and resilience to pop-up threats, which are fundamental requirements for mission success, *Robot-Robot Interaction*, which provides for multi-agent system design based on network-centric, autonomous decision making paradigms as emerging design approach to Robotic and Autonomous Systems (RAS), *Localization and Mapping* in Swarm Systems, which addresses the adoption of Simultaneous Localization and Mapping capability for Swarm system, *Data Exchange Services*, which analyses the adoption of information-centric architecture as support to the data exchange in swarm systems, *Networking*, which addresses network architectures and protocols for swarm systems.

Système en essaim pour la surveillance et la reconnaissance intelligentes (STO-TR-SET-263)

Synthèse

Les futures forces conjointes de l'OTAN intégreront des plateformes terrestres, aériennes et maritimes autonomes et semi-autonomes pour améliorer l'efficacité ainsi que la souplesse des forces. Ces systèmes autonomes se déploieront en tant que multiplicateurs de force à tous les échelons, de l'escadron aux équipes de combat des brigades. Ils aideront les commandants à développer et à maintenir une compréhension de la situation tout en assurant une surveillance ainsi qu'une reconnaissance constantes dans une zone plus large et pour des durées prolongées dans des zones inaccessibles aux opérateurs humains. Les robots/capteurs en essaim peuvent fournir un système collaboratif, un multirobot/capteur qui fournira les comportements collectifs souhaités pour réaliser des systèmes qui peuvent couvrir ces zones plus vastes, partager des informations et fournir des comportements évolués non réalisables par des systèmes individuels.

Le RTG SET-263 « Système en essaim pour la surveillance et la reconnaissance » a analysé les problèmes opérationnels et de systèmes en essaim afin de faciliter leur intégration dans les systèmes tactiques actuels du champ de bataille, tant du point de vue opérationnel que du point de vue du système et de la technologie. Ce rapport final fournit une architecture de référence de haut niveau pour les systèmes centrés en essaim pour ISR (SS4ISR) qui intègre et prolonge les résultats des deux années précédentes de l'étude de recherche SET-263. L'architecture de référence traite aussi bien :

- 1) les Problèmes opérationnels, en termes de scénarios opérationnels pertinents décrits via des vignettes, les principaux objectifs de capacité et l'ensemble des capacités qui soutiennent chacun d'entre eux et les activités opérationnelles SS4ISR pertinentes qui se rapportent à chaque capacité, que ;
- 2) les Questions relatives au système, en termes de services système clés fournis par SS4ISR, l'ensemble de nœuds système qui supportent les services système ;
- 3) les Technologies, en termes de normes et d'algorithmes actuels et prévus pour atteindre les capacités attendues du système ; et
- 4) les lignes directrices de conception de l'Interopérabilité au niveau du système pour l'adoption du système en essaim dans la coalition conjointe / multinationale et leur intégration aux systèmes existants.

Le document fournit également les principales relations entre les questions opérationnelles et celles liées au système via un ensemble de matrices relationnelles, qui prévoient la cartographie suivante :

- 1) Objectifs de capacité vs Cartographie de capacité ;
- 2) Cartographie des capacités par rapport aux activités opérationnelles ;
- 3) Cartographie des capacités par rapport aux services ; et
- 4) Relations entre les nœuds du système et les nœuds du système en essaim.

L'étude de recherche SET-263 a abordé les sujets de recherche suivants : *Détection et suivi*, qui analyse l'adoption d'un système en essaim pour la détection et le suivi du domaine d'intérêt; *Interaction*

homme-essaim a identifié les capacités et les services pour une association symbiotique entre l'essaim et les opérateurs humains; *Contrôle en essaim et navigation*, qui analyse les configurations et les modes d'exploitation avec l'objectif final d'une solution pour traiter les environnements dynamiques et incertains où les essaims doivent surmonter de nombreux défis, y compris la planification / replanification rapide et la résilience aux menaces éphémères, qui sont des exigences fondamentales pour la réussite de la mission; *Interaction robot-robot* qui fournit une conception de système à agents multiples basée sur des paradigmes de prise de décision autonomes et centrée sur le réseau comme approche de conception émergente des Systèmes robotiques et autonomes (RAS); *Localisation et cartographie* dans les systèmes en essaim, qui traite l'adoption de la localisation simultanée et la capacité de cartographie pour le système en essaim; *Services d'échange de données*, qui analyse l'adoption d'une architecture centrée sur l'information pour soutenir l'échange de données dans les systèmes en essaim; et *Réseaux*, qui traite les architectures réseau et les protocoles pour les systèmes en essaim.