

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministry of Higher Education and Scientific Research
المدرسة العليا للإعلام الآلي - 08 ماي 1945 - بسيدي بلعباس
Higher School of Computer Science -8 Mai 1945- Sidi Bel Abbès
(ESI-SBA)



MASTER'S THESIS

To obtain a Master's Degree

Field of Study: Computer Science

Speciality: Information Systems Engineering (ISI)

Quality of Service-Aware Moving Target Defense for SDN-Driven Mobile Edge Computing

Presented by: GUEZOURI Ziad

Presented on: 05/10/2025

In front of a committee composed of:

Dr. SERHANE Oussama

Supervisor

Dr. BABA-AHMED Manel

President

Dr. CHIKH Asmaa

Examiner

Academic year: 2024/2025

Abstract

The rapid evolution of network technologies has introduced unprecedented challenges in maintaining security while ensuring quality of service in dynamic environments. Mobile Edge Computing (MEC) environments, driven by Software-Defined Networking (SDN), present unique opportunities for implementing advanced security mechanisms while managing the stringent performance requirements of modern applications. This thesis presents a comprehensive state-of-the-art review of Moving Target Defense (MTD) techniques, SDN architectures, and MEC systems, with a particular focus on the intersection of security and Quality of Service (QoS) considerations.

Through an extensive analysis of existing literature, this work identifies critical gaps in current MTD implementations, particularly the lack of QoS-aware adaptation mechanisms in SDN-driven MEC environments. The review examines various MTD strategies including IP address shuffling, port hopping, and path mutation techniques, analyzing their effectiveness in different network contexts. Furthermore, it explores the role of intent-based networking in simplifying network management and enabling dynamic security configurations.

The comparative analysis reveals that while existing MTD solutions effectively disrupt reconnaissance and attack attempts, they often overlook the impact of defensive reconfigurations on service quality metrics such as latency, bandwidth, jitter, and packet loss. This oversight is particularly critical in MEC environments where edge applications demand consistent performance guarantees. The research identifies the need for intelligent MTD mechanisms that can balance security requirements with QoS constraints, adapting their defensive strategies based on real-time network conditions and application requirements.

Keywords: Moving Target Defense, Software-Defined Networking, Mobile Edge Computing, Quality of Service, Intent-Based Networking, Network Security, Dynamic Reconfiguration

Résumé

L'évolution rapide des technologies réseau a introduit des défis sans précédent pour maintenir la sécurité tout en garantissant la qualité de service dans des environnements dynamiques. Les environnements de Mobile Edge Computing (MEC), pilotés par le Software-Defined Networking (SDN), présentent des opportunités uniques pour implémenter des mécanismes de sécurité avancés tout en gérant les exigences de performance strictes des applications modernes. Cette thèse présente une revue complète de l'état de l'art des techniques de Moving Target Defense (MTD), des architectures SDN et des systèmes MEC, avec un accent particulier sur l'intersection des considérations de sécurité et de qualité de service (QoS).

À travers une analyse approfondie de la littérature existante, ce travail identifie des lacunes critiques dans les implémentations MTD actuelles, notamment l'absence de mécanismes d'adaptation conscients de la QoS dans les environnements MEC pilotés par SDN. La revue examine diverses stratégies MTD incluant le mélange d'adresses IP, le saut de port et les techniques de mutation de chemin, analysant leur efficacité dans différents contextes réseau. De plus, elle explore le rôle du réseau basé sur l'intention dans la simplification de la gestion réseau et l'activation de configurations de sécurité dynamiques.

L'analyse comparative révèle que bien que les solutions MTD existantes perturbent efficacement les tentatives de reconnaissance et d'attaque, elles négligent souvent l'impact des reconfigurations défensives sur les métriques de qualité de service telles que la latence, la bande passante, la gigue et la perte de paquets. Cette négligence est particulièrement critique dans les environnements MEC où les applications de périphérie exigent des garanties de performance constantes. La recherche identifie le besoin de mécanismes MTD intelligents capables d'équilibrer les exigences de sécurité avec les contraintes de QoS, adaptant leurs stratégies défensives en fonction des conditions réseau en temps réel et des exigences des applications.

Mots-clés : Défense par cible mouvante, Réseau défini par logiciel, Mobile Edge Computing, Qualité de service, Réseau basé sur l'intention, Sécurité réseau, Reconfiguration dynamique

ملخص

شهد التطور السريع لتقنيات الشبكات تحديات غير مسبقة في الحفاظ على الأمن مع ضمان جودة الخدمة في البيئات الديناميكية. تقدم بيئات الحوسبة الطرفية المتنقلة، (MEC) المدارة بواسطة الشبكات المعرفة بالبرمجيات، (SDN) فرصاً فريدة لتنفيذ آليات أمنية متقدمة مع إدارة متطلبات الأداء الصارمة للتطبيقات الحديثة. تقدم هذه الأطروحة مراجعة شاملة لأحدث تقنيات الدفاع بالهدف المتحرك، (MTD) وبني، SDN، وأنظمة، MEC مع التركيز بشكل خاص على تقاطع اعتبارات الأمن وجودة الخدمة (QoS).

من خلال التحليل الشامل للأدبيات الموجودة، يحدد هذا العمل فجوات حرجة في تطبيقات MTD الحالية، خاصة غياب آليات التكيف الواعية بجودة الخدمة في بيئات MEC المدارة بـ SDN. تفحص المراجعة استراتيجيات MTD المختلفة بما في ذلك خلط عناوين IP، وقفز المنافذ، وتقنيات محور المسار، مع تحليل فعاليتها في سياقات الشبكة المختلفة. علاوة على ذلك، تستكشف دور الشبكات القائمة على النية في تبسيط إدارة الشبكة وتمكين تكوينات الأمان الديناميكية.

يكشف التحليل المقارن أنه بينما تعطل حلول MTD الموجودة بفعالية محاولات الاستطلاع والهجوم، فإنها غالباً ما تتجاهل تأثير إعادة التكوين الدفاعية على مقاييس جودة الخدمة مثل زمن الاستجابة، وعرض النطاق الترددي، والارتعاش، وفقدان الحزم. هذا الإغفال حرج بشكل خاص في بيئات MEC حيث تتطلب تطبيقات الحافة ضمانات أداء ثابتة. يحدد البحث الحاجة إلى آليات MTD ذكية يمكنها موازنة متطلبات الأمن مع قيود جودة الخدمة، وتكييف استراتيجياتها الدفاعية بناءً على ظروف الشبكة في الوقت الفعلي ومتطلبات التطبيقات. الكلمات المفتاحية: الدفاع بالهدف المتحرك، الشبكات المعرفة بالبرمجيات، الحوسبة الحافة المتنقلة، جودة الخدمة، الشبكات القائمة على النية، أمن الشبكات، إعادة التكوين الديناميكية