الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
المدرسة العليا للإعلام الآلي 08 ماي 1945 بسيدي بلعباس

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
École Supérieure en Informatique
-08 Mai 1945- Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Master**
Field: **Computer Science**
Speciality: **Computer System Engineering (ISI)**

Theme

Modeling of 5G networks and their energy consumption.

Presented by:
BOUDOUR Halla

Submission Date: 15th October
In front of the jury composed of:

Dr. Fayssal BENDAOUD	President
Pr. Anthony BUSSON	Supervisor
Pr. Marceau COUPECHOUX	Supervisor
Pr. Sidi Mohammed BENSLIMANE	Supervisor
Dr. Amina BELALIA	Examiner

Academic Year : 2024/2025

Abstract

The expansion of Fifth Generation (5G) networks offers transformative connectivity but raises serious concerns about their growing energy footprint and environmental impact. To address this, my thesis focuses on the critical need for more accurate power consumption models for 5G base stations. I began by conducting a comparative study of leading energy modeling frameworks, from which I selected and integrated the most suitable one into an existing 5G network simulator. This enhancement allows the simulator to account for advanced radio mechanisms, Multiple Input Multiple Output (MIMO), and crucial power-saving features.

The resulting tool provides a detailed view of network energy behavior under diverse traffic loads and operational settings. My findings illuminate the fundamental trade-offs between network capacity and energy efficiency, while also assessing the practical effectiveness of different power-saving strategies. This work bridges the gap between component-level power data and large-scale network assessments, offering tangible guidance for designing greener telecommunication infrastructures and informing the strategies of researchers, operators, and policymakers.

Key words: 5G networks, MIMO, energy consumption, network capacity, base-station modeling, power-saving mechanisms, sustainability.

الملخص

توفر شبكات الجيل الخامس (5G) اتصالًا تحويليًا، لكنها تثير مخاوف جدية بشأن تزايد بصمتها من استهلاك الطاقة وتأثيرها البيئي. ولمعالجة هذه المشكلة، تركز هذه الرسالة على الحاجة الماسة إلى نماذج أكثر دقة لاستهلاك الطاقة لمحطات القاعدة الخاصة بشبكات 5G. بدأتُ بإجراء دراسة مقارنة لأطر نمذجة الطاقة الرائدة، ومن خلالها اخترتُ ودمجتُ النموذج الأنسب ضمن مُحاكي شبكة 5G قائم. يتيح هذا التحسين للمحاكي احتساب الآليات الراديوية المتقدمة، وتقنية MIMO، وميزات توفير الطاقة الحاسمة.

توفر الأداة الناتجة رؤية مفصلة لسلوك طاقة الشبكة تحت أحمال مرور (Traffic Loads) وإعدادات تشغيل متنوعة. وتُسلِّط النتائج الضوء على المقايضات (Trade-offs) الأساسية بين سعة الشبكة وكفاءة الطاقة، كما تُقيِّم الفعالية العملية لاستراتيجيات توفير الطاقة المختلفة. ويسد هذا العمل الفجوة بين بيانات الطاقة على مستوى المكونات والتقييمات واسعة النطاق للشبكة، ويقدم إرشادات ملموسة لتصميم بنى تحتية اتصالية أكثر مراعاة للبيئة، ولتوجيه استراتيجيات الباحثين والمشغلين وصناع السياسات.

الكلمات المفتاحية: شبكات الجيل الخامس ،(5G) تقنيات ،MIMO استهلاك الطاقة، سعة الشبكة، نمذجة المحطات القاعدية، آليات توفير الطاقة، الاستدامة.

Résumé

L'expansion des réseaux 5G offre une connectivité transformatrice, mais soulève de sérieuses préoccupations concernant leur empreinte énergétique croissante et leur impact environnemental. Pour y remédier, cette thèse se concentre sur la nécessité cruciale de développer des modèles de consommation d'énergie plus précis pour les stations de base 5G. Une étude comparative des principaux cadres de modélisation énergétique a d'abord été menée, permettant de sélectionner et d'intégrer le modèle le plus approprié dans un simulateur de réseau 5G existant. Cette amélioration permet au simulateur de prendre en compte les mécanismes radio avancés, la technologie MIMO (Multiple-Input Multiple-Output), ainsi que les fonctionnalités essentielles d'économie d'énergie.

L'outil résultant fournit une analyse détaillée du comportement énergétique du réseau sous différentes charges de trafic et configurations opérationnelles. Les résultats obtenus mettent en évidence les compromis fondamentaux entre la capacité du réseau et l'efficacité énergétique, tout en évaluant la performance pratique de diverses stratégies d'économie d'énergie. Ce travail comble ainsi le fossé entre les données de consommation énergétique au niveau des composants et les évaluations globales du réseau, offrant des orientations concrètes pour la conception d'infrastructures de télécommunications plus durables, et guidant les chercheurs, les opérateurs et les décideurs vers des stratégies plus respectueuses de l'environnement.

Mots clés : Réseaux 5G, technologie MIMO, consommation d'énergie, capacité du réseau, modélisation des stations de base, mécanismes d'économie d'énergie, durabilité.