

THÔNG TIN VỀ NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Tên đề tài: “Nghiên cứu kỹ thuật lưu trữ và phân phối dữ liệu tối ưu thời gian thực dùng UAV trong mạng 6G IoT”

Chuyên ngành : Khoa học máy tính

Mã số: 9.48.01.01

Họ và tên nghiên cứu sinh : Lâm Chi Thương

Khóa: 09

Người hướng dẫn khoa học : TS. Võ Nguyên Sơn

Cơ sở đào tạo : Đại học Duy Tân

Kết quả nghiên cứu của luận án có những đóng góp mới cả về mặt học thuật và thực tiễn:

1. Đóng góp về mặt học thuật:

Luận án đã đề xuất các mô hình và phương pháp mới cho bài toán lưu trữ và phân phối dữ liệu tối ưu sử dụng UAV trong mạng 6G IoT, góp phần mở rộng hướng nghiên cứu về nâng cao hiệu quả cung cấp dịch vụ và sử dụng hiệu quả tài nguyên trong các mạng thế hệ mới.

Thứ nhất, luận án đề xuất mô hình TCP-3DF (Service Time-aware Caching and Power Allocation with 3D Flight trajectory) cho bài toán tối ưu đồng thời lưu trữ và phân phối dữ liệu, phân bổ công suất và hoạch định quỹ đạo bay của UAV trong không gian ba chiều có xét đến thời gian phục vụ (service time). Khác với các nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào các tiêu chí như tỷ lệ truy xuất nội dung lưu trữ, thông lượng hoặc độ trễ, mô hình đề xuất đưa thời gian phục vụ thành tiêu chí tối ưu quan trọng, qua đó phản ánh sát hơn yêu cầu của các dịch vụ thời gian thực trong mạng 6G IoT.

Thứ hai, luận án đề xuất mô hình RCD-CTR (Real-Time Cooperative Content Caching and Delivery with Coordinated Trajectory), mở rộng bài toán từ UAV đơn sang UAV bay đàn phối hợp với trạm gốc trong môi trường truyền thông đa dạng. Mô hình này xây dựng khung tối ưu tổng thể cho việc phối hợp lưu trữ và phân phối dữ liệu, phân bổ tài nguyên và cùng với trạm gốc điều phối quỹ đạo của nhiều UAV theo hướng đáp ứng thời gian thực, góp phần hoàn thiện cơ sở lý thuyết về tối ưu hóa hệ thống truyền thông sử dụng UAV trong mạng 6G IoT.

Thứ 3, luận án đề xuất một biến thể của thuật toán di truyền (Genetic Algorithms) phù hợp với đặc thù của các bài toán tối ưu phi tuyến nhiều ràng buộc trong mạng 6G IoT hỗ trợ bởi UAV. Việc áp dụng cơ chế hàm phạt cùng phương pháp tách nhiệm sắc thể giúp nâng cao khả năng tìm kiếm nghiệm khả thi, cải thiện tốc độ hội tụ và tính ổn định khi giải các bài toán tối ưu có không gian nghiệm lớn và độ phức tạp cao.

Ngoài ra, luận án đề xuất hệ thống các tiêu chí đánh giá hiệu năng bao gồm thời gian phục vụ, tốc độ phân phối dữ liệu, hiệu quả khai thác tài nguyên công suất và dung lượng lưu trữ. Các tiêu chí này góp phần hoàn thiện cơ sở đánh giá cho các mô hình lưu trữ và phân phối dữ liệu sử dụng UAV trong mạng 6G IoT, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc so sánh và đánh giá các giải pháp trong các nghiên cứu tiếp theo.

2. Đóng góp về mặt thực tiễn:

Các mô hình và giải pháp được đề xuất trong luận án có khả năng ứng dụng trong các hệ thống mạng 6G IoT tương lai, đặc biệt đối với các kịch bản yêu cầu độ trễ thấp, khả năng thích ứng cao và vùng phủ linh hoạt như thành phố thông minh, giao thông thông minh, giám sát môi trường, cứu hộ cứu nạn và các hệ thống IoT quy mô lớn. Việc sử dụng UAV như các nút lưu trữ và phân phối dữ liệu di động giúp mở rộng vùng phủ dịch vụ, tăng khả năng truy cập của người dùng và thiết bị IoT, đồng thời giảm tải cho hạ tầng mạng mặt đất.

Kết quả mô phỏng cho thấy các mô hình đề xuất có khả năng nâng cao hiệu quả hoạt động của hệ thống thông qua việc tăng tốc độ phân phối dữ liệu, giảm thời gian phục vụ và cải thiện hiệu quả sử dụng công suất và dung lượng lưu trữ. Những kết quả này khẳng định tính khả thi của các mô hình trong việc nâng cao chất lượng cung cấp dịch vụ và là cơ sở tham khảo cho việc thiết kế, tối ưu và triển khai các hệ thống lưu trữ, phân phối dữ liệu sử dụng UAV trong mạng 6G IoT thế hệ mới.

Người hướng dẫn khoa học

Nghiên cứu sinh

Võ Nguyên Sơn

Lâm Chi Thương

CONTRIBUTIONS OF THE DISSERTATION

Official dissertation title: “*Real-time data caching and delivery optimization techniques in UAV-assisted 6G IoT Networks*”

Major : Computer Science

Code: 9.48.01.01

Full Name : Lam Chi Thuong

Cohort: 09

Supervisor : Dr. Vo Nguyen Son

Institution: Duy Tan University

The research results presented in this dissertation make significant theoretical and practical contributions:

1. Theoretical Contributions:

This dissertation proposes advanced models and methodologies for data caching and delivery optimization using unmanned aerial vehicles (UAVs) in 6G IoT networks and contributes to the research directions on improving quality of service (QoS) and efficient resource utilization in next-generation networks.

First, the dissertation develops the TCP-3DF (Service Time-aware Caching and Power Allocation with 3D Flight Trajectory) model, which jointly optimizes data caching and delivery, power allocation, and 3D UAV flight trajectory planning while explicitly considering service time. Unlike previous studies that primarily focus on cache hit ratio, throughput, or latency, the proposed model incorporates service time as a key optimization objective, providing a more realistic representation of the QoS requirements for real-time applications in 6G IoT networks.

Second, the dissertation develops the RCD-CTR (Real-time Cooperative Content Caching and Delivery with Coordinated Trajectory) model, which extends the optimization problem from a single UAV to a cooperative UAV swarm operating in coordination with a base station across diverse communication environments. The proposed model establishes a comprehensive optimization framework for cooperative data caching and delivery, resource allocation, and coordinated trajectory planning for the UAV swarm and the base station to meet real-time service requirements. This contribution advances the theoretical foundation for optimizing UAV-assisted communication systems in 6G IoT networks.

Third, the dissertation develops a modified genetic algorithm (GA) tailored to the characteristics of nonlinear constrained optimization problems encountered in UAV-assisted 6G IoT networks. By applying a penalty function together with a truncated chromosome scheme, the proposed algorithm improves the capability of identifying feasible solutions, accelerates convergence, and enhances stability when solving large-scale and computationally complex optimization problems.

In addition, the dissertation establishes a comprehensive performance evaluation framework consisting of service time, data delivery sum rate, and power and storage utilization efficiency. These performance metrics enrich the evaluation framework for UAV-assisted data caching and delivery systems in 6G IoT networks and provide a consistent basis for benchmarking and comparing future solutions.

2. Practical Contributions:

The proposed models and optimization solutions have significant potential for advanced applications and services in future 6G IoT networks, particularly in scenarios requiring low latency, high adaptability, and flexible network coverage, such as smart cities, intelligent transportation systems, environmental monitoring, disaster response and rescue operations, and large-scale IoT deployments. Employing UAVs as mobile data caching and delivery nodes enables the expansion of service coverage, improves accessibility for end users and IoT devices, and reduces the traffic load on terrestrial communication infrastructure.

Simulation results demonstrate that the proposed models significantly enhance overall system performance by increasing data delivery sum rate, reducing service time, and improving the utilization efficiency of both power and cache storage resources. These results demonstrate the feasibility and effectiveness of the proposed approaches in improving QoS while providing valuable insights into the design, optimization, and deployment of next-generation UAV-assisted data caching and delivery systems in 6G IoT networks.

Supervisor

Ph.D. Candidate

Dr. Vo Nguyen Son

Lam Chi Thuong