Tạp chí
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 4 (92)
2025

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Địa chỉ Tòa soạn:
Trường Đại học Sao Đỏ.
Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.
Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.
Website: http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

TẠP CHÍ
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

TRONG SỐ NÀY

Số 4(92) 2025

LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

TẠP CHÍ
NGHIÊN CỨU KHOA HỌC
ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

TRONG SỐ NÀY

Số 4(92) 2025

LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

NGÀNH KINH TẾ

LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

SCIENTIFIC JOURNAL
SAO DO UNIVERSITY

CONTENTS

No 4(92) 2025

TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION

TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING

SCIENTIFIC JOURNAL
SAO DO UNIVERSITY

CONTENTS

No 4(92) 2025

Ứng dụng phương pháp MPC để bù trễ truyền thông

Application of Model predictive control for communication delay compensation

Nguyễn Trọng Các

Tác giả liên hệ: ntcac@saodo.edu.vn

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 04/9/2025
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 25/11/2025
Ngày chấp nhận đăng: 26/11/2025

Tóm tắt

Các hệ thống điều khiển qua mạng truyền thông luôn có sự tồn tại của trễ truyền thông. Trễ truyền thông ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng điều khiển và chất lượng dịch vụ; thậm chí nếu trễ truyền thông lớn sẽ gây ra sự tắc nghẽn trên đường truyền tin làm suy giảm hiệu suất đường truyền, gây mất ổn định của hệ thống. Mục tiêu của bài báo là đề xuất phương pháp điều khiển dự báo mô hình (Model Predictive Control - MPC) nhằm bù trễ, hướng tới nâng cao hiệu quả điều khiển cho các hệ thống điều khiển qua mạng. Thông qua việc tính toán và so sánh khả năng đáp ứng giữa phương pháp đề xuất và điều khiển truyền thống trong cả trường hợp có và không có trễ, kết quả cho thấy phương pháp MPC mang lại chất lượng điều khiển vượt trội.

Từ khóa: *Hệ thống điều khiển có nối mạng; điều khiển dự báo mô hình; trễ truyền thông; chất lượng điều khiển; mạng truyền thông.*

Abstract

In Networked Control Systems, communication delays are always present. Such delays are regarded as one of the main factors that cause degradation of the Quality of Control (QoC) and reduction of the Quality of Service (QoS). In particular, when the delay becomes significant, adverse effects on the transmission channel are introduced, resulting in reduced efficiency and even potential instability of the system. In this paper, a Model Predictive Control (MPC) approach is proposed to compensate for communication delays, with the aim of improving system effectiveness. By means of computation and comparative evaluation between the proposed method and conventional control in both delayed and delay-free scenarios, superior QoC has been demonstrated.

Keywords: *Networked control systems; model predictive control method; communication time delay; quality of control; communication network.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống điều khiển qua mạng truyền thông (NCS - Networked Control Systems) ngày càng được quan tâm và ứng dụng rộng rãi, nhờ mang lại nhiều lợi thế so với điều khiển truyền thống, đặc biệt là giảm chi phí triển khai, đơn giản trong việc mở rộng và thuận tiện cho công tác chẩn đoán. Tuy nhiên, khi nhiều tín hiệu cùng muốn chia sẻ chung trên một đường truyền tin, thì các thách thức mới sẽ phát sinh. Nổi bật trong đó trước tiên là vấn đề lập lịch truy cập đường truyền nhằm đảm bảo và nâng cao chất lượng QoS cho hệ thống điều khiển qua mạng [1], [2]; hai là, bù trễ thời gian do việc truyền các thông điệp (được gọi là truyền thông) nhằm nâng cao chất lượng điều khiển QoC (Quality of Control) của hệ thống điều khiển.

Người phản biện: 1. PGS.TS. Bùi Đăng Thảnh
2. TS. Phạm Công Tảo

Một số nghiên cứu trước đây đã xem xét đến bù trễ truyền thông với trễ hằng sử dụng phương pháp thiết kế đặt cực và LQR qua mạng truyền thông [1], [2], [3].

[4] nghiên cứu sử dụng phương pháp MPC để bù trễ hai chiều và mất gói dữ liệu. Qua mô phỏng, có thể khẳng định hệ thống vận hành ổn định và duy trì được chất lượng điều khiển trong môi trường mạng có trễ và mất gói. Tuy nhiên, với các mạng có trễ lớn, biến thiên mạnh, hoặc trễ vượt giới hạn, phương pháp không đảm bảo hiệu quả.

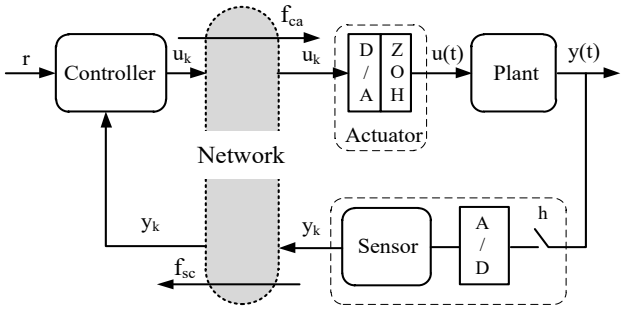
[5] nghiên cứu sử dụng MPC bù trễ trong hàm tối ưu. Tuy nhiên, phương pháp có thể phù hợp cho hệ nhỏ, nhưng với hệ nhiều biến (MIMO) hoặc mạng công nghiệp quy mô lớn thì tối ưu hóa MPC có thể quá nặng.

Mục tiêu của bài báo là đề xuất phương pháp điều khiển dự báo mô hình (MPC) nhằm bù trễ, hướng tới nâng cao hiệu quả điều khiển cho các hệ thống điều

khiển qua mạng. Thông qua việc tính toán và so sánh khả năng đáp ứng giữa phương pháp đề xuất và điều khiển truyền thống trong cả trường hợp có và không có trễ, kết quả cho thấy phương pháp MPC mang lại chất lượng điều khiển vượt trội.

2. MÔ HÌNH TỔNG QUÁT NCS

Cấu hình tổng quát NCS mô tả ở Hình 1.



Hình 1. *Cấu hình tổng quát NCS*

Trong hệ thống điều khiển qua mạng, vòng kín được hình thành bởi ba khâu: Cảm biến (Sensor), điều khiển (Controller) và cơ cấu chấp hành (Actuator). Sensor đo tín hiệu đầu ra liên tục *y(t)*, thực hiện quá trình lấy mẫu và truyền giá trị rời rạc y_k đến controller thông qua mạng. Controller sử dụng dữ liệu y_k để tính toán lệnh điều khiển u_k, sau đó chuyển lệnh này đến actuator. Tại Actuator, tín hiệu u_k được biến đổi sang dạng tương tự *u(t)* nhờ bộ chuyển đổi D/A và được áp dụng trực tiếp cho đối tượng (Plant).

Khâu giữ bậc không (ZOH) có chức năng duy trì giá trị *u(t)* cho đến khi mẫu kế tiếp được cập nhật. Sensor hoạt động theo cơ chế time-triggered, nghĩa là được kích hoạt tại thời điểm bắt đầu mỗi chu kỳ lấy mẫu (t_k, k = 0,1,2,...). Controller làm việc theo cơ chế event-triggered, được thực thi ngay khi có dữ liệu mới từ cảm biến. Tương tự, Actuator cũng tuân theo cơ chế event-triggered, được kích hoạt mỗi khi nhận lệnh điều khiển từ bộ điều khiển.

Chu kỳ lấy mẫu *h* đóng vai trò biến đổi tín hiệu thời gian liên tục thành tín hiệu thời gian rời rạc. Việc lựa chọn chính xác chu kỳ lấy mẫu là một vấn đề quan trọng trong các hệ thống điều khiển qua mạng vì có ảnh đến chất lượng của hệ thống điều khiển vòng kín. Nếu *h* được chọn quá lớn, độ trễ truyền thông sẽ tăng lên, làm suy giảm QoC, ngược lại khi chọn *h* quá nhỏ, thời gian truyền gói tin trở nên không đủ, dẫn đến gia tăng tải xử lý cho cả máy tính và mạng. Do đó, việc xác định giá trị thích hợp của *h* phụ thuộc vào mục tiêu cụ thể của từng hệ thống NCS. Để đảm bảo QoC mong muốn, *h* thường được chọn sao cho $0{,}1 \le \omega_n h \le 0{,}6$ [1], trong đó ω_n là tần số riêng (rad/s).

Trễ truyền thông trong hệ thống điều khiển bao gồm hai thành phần chính:

- Trễ cảm biến-bộ điều khiển (τ_{sc}), được xác định trong mỗi chu kỳ lấy mẫu, tính từ thời điểm cảm biến gửi dữ liệu cho đến khi bộ điều khiển tiếp nhận gói tin.

- Trễ bộ điều khiển-cơ cấu chấp hành (τ_{ca}), được tính từ thời điểm bộ điều khiển phát lệnh cho đến khi cơ cấu chấp hành nhận được thông điệp.

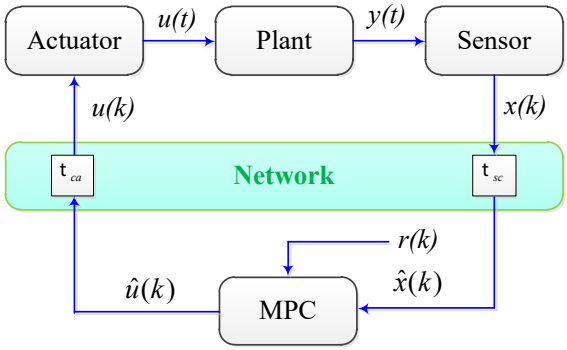
Vì vậy, tổng trễ truyền thông trong một vòng điều khiển kín được biểu diễn bởi:

$$\tau = \tau_{sc} + \tau_{ca} \quad (1)$$

3. THIẾT KẾ MPC

3.1. Cấu trúc MPC

Cấu trúc MPC có xét đến cơ chế bù trễ trong mạng truyền thông được minh họa ở Hình 2.



Hình 2. *Sơ đồ cấu trúc MPC có bù trễ mạng truyền thông*

- Sensor: Dùng để lấy mẫu và ghi nhận tín hiệu đầu ra *x(k)*.

- MPC: Nhận $\hat{x}(k)$, tính toán dự báo trong tương lai, giải bài toán tối ưu và cho ra tín hiệu điều khiển dự báo $\hat{u}(k)$.

- Actuator (cơ cấu chấp hành): Nhận lệnh *x(k)* và tác động trở lại Plant.

- Network (mạng truyền thông): Khi tín hiệu đi qua mạng sẽ có trễ truyền thông τ_{sc} và τ_{ca}.

Trong MPC, chất lượng của bộ điều khiển được đánh giá thông qua hàm mục tiêu *J*. Hàm này cân bằng giữa: Độ lệch đầu ra so với tín hiệu đặt; độ lớn của tín hiệu điều khiển.

3.2. Khi không có trễ truyền thông

Một đối tượng tuyến tính có thể mô tả bằng dạng ARMAX (AutoRegressive Moving Average with eXogenous input) như sau [6], [7]:

$$A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k-d) + C(q^{-1})e(k) \quad (2)$$

Trong đó:

y(k): Tín hiệu đầu ra tại thời điểm *k*;

u(k): Tín hiệu điều khiển đầu vào tại thời điểm *k*.

e(k): Nhiễu trắng.

q^{-1}: Toán tử trễ ($(q^{-1}y(k) = y(k-1)).$).

$$A(q^{-1}) = 1 + a_1 q^{-1} + \cdots + a_n q^{-n}$$

$$B(q^{-1}) = b_0 + b_1 q^{-1} + \cdots + b_m q^{-m}$$

$$C(q^{-1}) = 1 + c_1 q^{-1} + \cdots + c_r q^{-r}$$

d: Tổng trễ đầu vào

3.3. Khi có trễ truyền thông

Trễ truyền thông gồm hai thành phần như trong công thức (1). Mô hình với trễ truyền thông được viết lại như sau:

$$A(q^{-1})y(k) = B(q^{-1})u(k - d_p - \tau) + C(q^{-1})e(k) \quad (3)$$

Trong đó:

d_p: Trễ nội tại của đối tượng

3.4. Thiết kế MPC

- Hàm chi phí tổng quát MPC là [5]:

$$J = \sum_{i=1}^{N_p} \left(y(k+i|k) - r(k+i) \right)^2 + \lambda \sum_{i=0}^{N_c - 1} \Delta u(k+i|k)^2 \quad (4)$$

Trong đó:

N_p: Khoảng dự báo;

N_c: Khoảng điều khiển;

λ: hệ số.

$y(k+i|k)$: Giá trị dự báo đầu ra tại bước *k+i*.

$r(k+i)$: Tín hiệu đặt.

$$\Delta u(k+i|k) = u(k+i|k) - u(k+i-1|k)$$

- Mô hình dự báo:

$$Y = F_d x(k) + \Phi_d \Delta U \quad (5)$$

Trong đó:

Y: Vector đầu ra dự báo, bao gồm các giá trị dự đoán của tín hiệu từ thời điểm *k*+1 đến *k*+N_p. Được tính toán dựa trên trạng thái hiện tại của hệ thống và dãy tín hiệu điều khiển dự kiến trong tương lai.

$$Y = \begin{bmatrix} y(k+1|k) \\ y(k+2|k) \\ \vdots \\ y(k+N_p|k) \end{bmatrix}$$

x(k): Trạng thái hiện tại, là vector trạng thái tại thời điểm *k*, chứa toàn bộ thông tin quá khứ cần thiết để dự báo trạng thái trong tương lai.

ΔU: Vector biến thiên điều khiển.

$$\Delta U = \begin{bmatrix} \Delta u(k|k) \\ \Delta u(k+1|k) \\ \vdots \\ \Delta u(k+N_c-1|k) \end{bmatrix}$$

F_d: Ma trận dự báo trạng thái có tính đến trễ;

Φ_d: Ma trận đáp ứng xung đã dịch *d* bước.

Khi đó công thức (4) được viết lại như sau:

$$J = (Y-R)^T Q (Y-R) + \Delta U^T R \Delta U \quad (6)$$

Trong đó:

R: Vector tín hiệu đặt.

$$R = \begin{bmatrix} r(k+1) \\ r(k+2) \\ \vdots \\ r(k+N_p) \end{bmatrix}$$

Q: Ma trận trọng số.

$$Q = diag(q_x, q_q, q_x, q_q, \cdots q_x, q_q)$$

Thay (5) vào (6) ta được:

$$J = (F_d x(k) + \Phi_d \Delta U - R)^T Q (F_d x(k) + \Phi_d \Delta U - R) + \Delta U^T R \Delta U \quad (7)$$

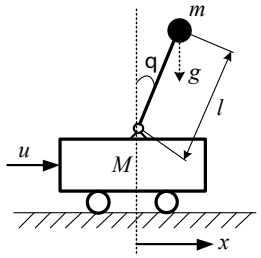
- Luật điều khiển:

$$\begin{aligned} \Delta U^* &= -(\Phi_d^T Q \Phi_d + R)^{-1} \Phi_d^T Q (R - Fx(k)) \\ u(k) &= u(k-1) + \Delta u(k) \end{aligned} \quad (8)$$

4. KHẢO SÁT TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN QUA MẠNG DỰA TRÊN PHƯƠNG PHÁP MPC

4.1. Đối tượng điều khiển

Đối tượng được khảo sát là mô hình con lắc ngược gắn trên xe đẩy, được minh họa trong Hình 3 [2].



Hình 3. *Sơ đồ minh họa hệ thống con lắc ngược trên một xe đẩy*

Các thông số của mô hình được lựa chọn như sau: trọng lượng xe *M* = 0,9 kg; trọng lượng con lắc *m* = 0,23 kg; chiều dài con lắc *l* = 0,3 m; gia tốc trọng trường *g* = 9,81 m/s^2. Ngoài ra còn có θ là góc lệch con lắc; *x* biểu thị là vị trí xe; *u* là lực tác động lên xe.

Bộ phận cơ khí bao gồm một xe đẩy, trên đó gắn một thanh lắc ngược có thể quay tự do quanh trục ngang. Xe đẩy chuyển động trên mặt phẳng nằm ngang với chiều dài giới hạn và đây chính là ràng buộc trong thiết kế thuật toán điều khiển. Khi có nhiễu tác động, để duy trì con lắc ở trạng thái thẳng đứng, xe phải di chuyển qua lại trong phạm vi giới hạn này.

Mục tiêu của bài toán điều khiển là dịch chuyển xe đẩy từ vị trí ban đầu x_0 = 0 đến vị trí mong muốn x_1 = 0,1 m, đồng thời duy trì con lắc ở trạng thái thẳng đứng. Các chỉ tiêu thiết kế được lựa chọn gồm: Hệ số tắt dần ζ = 0,707 và thời gian lên t_r = 600 ms. Từ đó, tần số riêng được xác định theo công thức $\omega_n = 1,8/t_r$ = 3(rad/s).

Hệ phương trình trạng thái trong miền thời gian liên tục có dạng:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) \end{cases}$$

Trong đó:

A: Ma trận hệ thống;

B: Ma trận đầu vào;

C: Ma trận đầu ra.

Các ma trận A và B được xác định như sau:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\dfrac{m.g}{M} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & \dfrac{(M+m).g}{M.l} & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ \dfrac{1}{M} \\ 0 \\ -\dfrac{1}{M.l} \end{bmatrix}$$

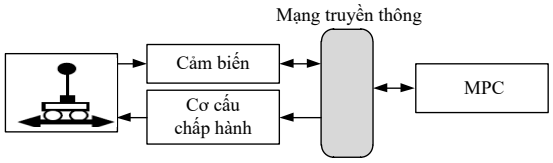
4.2. Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng điều khiển

Chất lượng của hệ thống điều khiển vòng kín được đánh giá dựa trên độ quá điều chỉnh (Overshoot - O%) và đáp ứng thời gian của góc con lắc.

4.3. Mô phỏng ứng dụng điều khiển quá trình qua mạng truyền thông

4.3.1. Nội dung

Hình 4 mô tả sơ đồ mô phỏng của bài toán điều khiển con lắc ngược qua mạng truyền thông.



Hình 4. *Sơ đồ mô phỏng hệ con lắc ngược có truyền thông mạng*

4.3.2. Điều kiện thực thi trên mạng truyền thông [2]

Xét việc thực thi ứng dụng điều khiển quá trình thông qua mạng truyền thông (Hình 4). Mỗi ứng dụng như vậy bao gồm ba khối chức năng: Bộ điều khiển MPC, cảm biến và cơ cấu chấp hành. Trên mạng tồn tại hai luồng dữ liệu: Một luồng từ cảm biến đến MPC (f_{sc}) và một luồng từ bộ điều khiển đến cơ cấu chấp hành (f_{ca}). Trong phạm vi nghiên cứu, chỉ xem xét các luồng dữ liệu f_{sc} đồng bộ và có cùng *h*.

Tốc độ truyền bit tại lớp vật lý được cấu hình ở mức 125 kbit/s.

Trường dữ liệu trong các thông điệp gồm 8 byte. Do đó, chiều dài của toàn bộ thông điệp được tính toán là L = 150 bit [1].

4.3.3. Tính toán luật điều khiển

Trong nghiên cứu này, chỉ tập trung vào biến góc của con lắc, nghĩa là đảm bảo con lắc luôn duy trì ở trạng thái thẳng đứng trong quá trình xe đẩy dịch chuyển từ vị trí *x* đến x_1.

Các tham số của MPC tính từ tham số của con lắc ngược là:

- N_p = 40, N_c = 10.
- $Q = diag(q_x, q_\theta, q_x, q_\theta, \cdots q_x, q_\theta)$

Với q_x = 10, q_θ = 800.

- $R = 0,05 I_{N_c}$
- Chu kỳ lấy mẫu: h = 10 ms
- Các ma trận trạng thái:

$$A_d = \begin{bmatrix} 1 & 1\times10^{-2} & 1,2531\times10^{-4} & 4,1775\times10^{-7} \\ 0 & 1 & 2,5053\times10^{-2} & 1,2531\times10^{-4} \\ 0 & 0 & 0,99795 & 9,9932\times10^{-3} \\ 0 & 0 & -0,41029 & 0,99795 \end{bmatrix}$$

$$B_d = \begin{bmatrix} 5,5552\times10^{-5} \\ 1,1110\times10^{-2} \\ -1,8512\times10^{-4} \\ -3,7012\times10^{-2} \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} x_c & \theta \end{bmatrix}^T = Cx, \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

- Hàm chi phí và luật điều khiển tính theo công thức (7) và (8).

4.3.4. Công cụ mô phỏng

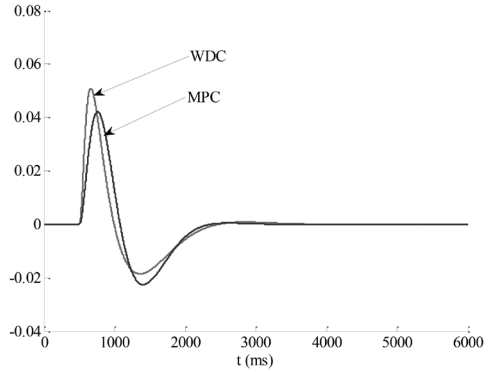
Phần mềm được sử dụng trong nghiên cứu này là TrueTime [8] - một công cụ chạy trên nền tảng Matlab/ Simulink, cho phép mô phỏng các hệ thống điều khiển phân tán thời gian thực.

4.3.5. Phân tích kết quả mô phỏng và nhận xét

Các kết quả mô phỏng điều khiển ổn định con lắc ngược được trình bày trong Hình 5, Hình 6, Hình 7 và Hình 8 với hai trường hợp:

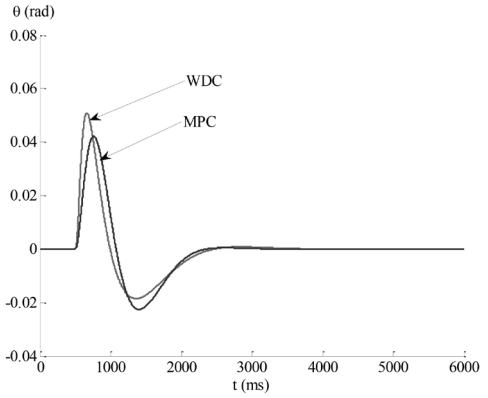
- Trường hợp không bù trễ (WDC - Without Delay Compensation).

- Trường hợp bù trễ sử dụng MPC.



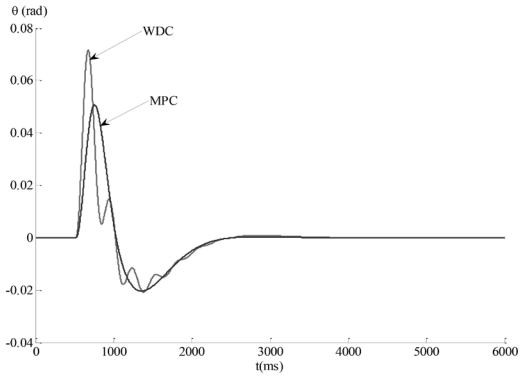
Hình 5. *Diễn biến góc con lắc trong miền thời gian với τ = 0 ms*

Từ Hình 5 cho thấy: Độ quá điều chỉnh (O%) trong trường hợp không bù trễ là 26,75%, trong khi với MPC chỉ còn 5,25%.



Hình 6. *Diễn biến góc con lắc trong miền thời gian với τ = 9,5 ms*

Từ Hình 6 cho thấy: Độ quá điều chỉnh (O%) trong trường hợp không bù trễ là 53,25%, trong khi với MPC chỉ còn 16,25%.

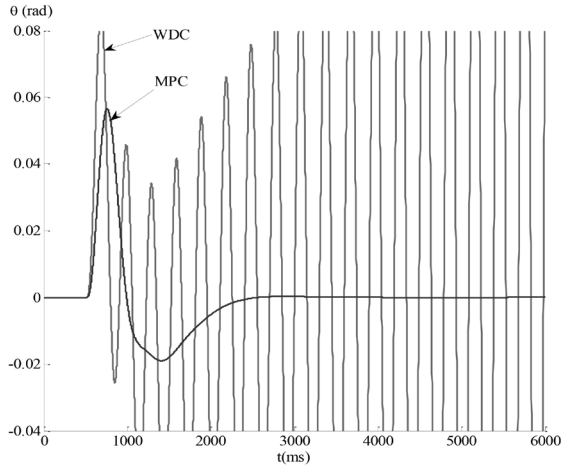


Hình 7. *Diễn biến góc con lắc trong miền thời gian với τ = 16,5 ms*

Từ Hình 7 cho thấy:

- O% (không bù trễ) = 79,0%.

- O% (MPC) = 26,75%.



Hình 8. *Diễn biến góc con lắc trong miền thời gian với τ = 24,5 ms*

Từ Hình 8 cho thấy:

- Khi không có bù trễ hệ thống mất ổn định.

- Khi áp dụng MPC hệ thống vẫn duy trì được sự ổn định với O% (MPC) = 41,75%.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu, phương pháp MPC được đề xuất để vừa đảm bảo tính ổn định, vừa cải thiện hiệu quả điều khiển trong hệ thống điều khiển qua mạng. Kết quả mô phỏng chứng minh rằng, trong trường hợp không có bù trễ (WDC), hệ thống chịu ảnh hưởng rõ rệt của trễ truyền thông, dẫn đến dao động lớn và mất ổn định. Ngược lại, MPC có khả năng bù trễ hiệu quả, đảm bảo cho hệ thống nhanh chóng ổn định và duy trì trạng thái cân bằng. Kết quả này chứng minh hiệu quả vượt trội của MPC với việc đảm bảo ổn định và nâng cao chất lượng điều khiển cho hệ thống điều khiển qua mạng.

Trong tương lai, nghiên cứu có thể được mở rộng theo các hướng:

i) Tối ưu hóa tham số MPC nhằm giảm độ phức tạp tính toán và nâng cao hiệu quả thời gian thực;

ii) Xem xét các yếu tố bất định như trễ biến thiên và mất gói tin trong mạng truyền thông;

iii) Kết hợp MPC với các phương pháp điều khiển thông minh như: Mờ, trí tuệ nhân tạo,… để cải thiện khả năng thích nghi;

iv) Triển khai thử nghiệm trên mô hình thực nghiệm để kiểm chứng tính khả thi trong ứng dụng cụ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyen Trong Cac, Nguyen Van Khang, Nguyen Xuan Hung (2013), *Medium Access Control protocol using hybrid priority schemes for CAN-based Networked Control Systems*, Journal of Science & Technology - Technical Universities, No. 95, 2013, pp. 107 - 115.

[2]. Nguyễn Trọng Các (2020), *Điều khiển ổn định con lắc ngược áp dụng phương pháp LQR qua mạng thuyền thông*, Tạp chí nghiên cứu khoa học Đại học Sao Đỏ, ISSN 1859-4190, Số 2(69), trang 5-9.

[3]. Nguyễn Trọng Các, Trần Thị Huyền Trang, Lê Thị Mai (2018), *Ứng dụng bộ điều khiển thích nghi để bù trễ thời gian truyền thông trong vòng kín cho các hệ thống điều khiển qua mạng*, Tạp chí nghiên cứu khoa học Đại học Sao Đỏ, ISSN 1859-4190, 5 trang.

[4]. Zhongda Tian and Yanhong Wang (2021), *Predictive control compensation for networked control system with time-delay*, Journal of Systems and Control Engineering, Vôn. 236, Issue 1, pp. 1-18.

[5]. Hongguang Pan, Yingting Zhang & Jun Wang (2022), *A synthesis approach for networked MPC of linear system with double-sided arbitrary bounded delays and packet losses*, International journal of control, ISSN 0020-7179, pp. 1-11.

[6]. Eduardo F. Camacho & Carlos Bordons (1999), *Model Predictive Control*, Published by Springer.

[7]. Tao ZHENG (2010), *Model Predictive Control*, Published by Sciyo.

[8]. Martin Ohlin, Dan Henrikssonand Anton Cervin (2022), *TrueTime 2.0 - Reference Manual*, Lund Institute of Technology, Sweden.

AUTHOR INFORMATION

Nguyen Trong Cac

Corresponding author: ntcac@saodo.edu.vn

Sao Do University.

THỂ LỆ GỬI BÀI
TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tạp chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...
2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào.
3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website http://tapchikhcn.saodo.edu.vn. Bài báo gửi về toà soạn dưới dạng file điện tử (*.doc *.docx và *.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phản biện thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.
4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).
5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.
6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.
7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.
8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.
9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.
10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 × 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (*.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng Mathtype hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.
11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo.

    - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.

    - Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tạp chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỷ yếu, số, trang.

    - Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.
12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper

    Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên http://tapchikhcn.saodo.edu.vn.

THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, P. Chu Văn An, TP. Hải Phòng.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: http://tapchikhcn.saodo.edu.vn

Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn

BỘ CÔNG THƯƠNG
TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

Địa chỉ:
- **Số 1:** Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Số 2:** Số 72, đường Nguyễn Thái Học, quốc lộ 37, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
- **Điện thoại:** (0220) 3882 269 **Fax:** (0220) 3882 921 **Website:** http://saodo.edu.vn **Email:** info@saodo.edu.vn

P. ISSN 1859-4190
E. ISSN 2815-553X

Số 4 (92)
2025

Địa chỉ Tòa soạn:
Trường Đại học Sao Đỏ
Số 76, đường Nguyễn Thị Duệ, KDC Thái Học 2, phường Chu Văn An, thành phố Hải Phòng.
Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.
Website: http://tapchikhcn.saodo.edu.vn/Email: tapchikhcn@saodo.edu.vn.

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.
In 2.000 bản, khổ 21 × 29,7cm, tại Công ty TNHH in Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.