

کنترل غیرخطی مدل پیوسته شبکه بافر

حسین میانریمی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

بابل، ایران

h_miare@yahoo.com

سیدحسن حسین نیاکانی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل

بابل، ایران

h.hoseinnia@stu.nit.ac.ir

ازدحام داخل بافر است. شاید یک روش ساده، محدود کردن طول بافر به یک حد معین است که لزوماً روش بهینه‌ای نخواهد بود. رویکردهای مختلفی جهت کنترل ازدحام بافرها انجام شده است

در این راستا پژوهشهایی در سالهای گذشته انجام شده است. از این جمله می‌توان به پژوهشهای زیر اشاره کرد

در [۱۶] کنترل بهینه سیستم تصادفی گسسته جریان سیال ارائه شده است، که به دلیل گسسته بودن این مدل پیاده سازی روش های کنترل غیرخطی بر روی مدل های گسسته مشکل می باشد. در [۱۷] کنترل به روش خطی سازی فیدبک مقاوم برای سیستم بافر تنها برای مدل کلاسیک (M/M/1) ارائه شده است، که این روش نیازمند محاسبات ریاضی زیادی می باشد یکی دیگر از روشهای غیرخطی انجام شده در این راستا روش کنترل تطبیقی ساده است [۳،۲]، در این روش، هدف آن است که مدل رفتاری مطابق رفتار یک سیستم مرجع از خود بروز دهد. مشکل عمده این روش در پیاده سازی بر روی سیستم غیرخطی تک ورودی- تک خروجی، خطای خروجی است [۹] [۱۰]، که این روش در بخش ۴ به اختصار توضیح داده شده است.

عدم دقت در مدل سازی، تاثیرات نامطلوبی بر فرآیند کنترل سیستمهای غیرخطی خواهد داشت. بنابراین در طراحی عملی یک کنترل کننده، باید عدم دقت در مقادیر پارامترهای مدل در نظر گرفته شود. یکی از روشهای کنترلی که حساسیت بسیار کمتری نسبت به مقادیر پارامترهای مدل دارد روش کنترل مد لغزشی است [۱۱،۱۲]. به گونه‌ای که در پژوهشهای مختلف نشان داده شده است که این روش کنترلی علیرغم وجود عدم قطعیت در مقادیر پارامترهای توصیف کننده سیستم و وجود اغتشاش خارجی، توانایی رسیدن به عملکرد مطلوب و مورد نظر را دارد. در این روش به دلیل سویچ زنی بسیار سریع سیگنال کنترل، می‌توان کنترل کننده پایدار و مقاومی را طرح کرد [۱۳،۱۴].

در این مقاله هدف طراحی یک کنترل کننده از نوع مد لغزشی است به گونه‌ای خواسته‌های زیر را برآورده کند:

الف- سیستم حلقه بسته به شکل محلی یا عمومی پایدار باشد.
ب- سیستم حلقه بسته برای کلاس خاصی از شرایط اولیه رفتار مطلوبی از خود نشان دهد.

چکیده: کنترل بافرها در شبکه‌های انتقال داده به منظور حفظ معیارهای کارایی از اهمیت زیادی برخوردار است. در این مقاله مدل پیوسته بافر برای کنترل استفاده شده است. در این مدل از یک پارامتر به منظور تعیین نوع صف استفاده شده است به گونه‌ای که با تغییر مقدار این پارامتر روابط کلی ارائه شده به روابط صف یا صفهای خاص تبدیل می‌شوند. با توجه به ماهیت غیر خطی روابط حاکم بر بافرها (صفها) به منظور کنترل جمعیت داخل بافر از دو روش کنترل غیر خطی، کنترل تطبیقی مدل- مرجع و کنترل مد لغزشی استفاده شده است که روش کنترلی مقاوم نسبت به پارامترهای سیستم می باشد. در انتها روش کنترل مد لغزشی بهینه با کنترل تطبیقی مدل - مرجع مقایسه شده است و مزیت و معایب این کنترل کننده‌ها بیان شده است.

کلمات کلیدی: کنترل مد لغزشی، کنترل تطبیقی مدل-مرجع،

صف و بافر

۱- مقدمه

بافرها در سیستمهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند که بارزترین آنها شبکه‌های انتقال داده هستند. در فرآیند انتقال داده برای سویچهای مختلف، به علت آنکه ممکن است فرآیند انتقال و آدرس دهی کندتر از نرخ ورودی باشد به منظور جلوگیری از دست رفتن بسته‌های ورودی، از محلهای ذخیره سازی موقت استفاده می‌شود که بافر نامیده می‌شود. یکی از مشکلاتی که در بافرها بوجود می‌آید زیاد شدن تعداد بسته‌های موجود در بافر است که منتظر انتقال به مسیرهای بعدی هستند این مسئله که ازدحام نامیده می‌شود سبب می‌شود که متوسط زمان انتقال یک بسته در شبکه زیاد شود که به نوعی از دست رفتن کارایی شبکه است. به این ترتیب رفتار مطلوب بافرها آن است که جمعیت داخل آن از یک حد معین بیشتر نباشد و یا به گونه‌ای تغییر کند که زمان انتقال بسته‌ها زیاد نشود. با توجه به اینکه در شبکه‌ها امکان ارسال مجدد وجود دارد سیاستی که عموماً مورد استفاده قرار می‌گیرد دورریز بعضی بسته‌ها با توجه به شرایط

بدیهی است که این تابع برای بازه‌های زمانی که $x(t) = 0$ به درستی رفتار سیستم را توصیف نمی‌کند. در ادامه به بررسی یک مدل کلی برای شبکه بافر پرداخته که تنها با تغییر یک پارامتر می‌توان مدل‌های مختلف صف را پوشش داد.

۲-۱- مدل پیوسته شبکه بافر با استفاده از مدل کلی

صف؛ M/G/1

این مدل یک خدمت دهنده دارد و مدت زمان بین دو ورود متوالی متغیر تصادفی نمایی است ولی زمان خدمت دهی یک تابع توزیع دلخواه است و از این رو مدل کلی صف با یک خدمت دهنده گفته می‌شود. متوسط تعداد بسته‌های داخل سیستم و زمان متوسط انتظار در این مدل به صورت زیر است:

$$x = \frac{l(1 - 0.5r + 0.5l \cdot m \text{var}(s))}{m - l} \quad (4)$$

$$w = \frac{x}{l} = \frac{(1 - 0.5r + 0.5l \cdot m \text{var}(s))}{m - l} \quad (5)$$

در این رابطه $\text{var}(s)$ واریانس زمان سرویس دهی است و باز مانند مدل‌های قبلی $r = l/m$ است و $0 < r \leq 1$.

جدول زیر واریانس زمان سرویس و ضریب بهره‌وری را برای مدل‌های صف مختلف نشان می‌دهد.

رابطه (۴) را که تعداد متوسط بسته‌های منتظر در یک صف با نرخ سرویس کلی و نرخ ورود نمایی بیان می‌کند با فرض $a = (1 - 0.5r + 0.5l \cdot m \text{var}(s))$ می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد.

$$x = \frac{al}{m - l} \quad (6)$$

r	var(s)	مدل صف یا بافر
$\frac{l}{m}$	$\text{var}(s) = \frac{1}{m^2}$	M / M / 1
$\frac{l}{m}$	$\text{var}(s) = \frac{1}{km^2}$	M / E _K / 1
$\frac{l}{m}$	0	M / D / 1

به همین ترتیب می‌توان رابطه (۱۲) را نیز به صورت زیر بیان کرد.

$$w = \frac{x}{l} = \frac{a}{m - l} \quad (7)$$

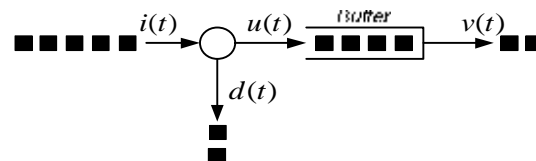
حال به راحتی می‌توان از دو رابطه (۶) و (۷)، w را به صورت تابعی از x به صورت رابطه (۱۵) بیان کرد. در اینجا تابع مورد نظر باید تنها تابعی از تعداد بسته‌های داخل صف یعنی همان x باشد و شامل نرخ

پ- کنترل کننده طراحی شده امکان پیاده سازی عملی را داشته باشد.

سازمان کلی مقاله به شکل زیر است. در بخش ۲ به بررسی کلی مدل پیوسته بافر یک ورودی و یک خروجی پرداخته می‌شود. در بخش ۳، کنترل تطبیقی مدل- مرجع به اختصار بیان و مشکلات آن مطرح شده است. در بخش ۴ روش پیشنهادی کنترل مد لغزشی برای کنترل بافر مورد بحث ارائه شده است. نتایج آزمایشات و مقایسه‌ها در بخش پنجم آمده است. در انتها در بخش ۶ نتیجه‌گیری و پیشنهاد پژوهش بیشتر ارائه شده است.

۲-۲ مدل کلی و سیستمی یک بافر

شکل ۱ مدل سیستمی یک بافر را نشان می‌دهد. در این شکل نرخ ورود به سیستم در زمان t ، $i(t)$ بسته در واحد زمان است. $x(t)$ تعداد بسته‌های منتظر در بافر است. نرخ متوسط خدمت‌دهی بافر m بسته در واحد زمان است، یعنی در واحد زمان به طور متوسط m بسته از بافر خارج و مسیردهی می‌شوند. با توجه به شرحی که در بخش مقدمه داده شد برای جلوگیری از ازدحام زیاد در بافر، قسمتی از نرخ ورود به بافر دور ریخته می‌شود این نرخ دورریز با $d(t)$ نشان داده شده است. بنابراین جریان ورودی $i(t)$ به دو جریان مجزای $d(t)$ و $u(t)$ تبدیل می‌شود. در اینجا $u(t)$ جریان یا نرخ ورود واقعی به بافر است.



شکل ۱- مدل کلی و ساده یک بافر

در اینجا به بررسی دینامیک مدل سیستمی بافر شکل ۱ پرداخته می‌شود. با توجه به نرخ واقعی ورود و خروج از بافر به راحتی می‌توان نوشت:

$$\dot{x} = u(t) - v(t) \quad (1)$$

جهت در نظر گرفتن معادله ۱ به عنوان معادله توصیف کننده دینامیک تغییرات صف، مناسب است که نرخ جریان خروجی، $v(t)$ ، به صورت تابعی از $x(t)$ بیان شود در این صورت یک معادله دیفرانسیل توصیف کننده سیستم به صورت زیر بدست خواهد آمد.

$$\dot{x} = u(t) - f(x(t)) \quad (2)$$

شاید بتوان توابع مختلفی را در اینجا مورد استفاده قرار داد. بدیهی است که تابع مورد استفاده باید ملاحظات ذاتی سیستم و عملکرد طبیعی آن را در نظر بگیرد. با توجه به اینکه نرخ سرویس دهی در بافر ثابت است، مقالات [۶،۷] تابعی به صورت رابطه ۳ را پیشنهاد کرده‌اند

$$f(x(t)) = \begin{cases} m & x(t) > 0 \\ \min(m, u(t)) & x(t) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

که $X(t)$ حالت درجه n و $u(t)$ ورودی کنترل و y خروجی سیستم A, B, C و ماتریس هایی با بعد متناسب سیستم می باشند.

فرض می کنیم سیستم مرجع بصورت زیر باشد:

$$\dot{X}_m = A_m X_m(t) + B_m u_m(t) \quad (13)$$

$$y_m = C_m X_m(t) \quad (14)$$

که $X_m(t)$ حالت سیستم مرجع از درجه n_m و $u_m(t)$ ورودی کنترل و y_m خروجی سیستم مرجع و A_m, B_m, C_m ماتریس هایی با بعد متناسب سیستم مرجع می باشند.

سیستم مرجع را می توان جدای از سیستم اصلی در نظر گرفت و بهتر است که فرض شود $n_m \ll n$.

اضافه نمودن یک سیستم افزوده^۲ به سیستم اصلی ضروری است [۱۵]، این سیستم به صورت زیر تعریف می شود:

$$y_a(t) = y(t) + y_s(t) \quad (15)$$

$$y_s(s) = D(s).u(s) \quad (16)$$

$$e_y(t) = y_m(t) - y_a(t) \quad (17)$$

که $D(s)$ یک جبران ساز موازی رو به جلو^۲ می باشد:

$$D(s) = \frac{D}{1 + rs} \quad (18)$$

که r یک مقدار ثابت مثبت می باشد. سیستم افزوده باید شروط زیر را بر آورده سازد:

۱- $y_a(t) = y(t) + y_s(t) \cong y(t) - 1$ باشد، که با تنظیم D به مقدار کوچک قابل تحقق است.

۲- $D(s)$ از نظر فیزیکی تحقق پذیر باشد.

برای رسیدن به کنترل مطلوب باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e_y(t) = 0 \quad (19)$$

با الگوریتم تطبیقی زیر با مقادیر مطلوب $e_y(t), X_m(t), u_m(t)$ کنترل سیستم واقعی تولید خواهد شد:

$$u_{MRAS} = K_e e_y(t) + K_x X_m(t) + K_u u(t) \quad (20)$$

$$= K(t)r(t)$$

که

$$K(t) = [K_e(t) \quad K_x(t) \quad K_u(t)] \quad (21)$$

$$r^T(t) = [e_y(t) \quad X_m(t) \quad u_m(t)] \quad (22)$$

بهره های تطبیقی با ترکیب ترم های تناسبی و انتگرالی به صورت زیر خواهند بود:

$$K(t) = K_p(t) + K_i(t) \quad (23)$$

ورود نباشد به همین منظور I را بر حسب x محاسبه کرده و در رابطه w قرار می دهیم.

$$w(x) = \frac{a+x}{m} \quad (8)$$

حال با مقایسه رابطه اخیر با روابط حاکم بر مدل های مختلف صف در بالا بیان شد به راحتی می توان دید که با جایگزینی مقادیر مختلف a مطابق جدول زیر در رابطه اخیر معادلات حاکم بر صف های مختلف را بدست آورد.

a	مدل صف یا بافر
1	$M / M / 1$
$(\frac{k+1}{2k})r + \frac{1}{m}$	$M / E_k / 1$
$0.5r + \frac{1}{m}$	$M / D / 1$

به این ترتیب به ازای مقادیر مختلف a در رابطه ۸ معادلات صف های مختلف بدست می آید. بدیهی است که رابطه a و صف مربوطه یک به یک نیست. یعنی هر مقدار از a می تواند به چند صف اشاره کند. با توجه به [۳] و روابط لیتل [۸] نرخ پردازش را می توان به صورت زیر بیان نمود:

$$f(x) = \frac{x}{w(x)} \quad (9)$$

با جایگزینی ۸ در رابطه ۹، رابطه زیر بدست می آید.

$$f(x) = \frac{mx}{a+x} \quad (10)$$

به این ترتیب رابطه ای کلی برای نرخ پردازش صف بدست آمد که امکان طراحی مکانیزم های کنترل مختلف را ممکن می سازد. به این منظور در بخش های بعدی به بررسی روش مختلف کنترل غیرخطی می پردازیم.

۳- کنترل تطبیقی مدل - مرجع

در این بخش به طور خلاصه روش کنترل تطبیقی ساده برای سیستم های خطی تک ورودی - تک خروجی مورد بحث و بررسی قرار می گیرد. هدف اصلی در روش کنترل تطبیقی مدل-مرجع، تعقیب خروجی یک سیستم مرجع توسط خروجی سیستم مدل است. سیستم تک ورودی - تک خروجی مرتبه n ، کنترل پذیر و مشاهده پذیر با پارامترهای نامعین زیر را در نظر می گیریم:

$$\dot{X} = AX(t) + Bu(t) \quad (11)$$

$$y = CX(t) \quad (12)$$

شود. بنابراین $c = [c_1, c_2, \dots, c_n]^T$ باید طوری انتخاب شوند که مد لغزشی رفتار مطلوب از سیستم را ارائه دهد [۱۱].
از طرف دیگر کنترل مد لغزشی را می توان به دو فاز تقسیم نمود، ۱- فاز نزدیک شونده به سطح با $S(t) \neq 0$ و ۲- فاز لغزشی با $S(t) = 0$.

شرط کافی برای اینکه بردار خطا از فاز ۱ به فاز ۲ انتقال بصورت زیر خواهد بود:

$$S(t) \dot{S}(t) \leq -h|S(t)| \quad (۲۹)$$

که h یک ثابت مثبت با مقدار کوچک می باشد، شرط (۲۹) لغزش نامیده می شود [۲]. مطابق هر یک از دو فاز، دینامیک کنترل به طور جداگانه قابل مشتق گیری هستند. در فاز لغزشی $S(t) = 0$ و $\dot{S}(t) = 0$ می باشد، سپس کنترل معادل $u_{eq}(t)$ که باعث می شود دینامیک های سیستم به روی سطح لغزش برسند به صورت زیر به دست می آید:

$$\begin{aligned} \dot{X}_d(t) &= c^T [X_d(t) - X(t)] \\ &= c^T \dot{X}_d - c^T A X - c^T f_x(X, u) - c^T B u_{eq} \quad (۳۰) \\ &= 0 \end{aligned}$$

سپس

$$u_{eq}(t) = -(c^T B)^{-1} [c^T A X - c^T \dot{X}_d + c^T f_x(X, u_{eq})] \quad (۳۱)$$

در فاز نزدیک شدن به سطح که $S(t) \neq 0$ می باشد برای برقراری شرط لغزش (۲۹)، یک ترم برای تصحیح قانون کنترل (تابع سوئیچ کننده) $u_c(t)$ باید اضافه شود.

فرض می نماییم تابع لیپانوف^۴ به صورت زیر انتخاب شده باشد:

$$V_{SMC} = \frac{S^2(t)}{2} \quad (۳۲)$$

باید توجه شود که این تابع معین مثبت است و هدف این است که مشتقات تابع لیانوف معین منفی باشد، این قابل دسترس است اگر:

$$\dot{S}(t) = -k_s \text{sgn}(S(t)) \quad (۳۳)$$

که k_s بهره ثابت مثبت می باشد و $\text{sgn}(S(t))$ به صورت زیر قابل تعریف است:

$$\text{sgn}(S(t)) = \begin{cases} +1, & \text{if } S(t) > 0 \\ 0, & \text{if } S(t) = 0 \\ -1, & \text{if } S(t) < 0 \end{cases} \quad (۳۴)$$

با قرار دادن (۱۸) در مشتق (۱۷) معادله زیر به دست خواهد آمد:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{SMC}(t) &= S(t) \dot{S}(t) \\ &= -k_s S(t) \text{sgn}(S(t)) \quad (۳۵) \end{aligned}$$

همچنین اگر $k_s > h$ انتخاب شود شرط (۱۴) برقرار خواهد بود.

مشتق (۱۳) نسبت به زمان به صورت زیر خواهد بود:

$$\dot{S}(t) = c^T \dot{X}_d - c^T A X - c^T f_x(X, u) - c^T B u \quad (۳۶)$$

$$\begin{aligned} K_p(t) &= \begin{bmatrix} e_y \cdot e_y \cdot T_{pe_y} \\ e_y \cdot X_m^T \cdot T_{px_m} \\ e_y \cdot u_m \cdot T_{pu_m} \end{bmatrix}^T \\ &= e_y(t) r^T(t) T_p \quad (۲۴) \end{aligned}$$

$$\dot{X}_i(t) = e_y(t) r^T(t) T_i - S K_i(t) \quad (۲۵)$$

که $T_p, T_i > 0$ ماتریس های متقارن بوده و $S > 0$ می باشد.

۴- کنترل مد لغزشی

طراحی یک کنترل کننده مد لغزشی، ابتدا باید یک سطح لغزش طراحی کرد. سطح لغزش بیان کننده دینامیک های مطلوب سیستم و تکمیل کننده حرکت سوئیچ کننده قانون کنترل لغزشی (تکمیل قانون کنترل) در تمام نقاط سطح می باشد. هر یک از حالت های بیرون سطح در یک زمان محدود به روی سطح کشیده خواهند شد.

ابتدا سیستم SISO با ورودی- محدود و خروجی- محدود (BIBO) زیر را در نظر می گیریم:

$$\dot{X}(t) = AX(t) + Bu(t) + f_x(X(t), u(t)) \quad (۲۶)$$

$$y = CX(t) + f_y(X)$$

که $X(t)$ حالت درجه n و $u(t)$ ورودی کنترل و y خروجی سیستم، A, B, C ماتریس هایی با بعد متناسب سیستم می باشند، $f_x, f_y \in R^n$ توابع غیرخطی هستند. همچنین فرض می کنیم سیستم (۲۶) کنترل پذیر و مشاهده پذیر باشند.

مراحل طراحی کنترل کننده مد لغزشی به صورت زیر می باشد

۱- طراحی یک سطح نمایانگر دینامیک های سیستم و ۲- تکمیل قانون کنترلی تا اینکه حالات سیستم به روی سطح لغزش کشیده شوند.

کار اصلی در این روش تعیین قانون کنترل u می باشد تا اینکه X مقدار مطلوب خود $i \in \{1, \dots, n\}$ را دنبال نماید. بنابراین خطای حالت را می توان به صورت زیر نشان داد:

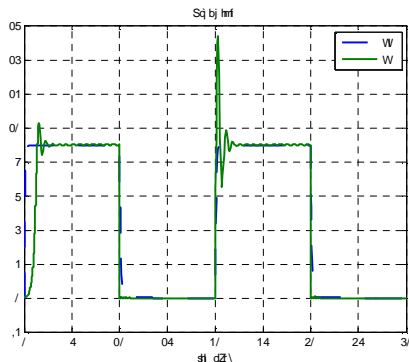
$$e_X = X_d - X = [e_X, \dot{e}_X, \dots, e_X^{(n-1)}] \quad (۲۷)$$

سپس سطح لغزش در فضای خطای حالت را به صورت زیر می توان در نظر گرفت:

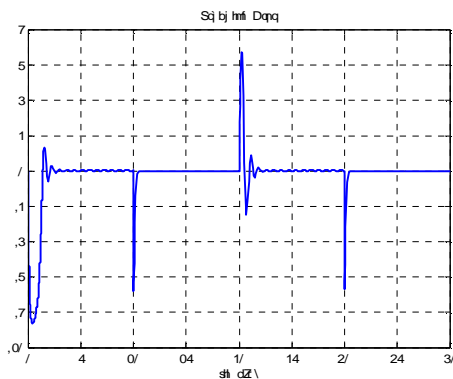
$$S(t) = c^T e_X(t) \quad (۲۸)$$

که $c = [c_1, c_2, \dots, c_n]^T$ شیب سطح لغزش $S(t) = 0$ می باشد، که c_n ها با توجه به دینامیک سطح لغزش انتخاب می شوند. هر یک از حالات که به سطح لغزش برسند، روی سطح باقی می مانند و اصطلاحاً گفته می شود مد لغزشی اتفاق افتاده است.

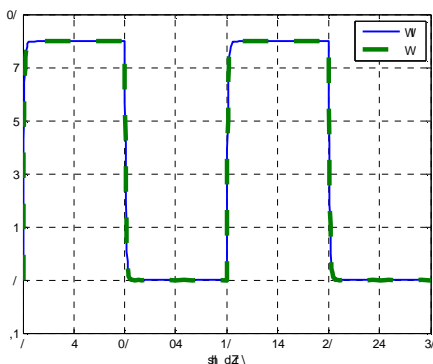
هنگامی که یک سیستم بر روی مد لغزشی باشد، دینامیک های آن با دینامیک های مد لغزشی کنترل می



شکل (۳) x و x_m با استفاده از روش کنترل تطبیقی مدل-مرجع



شکل (۴) خطای ردیابی x و x_m در روش کنترل تطبیقی مدل - مرجع



شکل (۵) x و x_m با استفاده از روش کنترل مد لغزشی

سپس با برابر قرار دادن سمت راست (۲۱) و (۱۸) سیگنال کنترل ورودی به صورت زیر بدست می آید:

$$u = -(c^T B)^{-1} [c^T A X - c^T \dot{x}_d + c^T f(x, u)] + (c^T B)^{-1} k_s \operatorname{sgn}(S(t)) \quad (37)$$

$$= u_{eq}(t) + u_c(t)$$

که

$$u_c(t) = (c^T B)^{-1} k_s \operatorname{sgn}(S(t)) \quad (38)$$

تکمیل کننده قانون کنترل می باشد.

با انتخاب $K_s = (c^T B)^{-1} k_s$ فرم نهایی u_c به صورت زیر

خواهد بود:

$$u_c(t) = K_s \operatorname{sgn}(S(t)) \quad (39)$$

که بهره سوئیچینگ می باشد.

۵- پیاده سازی بر روی شبکه بافر

ابتدا دینامیک شبکه بافر را به فرم (۴۱) و (۴۲) بازنویسی می

کنیم:

$$\dot{x}(t) = -\frac{mx(t)}{a+x(t)} + [1]u(t)$$

$$y(t) = x(t)$$

و پارامترهای $D = 0.001$ در (۳۴)، $r = 1$ در (۳۴)،

$$T_p = \operatorname{diag}(10, 10, 10) \text{ و } T_i = \operatorname{diag}(100, 100, 100)$$

در (۳۹)، $s = 1$ در (۳۹)، $c = [10]$ در (۳۳) و $K_s = 250$ در (۳۴)

انتخاب شده است. سیستم مرجع درجه یک با پارامترهای

$$C_m = 1, B_m = 10, A_m = -10$$

در کنترل تطبیقی مدل-مرجع برای یک سیستم غیرخطی SISO

(۴۱) و (۴۲) در دنبال کردن خروجی مرجع (۲۷) و (۲۸) مشکل خطای

خروجی به وجود خواهد آمد، شکل های (۳) الی (۶) دقیقاً برتری روش

مد لغزشی و سوئیچینگ سریع این روش را نسبت به کنترل تطبیقی

مدل-مرجع نشان می دهد. در شکل (۳) ردیابی خروجی سیستم با

خروجی مرجع به روش کنترل تطبیقی مدل-مرجع نشان داده شده

و شکل (۴) نمایانگر خطای خروجی کنترل تطبیقی و مقدار مرجع می

باشد. در شکل (۵) ردیابی خروجی سیستم با خروجی مطلوب به روش

کنترل لغزشی نشان داده شده و همچنین خطای این روش در شکل

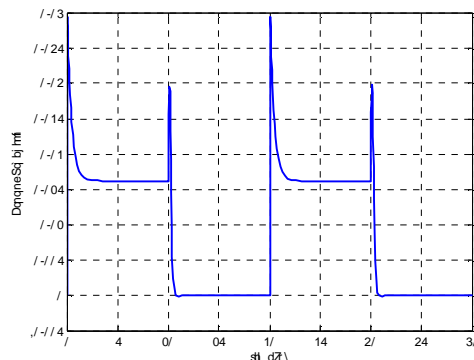
(۶) نشان داده شده است. نتایج در شکل (۴) و (۶) نیز نشان می دهد که

خطا در روش کنترل لغزشی بسیار کمتر شده است.

- [9] M. Yasser, A. Trisanto, J. Lu, and T. Yahagi, "A method of simple adaptive control for nonlinear systems using neural networks," IEICETrans. Fundamentals, vol. E89-A, no. 7, pp. 2009 2018, 2006.
- [10] J. Lu, M. Yasser, J. Phuah, and T. Yahagi, "Simple adaptive control for MIMO nonlinear continuous-time systems using neural network," Trans. IEE of Japan, vol. 124-C, no. 8, pp. 1599 1605, 2004.
- [11] J.E. Slotine and S. S. Sastry, "Tracking control of nonlinear systems using sliding surface with application to robotic manipulators," Int. J. Contr., vol. 38, pp. 465 492, 1983.
- [12] Mohammad Haeri Amir Abbas Emadzadeh Comparative study of various methods for synchronizing two different chaotic systems .Physics Letters A 356 (2006) 59–64.
- [13] V.I. Utkin, "Variable structure systems with sliding mode," IEEE Trans. Automat. Contr., vol. 22, pp. 212 222, 1977.
- [14] J. Phuah, J. Lu, and T. Yahagi, "Chattering free sliding mode control in magnetic levitation system," IEEJ Trans. EIS, vol. 125, no. 4, pp.600 606,2005.
- [15] Muhammad Yasser, Agus Trisanto, Ayman Haggag, Non, Jianming Lu, Hiroo Sekiya, and Takashi Yahagi, "An Adaptive Sliding Mode Control Using Simple Adaptive Control for A Class of SISO Nonlinear Systems with Bounded-Input Bounded-Output and Bounded Nonlinearity" .IEE of San Diego, CA, USA, December 13-15, 2006.
- [16] Srinivas Rajagopal, V. G. Kulkarni, and Shaler Stidham, Jr. "Optimal Flow Control of a Stochastic Fluid-Flow System" , IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, VOL. 13, NO. 7, SEPTEMBER 1995.
- [17] K. Bouyoucef, K. Khorasani, " Robust Feedback Linearization-based Congestion Control using a Fluid Flow Model" , Proceedings of the 2006 American Control Conference Minneapolis, Minnesota, USA, June 14-16, 2006.

زیر نویس ها

- ¹Single input Single Output (SISO)
² Augmented plant
³ Parallel feedforward compensator
⁴ Iyapanov



شکل (۶) خطای ردیابی x_m و x در روش کنترل مد لغزشی

۶- نتیجه

در این مقاله مدل کلی شبکه بافر به دست آمده از مبانی تئوری صف برای کنترل استفاده شده است. متوسط طول بافر به روش کنترل مد لغزشی کنترل شده است، اثر تغییرات پارامترهای شبکه مد نظر قرار گرفته است و همچنین با روش کنترل تطبیقی مدل مرجع مقایسه شده است. ویژگی روش های پیشنهادی بدست آوردن کنترل مقاوم شبکه بافر می باشد. نتایج نشان می دهد، روش کنترل مد لغزشی در مقایسه با کنترل تطبیقی مدل- مرجع فوق توانایی بهتری در کنترل متوسط طول بافر را دارا می باشد.

مراجع

- [1] Jean Jacques E.Slotine, "Applied Nonlinear Control" Englewood Cliffs, New Jersey 07632, Prentice Hall, 1991.
- [2] Olarn Wongwirat and Shigeyuki Ohara, Nopporn Chotikakamthorn "An Adaptive Buffer Control using Moving Average Smoothing Technique for Haptic Media Synchronization", 2001.
- [3] V. Guffens, G. Bastin Optimal Adaptive Feedback Control of a Network Buffer, 2005 American Control Conference June 8-10, 2005. Portland, OR, USA.
- [4] V. Guffens, G. Bastin, and H. Mounier. Using token leaky buckets for congestion feedback control in packets switched networks with guaranteed boundedness of buffer queues. In proc. of ECC03 Cambridge, 2000.
- [5] S. Rajagopal, V.G. Kulkarni, and S. Stidham. Optimal flow control of a stochastic fluid-flow system. IEEE journal on selected areas in communications, 13(7):1219–1228, 1995.
- [6] Jean-Chrysostome Bolot and A. Udaya Shankar. Analysis of a fluid approximation to flow control dynamics. In INFOCOM (3), pages 2398–2407, 1992.
- [7] C. G. Cassandras, Y. Wardi, B. Melamed, G. Sun, and C. G. Panayiotou. Perturbation analysis for online control and optimization of stochastic fluid models. IEEE transaction on automatic control, 47(8):1234–1248, 2002.
- [8] L. Kleinrock. Queueing Systems, Volume 1: Theory. Wiley & Sons, 1975.