

- شماره درس: ۲۵۴۵۳
- عنوان درس: سیستمهای کنترل شبکه ای
- نوع درس (نظری، نظری و آزمایشگاه، آزمایشگاه، درس پروژه دار): نظری
- پیشنیاز یا همنیاز: ندارد
- مقطع (کارشناسی، تحصیلات تکمیلی): تحصیلات تکمیلی
- گروه: سیستمهای دیجیتال
- نوع (ثابت یا متغیر) و تعداد واحد: ثابت، ۳ واحد
- اهداف درس (۵۱۲ کاراکتر یا حدوداً چهار خط):

هدف از ارائه این درس آشنایی دانشجویان با سیستمهای کنترل شبکه ای، چالشهای اصلی در توسعه این سیستمها و اصول طراحی اینترنت اشیا و سیستمهای کنترل از راه دور است. این درس به مطالعه اثر متقابل کنترل و مخابرات دیجیتال در سیستمهای کنترل شبکه ای و الگوریتمهای طراحی یکپارچه کنترل و مخابرات دیجیتال برای سیستمهای کنترل شبکه ای می پردازد.

- سرفصل ها (حداکثر ۲۳ سرفصل، هر سرفصل ۱۲۸ کاراکتر یا حدوداً یک خط):

• مثالهای عملی از سیستمهای کنترل شبکه ای:
➤ شبکه آبیاری خودکار خوزستان
➤ مجموعه زیر دریایی های بدون سرنشین خودکار کشور فرانسه
➤ سیستم خودکار حفاری چاه نفت و گاز
• نکات فنی که در توسعه سیستمهای کنترل شبکه ای باید در نظر گرفته شوند:
➤ روشهای موجود مخابراتی برای منابع اطلاعاتی فاقد حافظه توسعه یافته اند
➤ در سیستمهای کنترل شبکه ای، منابع اطلاعاتی توسط سیستمهای دینامیکی توصیف می گردند. عبارت دیگر در این سیستمها، منابع اطلاعاتی دارای حافظه می باشند
➤ روشهای موجود مخابراتی مبتنی بر بلوک کدینگ (block coding) هستند
➤ هنگامی که منابع اطلاعاتی توسط سیستمهای دینامیکی توصیف شوند، این روش باعث تاخیر مخابراتی زیاد می گردد
➤ الگوریتمهای موجود کنترل و تخمین بدون در نظر گرفتن نواقص مخابراتی نظیر از دست رفتن تصادفی داده ها، نویز و محدودیتهای پهنای باند انتقال توسعه یافته اند
• چالشهای اساسی در توسعه سیستمهای کنترل شبکه ای

➤ نیازمندی به توسعه روشهای نوین مخابراتی جهت نقل و انتقال بدون تاخیر از منابع اطلاعاتی توصیف شده توسط سیستمهای دینامیکی (منابع اطلاعاتی حافظه دار)
➤ نیازمندی به توسعه الگوریتمهای نوین تخمین و کنترل که در مقابل نواقص مخابراتی مقاوم می باشند
➤ نیازمندی به توسعه الگوریتمهای طراحی یکپارچه کنترل و مخابرات
• مروری بر مطالب پیش نیاز درس:
➤ مدلسازی فضای حالت سیستمهای دینامیکی، روش خطی سازی، تابع توصیفی، پایداری سیستمهای تصادفی، LQG و غیره
➤ مدلسازی کانالهای مخابراتی، ظرفیت انتقال، روشهای کدینگ، نرخ اعوجاج و تئوری انتقال اطلاعات و غیره
• الگوریتمهای طراحی یکپارچه کنترل و مخابرات دیجیتال
➤ ردیابی و کنترل سیستمهای خطی بر روی کانال مخابراتی محک بسته ای: کاربرد در شبکه آبیاری خودکار خوزستان
➤ ردیابی و کنترل از راه دور سیستمهای غیر خطی بر روی کانال مخابراتی محک بسته ای: کاربرد در اندازه گیری و کنترل از راه دور وسایل نقلیه خودکار
➤ ردیابی و کنترل بر روی کانال مخابراتی گوسی: اصل جدایی و نرخ اعوجاج سکونسی
• معرفی ماژولهای اینترنت اشیا و آرایش شبکه های مخابراتی مبتنی بر این ماژولها:
➤ LoRA, Sigfox, Digi
➤ آرایش مخابراتی مش (mesh)، نقطه به نقطه (point to point)، براد کست (broadcast) و هیبرید

• مراجع (حداکثر ۴ مراجع، وب سایت به عنوان مرجع درس در نظر گرفته نخواهد شد):

- 1- S. Yuksel and T. Basar, Stochastic Control Systems: Stabilization and Optimization under Information Constraints, Springer, 2013.
- 2- A. Parsa and A. Farhadi, Measurement and Control of Nonlinear Dynamic Systems over the Internet (IoT): Applications in Remote Control of Autonomous Vehicles, *Automatica*, 95, pp. 93 - 103, September 2018.
- 3- A. Farhadi, J. Domun, and C. Canudas de Wit, A Supervisory Control Policy over an Acoustic Communication Network, *International Journal of Control*, 88(5), pp. 946-958, May 2015
- 4- A. Farhadi, and E. Amani, Automated Irrigation Network: The Missing Link in Iran's Water Management Resources, in *Proceedings of the First Brainstorming Symposium with Water and Environment Experts*, Feb. 2018, Tehran, Iran (in Persian)

- Course number: 25453
- Course name: Networked Control Systems
- Course Type (Theory, Theory and Lab., Lab., With project): Theory
- Pre-requisite: None
- Level (Undergraduate, Graduate): Graduate
- Group: Digital Systems
- Type and max unit: Constant, 3
- Objectives:

The objective of this course is to familiarize students with networked control systems; main issues and challenges for developing these distributed systems and the design principles of the Internet of Things (IOT) and tele-operated systems. This course studies the interaction between digital communication and control in networked control systems; and the available communication and control co-design frameworks for balancing this interaction.

- Topics:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Practical examples of networked control systems:</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Iran's automated irrigation network</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ifremer's fleet of autonomous under water vehicles</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Automated oil drilling system</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Main issues to be considered in the development of networked control systems:</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ The available communication techniques are developed for memoryless information sources</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ In networked control systems, information sources are described by dynamic systems. That is, they are sources with memory</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ The available communication techniques are based on block coding</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ This coding technique for dynamic systems as the information source results in long transmission delay</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Available estimation and control algorithms have been developed without considering communication imperfections: random packet dropout, noise, limited bit rate, etc.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Main challenges in the development of networked control systems:</li> </ul>

➤ The needs for the development of novel communication techniques for real time reliable communication of the information sources described by dynamic systems (sources with memory)
➤ The needs for the development of novel estimation and control algorithms that are robust against communication imperfections
➤ The needs for the development of integration frameworks for control and communication co-design
• Preliminaries:
➤ State space modeling for dynamic systems, Linearization method, describing function, stability of stochastic systems, LQG, etc.
➤ Modeling communication channels, transmission capacity, channel coding, source coding, rate distortion, information transmission theorem, etc.
• Available communication and control co-design frameworks:
➤ Linear tracking and control over limited capacity packet erasure channel: Applications in Iran's automated irrigation network
➤ Nonlinear tracking and control over the packet erasure channel: Applications in tele-operation and tele-metry of autonomous vehicles
➤ Linear tracking and control over limited capacity AWGN channel: Separation principle and sequential rate distortion function
• Introducing IOT modules and the commonly used communication topologies of IOT networks:
➤ LORA, Sigfox, Digi
➤ Mesh, point to point, broadcast and hybrid communication topologies

- References:

- 1- S. Yuksel and T. Basar, Stochastic Control Systems: Stabilization and Optimization under Information Constraints, Springer, 2013.
- 2- A. Parsa and A. Farhadi, Measurement and Control of Nonlinear Dynamic Systems over the Internet (IoT): Applications in Remote Control of Autonomous Vehicles, *Automatica*, 95, pp. 93 - 103, September 2018.
- 3- A. Farhadi, J. Domun, and C. Canudas de Wit, A Supervisory Control Policy over an Acoustic Communication Network, *International Journal of Control*, 88(5), pp. 946-958, May 2015
- 4- A. Farhadi, and E. Amani, Automated Irrigation Network: The Missing Link in Iran's Water Management Resources, *in Proceedings of the First Brainstorming Symposium with Water and Environment Experts*, Feb. 2018, Tehran, Iran (in Persian)