

№15 Дәріс. Үлестірілген жүйелер мен нақты уақыттағы деректерді өңдеудің болашағы және қолданбалары (IoT, киберфизикалық жүйелер)

Дәрістің мақсаты:

Студенттерге үлестірілген жүйелердің даму тенденцияларын, нақты уақыттағы деректерді өңдеу технологияларын, Интернет заттар (IoT) және киберфизикалық жүйелердің (CPS) архитектурасын, олардың болашағын және практикалық қолдану салаларын түсіндіру.

Кілт сөздер:

Үлестірілген жүйелер; нақты уақыт жүйелері; IoT; Internet of Things; киберфизикалық жүйелер; Cyber-Physical Systems (CPS); нақты уақыттағы деректерді өңдеу; stream processing; edge computing; fog computing; cloud computing; latency; real-time analytics; smart city; smart grid; Industry 4.0; autonomous systems; digital twin; artificial intelligence of things (AIoT); сенсорлық желілер; 5G/6G; MQTT; CPS architecture; real-time communication; embedded systems; автономды робототехника; киберқауіпсіздік; real-time scheduling; distributed computing; big data.

Дәріс жоспары:

1. Кіріспе
2. Үлестірілген жүйелердің эволюциясы
3. Нақты уақыттағы деректерді өңдеу қажеттілігі
4. IoT (Интернет заттар) жүйелері
 - Архитектурасы
 - Қолдану салалары
 - Протоколдар мен технологиялар
5. Киберфизикалық жүйелер (CPS)
 - Түсінігі және ерекшеліктері
 - CPS пен IoT байланысы
 - Қолданылу салалары
6. Edge, Fog және Cloud Computing рөлі
7. Болашақ трендтері
8. Қорытынды
9. Бақылау сұрақтары
10. Пайдаланылған әдебиеттер

1. Кіріспе

Заманауи ақпараттық ортада деректер көлемі экспоненциалды түрде өсуде. Millisec деңгейіндегі шешім қабылдау қажеттілігі нақты уақыттағы деректерді өңдеу қажеттігін тудырады. Бұл технологиялар бәсекелестікті арттыруда, қауіпсіздікті қамтамасыз етуде және автоматтандыруда маңызды рөл атқарады.

2. Үлестірілген жүйелердің эволюциясы

Кезең	Технология	Ерекшелігі
1990 ж	Client-Server	Орталықтандырылған басқару
2000 ж	Grid Computing	Ортақ есептеу ресурстары
2010 ж	Cloud Computing	Икемді масштабталу
2020 →	Edge/Fog + IoT	Деректерді түйінге жақын өңдеу

3. Нақты уақыттағы деректерді өңдеу қажеттілігі

- Қауіпсіздік жүйелері
- Автономды көліктер
- Өндірістік автоматтандыру
- Денсаулық сақтау мониторингі
- Биржалық трейдинг

Нақты уақыт режимінде жүйе кідіріссіз (latency 1–50 ms) шешім қабылдауы тиіс.

4. IoT (Интернет заттар)

4.1 IoT архитектурасы

1. Сенсорлар мен құрылғылар
2. Желі (Wi-Fi, LoRaWAN, 5G)
3. Edge/Fog Computing
4. Cloud платформасы
5. Қолданбалар және аналитика

4.2 IoT протоколдары

- MQTT
- CoAP
- HTTP/REST
- OPC-UA (өндіріс үшін)

4.3 Қолдану салалары

- Ақылды қалалар (Smart City)
- Ақылды үйлер (Smart Home)
- eHealth — медициналық IoT
- Агро-IoT — ақылды ауыл шаруашылығы
- Smart Grid — энергетикалық желілер

5. Киберфизикалық жүйелер (CPS)

Анықтама

Киберфизикалық жүйелер — физикалық объектілерді цифрлық басқару және байланыс жүйелерімен біріктіру.

Ерекшеліктері

- Сенсорлар, біріктірілген жүйелер
- Нақты уақыттағы басқару
- Автоматтандырылған шешім қабылдау
- Өзін-өзі диагностикалау

Қолдану салалары

- Автономды көлік (Tesla, Waymo)
- Медициналық робототехника
- Индустрия 4.0 өндірістері
- Энергожүйелер
- Дрондар және әскери технологиялар

6. Edge, Fog және Cloud Computing рөлі

Технология	Деңгейі	Артықшылықтары
Cloud	Бұлт	Масштабталу, big data
Fog	Желі түйіндері	Жергілікті өңдеу
Edge	Құрылғы деңгейінде	Төмен кідіріс (latency)

Мысал: Автономды көлік 1–10 ms ішінде шешім қабылдайды → Edge өңдеу қажет.

7. Болашақ трендтері

- 6G және ультра төмен кідірісті желілер
- AI + IoT → Artificial Intelligence of Things (AIoT)
- Робототехника және автономды жүйелер
- Қауіпсіздік пен киберқорғауды күшейту
- Digital Twin технологиялары
- Кванттық есептеулер интеграциясы

8. Қорытынды

Үлестірілген жүйелер және нақты уақыттағы деректерді өңдеу заманауи экономика мен ғылымның маңызды бағыты. IoT және CPS технологиялары индустрия, медицина, көлік және әскери салаларда революциялық өзгерістер енгізіп жатыр. Болашақта AI, 6G және кванттық есептеулердің дамуы бұл жүйелерді жаңа деңгейге көтереді.

9. Бақылау сұрақтары

1. Нақты уақыттағы жүйелердің негізгі ерекшеліктері қандай?
2. IoT архитектурасының негізгі деңгейлерін атаңыз.
3. CPS жүйелерінің IoT-тен айырмашылығы неде?
4. Edge және Cloud өңдеудің артықшылықтарын салыстырыңыз.
5. Нақты уақыттағы өңдеу қажет болатын салаларға мысал келтіріңіз.
6. Smart Grid деген не?
7. AIoT ұғымын түсіндіріңіз.

10. Пайдаланылған әдебиеттер

1. Tanenbaum A.S., Van Steen M. Distributed Systems: Principles and Paradigms.
2. Rajkumar R., Lee I., Sha L. Cyber-Physical Systems.
3. Marwedel P. Embedded System Design.
4. IoT Security Foundation. *IoT Architectural Standards*.

5. IEEE Internet of Things Journal.
6. Cisco Systems. *Fog Computing and IoT Reference Architecture*.
7. Monica G. *Real-Time Big Data Analytics Techniques*.