



UNIVERSITY OF TARTU

INSTITUTE OF COMPUTER SCIENCE



Veebiteenuste ja hajussüsteemide arendus

Pelle Jakovits

jakovits@ut.ee

Veebruar 2025

Aine eesmärk

- Sissejuhatus **Hajussüsteemidesse**
- Sissejuhatus **veebiteenuste** arhitektuuridesse
- Sissejuhatus **Pilvetehnoloogiasse**
- Anda praktiline kogemus:
 - **mitmelõimeliste** programmide loomisest
 - **hajussüsteemide** ning veebiteenuste programmeerimisest
 - veebi **API**'de loomisest ja kasutamisest
 - **pilve-põhiste** rakenduste loomisest

Aine korraldus

- Aine koduleht: <https://courses.cs.ut.ee/2025/wds/spring>
- **Loengud**
 - Kolmapäev 12.15 - 14.00 - Narva mnt 18 – 1022
 - Ülekanne üle Zoom'i. Tekib ka video salvestus
- **Praktikumid**
 - Kolmapäev 16.15 - 18.00 - Narva mnt 18 – 2047
 - Neljapäev 12.15 - 14.00 - Narva mnt 18 – 2034

Eeldused tudengitele

- Pythoni oskused
- Git kasutamise baasoskused
- Operatsioonisüsteemide alusteadmised
 - Linuks'i käsurea kasutamine

Loengute Kava

1. Aine korraldus. Sissejuhatus hajussüsteemidesse ning veebiteenustesse
2. Hajussüsteemide omadused. Lõimed ja sünkroniseerimine.
3. Andmetevahetus Hajussüsteemides: Teadete edastus ja voogsuhtlus
4. Andmetevahetus Hajussüsteemides: Kaugprotseduurid
5. Andmetevahetus Hajussüsteemides ja veebiteenustes: SOAP & REST
6. Veebiteenuste standardid – OpenAPI, Swagger
7. Pilvetehnoloogia
8. Virtualiseerimine ja Konteinerid
9. Hajus- ja Pilveandmebaasid
10. Mikroteenused
11. Mikroteenuste arhitektuurid
12. Nanoteenused
13. Pilvepõhiste rakenduste disain
14. Eksami konsultatsioon

Praktikumide sisu

- Praktikumid jälgivad loengute teemasid 1:1
- Esimene praktikum algab järgmisel nädalal
- Praktikumid toimuvad kohapeal
 - Kolmapäeviti kell 16.15 - 18.00 - Narva mnt 18 ruumis 2047
 - Neljapäeviti kell 12.15 - 14.00 - Narva mnt 18 ruumis 2034
 - Zulip'is saab küsida abi väljaspool praktikumi aega

Praktikumid

- Esimene praktikum: **Lõimed** Pythonis
- Teine praktikum: **Teadete edastus** hajussüsteemides
- Kolmas praktikum: **RabbitMQ & kaugprotseduurid**
- Neljas praktikum: **HTTP, RESTful API**
- Viies praktikum: **OpenAPI**
- Kuues praktikum: **Azure pilveplatvorm**
- Setsmes praktikum: Rakenduste **konteineriseerimine**
- Kaheksas praktikum: **Pilveandmebaaside** kasutamine veebiteenuste loomisel
- Üheksas praktikum: **Mikroteenused**
- Kümnes praktikum: **Veebiliidese loomine Mikroteenusele**
- Üheteistkümnes praktikum: **Azure pilvefunktsioonid**
- Kaheteistkümnes praktikum: **Täielikult pilvepõhise ja mikroteenustepõhise hajussüsteemi üles seadmine**

Praktilise osa hindamine

- Praktikumid oleks kõige mõistlikum lahendada enne järgmisse loengusse tulekut
- Aga tähtaeg 100% tulemuse saamiseks on järgmise praktikumi algus
- **Hilinemine**
 - Iga puudunud päeva eest arvestatakse maha 5% (kuni 50%)
 - Praktikumide lahendusi saab esitada kuni 2 nädalat peale praktikumi algust

Aine lõpphinde kujunemine

- **Aine hinde komponendid:**
 - 50% - Praktikumi lahendused
 - 50% - Eksam
- Eksamile kvalifitseerumiseks peab esitama 75% praktikumi lahendused!
 - 10+ praktikumi lahendust (~ 13 -st)
- Aine läbi pääsemiseks on vaja koguda vähemalt 51% punkte
- Hinnete skaala
 - A: 91-100%
 - B: 81-90%
 - C: 71-80%
 - D: 61-70%
 - E: 51-60%
 - F: 50% või vähem

Plagiarismi vältimine

- Praktikumi ja kodutööde ülesanded on mõeldud iseseisvalt lahendamiseks
 - Kui vajate abi, kirjutage Zulip kanalis või küsige õppejõult
- Saate lahenduse ideid teiste õpilastega arutada, aga ülesanded tuleb ise lahendada, see ei tohi olla grupitöö
 - Vastasel juhul ei omanda te kõiki teadmisi ise
- Põhimõtteliselt:
 - Tehke oma töö ise
 - Ärge jagage oma lahendust teistega
 - Kui nad vajavad abi, andke neile vihjeid või üldiseid juhiseid
 - Kui kasutate mõnest veebiallikast näiteid/koodi, viidake nendele!

Eksamid

- Esialgsed eksami ajad
 - Eksam 1 – 28 Mai
 - Eksam 2 – 4 Juuni
 - Järeleksam - 18 Juuni
- Eksam toimub kohapeal Deltas
 - Kirjalik, avatud raamatu eksam
- Kestvus: 90 minutit
- 3 eksami küsimust
- Näite eksami küsimused on aine kodulehel

Loeng 1

HAJUSSÜSTEEMID

Definitioon

"You know you have a distributed system when the crash of a computer you've never heard of stops you from getting any work done"
(LESLIE LAMPORT)

Definitsioon

- Hajussüsteem on autonoomsete arvutite kogum, mis on omavahel ühendatud arvutivõrku ja mis on varustatud integreeritud keskkonna loomiseks vajaliku tarkvaraga
- Piirid: mitme protsessoriga arvuti või hajussüsteem?
 - Ühise kella puudumine
 - Süsteemid ei ole ranges sünkroonis
- Hajussüsteem on kogum sõltumatuid arvuteid, mis paistavad kasutajale ühe tervikliku süsteemina
- Pole piiranguid riistvara kogusele

Miks on vaja hajussüsteeme?

- Arvutusressursside koondamine
 - Andmete ja tööde jaotamine
- Detsentraliseeritus
- Ressursside kaugkasutus
- Kõrgkaideldavus, jõudlus
- Tõrketaluvus

Hajussüsteemide tüübid

- Hajusarvutid
 - Jagatud mälu vs. teadete edastamine
 - Klastrid (hajusad ja ühise opsüsteemiga)
 - Grid (heterogeensem ja rohkemate ressursitüüpidega)
- Hajusad infosüsteemid
- Hajusad sardsüsteemid (*ik. Embedded süsteems*)
 - Sensorvõrgud
 - CAN (Car Area Network)
 - BAN (Body Area Network)

Hajussüsteemi komponendid

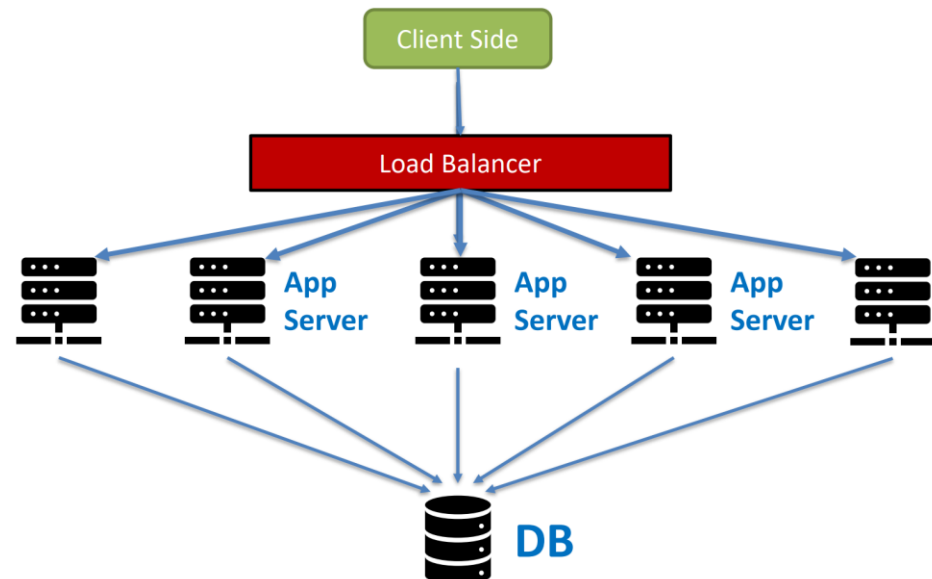
- Füüsilised arvutid (protsessor ja salvestusruum)
- Võrgud arvutite ühendamiseks
 - Kohtvõrgud (Ethernet, Infiniband, . . .)
 - Ruuterid ja sillad (switch)
 - Raadiovõrgud (4G, WiFi/WiMax, LoraWAN)
- Transpordiprotokollid (IPv4/IPv6, TCP, UDP, SCTP, TIPC, . . .)
- Omavahel suhtlevad protsessid
 - Sõlmede/komponentide vahel on loogiline ühendus, mitte füüsiline
- (hajus) salvestusüsteemid ja andmebaasid
- Süsteemsed ressursid (failisüsteemid, lõimed, süsteemi teenused)
- Valdkonnaspetsiifilised rakendused ja teenused
- Muud teenused (nt. kellaaja serverid)

Hajussüsteemi mudelid

- Klient-server mudel
 - Klient teeb päringu serverile ja ootab, kuni saab vastuse
 - Server teenindab päringuid
- Hajusobjektide mudel
 - Objektid paljudes arvutites
 - Protsessid kutsuvad välja hajusobjektide meetodeid, ka teistest arvutitest
 - Klient ja server pole enam otseselt eristatavad
- Teadetele orienteeritud suhtlus
 - Teadete saatmine loogilistele huvigruppidele
 - Teadete kuulamine huvigruppidest
 - Ei eelda teise poole töökorras olekut suhtlema hakkamisel
- Hajusandmestruktuuridel põhinev andmetöötlus
 - Apache Spark RDD
 - Apache Spark DataFrame
 - Sarnane hajusobjektidele

Näiteid hajussüsteemidest

- WWW
- DNS
- E-post
- Intraktiivsed suhtlusprogrammid (Skype)
- VoIP (*Voice over IP*)
- Võrgumängud, virtuaalmaailmad
- Peer-to-peer võrgud
- Hajusad infosüsteemid
- Mis ei ole tänapäeval hajussüsteem?



Loeng 1

VEEBITEENUSED

Veebiteenused

- Tarkvara, mis pakub üle internet ligipääsu erinevatele tarkvara teenustele ja ressurssidele läbi standardsete veebiprotokollide (HTTP, HTTPS)

“Loosely coupled, standard-based reusable software components that semantically encapsulate discrete functionality and are distributed and programmatically accessible over standard Internet protocols”
[Sleeper, 2001]

- **Google Translate** – Teksti saatmine tõlkimiseks
- **shrinkpictures.com** – Piltide saatmine nende väiksemaks tegemiseks
- **Reddit** – Sõnumite saatmine selleks, et neid foorumisse postitada

Veebiteenuse omadused

- Heterogeensete teenuste koostöövõime (Interoperability)
 - Platvormi neutraalsus
 - Programmeerimiskeele sõltumatus
- Standardised viisid teenuste kirjeldamiseks
 - WSDL
 - OpenAPI
- Standardised protokollid
 - HTTP
 - Soap
 - RESTful

HyperText Transfer Protocol (HTTP)

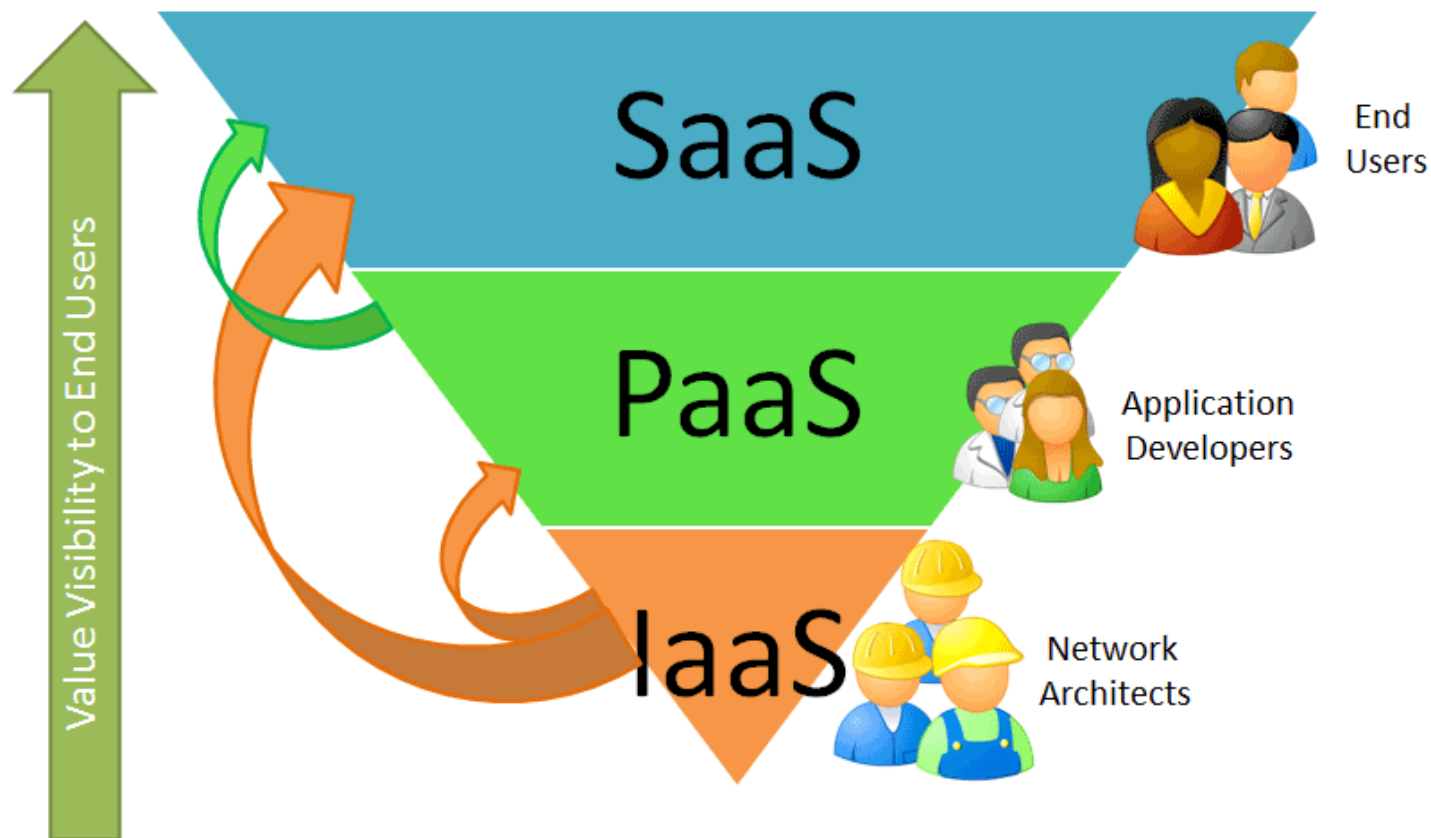
- Rakenduskihi protokoll World Wide Web jaoks
- Järgib päringu-vastuse (Request-Response) mudelit
- Serverid serveerivad ressursside komplekti (veebileht, pilt jne)
- Kliendid taotlevad operatsioonide rakendamist ressurssidele
- HTTP operatsioonid:
 - **GET** – ressursi alla laadimine
 - **PUT** – Ressursi loomine või muutmine
 - **POST** – Uue (alam)ressursi loomine
 - **DELETE** – ressursside kustutamine
 - HEAD, TRACE, OPTIONS, CONNECT, PATCH

Pilvetehnoloogia

- Arvusressursid kui utiliit-teenus
 - Kommunaalteenused nt. vesi, elekter, gaas jne
 - Tarbijad maksavad vastavalt kasutusmahule
- Pilvetehnoloogia omadused
 - Lõpmatute ressursside illusion
 - Ilma ettemaksuta, väikese granulaarsusega hinna arvutamine
- Ideaalne veebiteenuste majutamiseks, millele peab juurde pääsema suur hulk kasutajaid üle kogu maailma

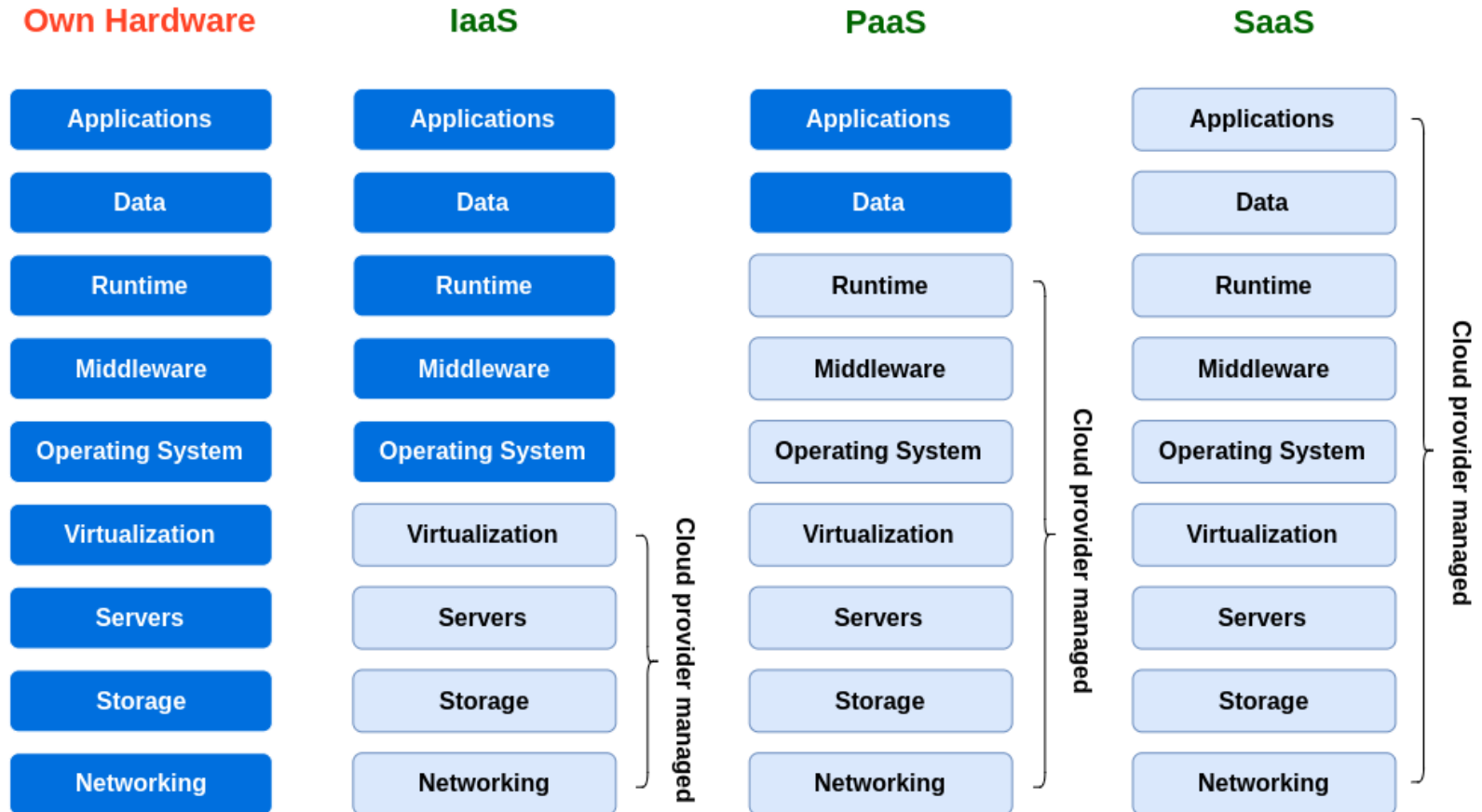
Gartner: *“Cloud computing is a style of computing where massively scalable IT-related capabilities are provided ‘as a service’ across the Internet to multiple external customers”*

Pilvetehnoloogia mudelid



<http://nolegendhere.blogspot.com.ee/2012/06/presentation-4-5-7.html>

Pilveteenuste haldus



Everything as a Service (XaaS)

- Salvestus kui teenus (SQL, NoSQL).
- Veebimängude taustasüsteemid (backends) teenusena
- Blockchain kui teenus
- Masinõpe kui teenus
- 3D-keskkonnad teenusena
 - VR-rakenduste ja robotite testimiseks
- Meedia- ja videoedastus teenusena
- Cloud API-d XaaS-i haldamiseks ja juurdepääsuks

Selle nädala praktikum

- Ei toimu praktikumi sellel nädalal
- Algavad teisest nädalast:
 - Mitmelõimeliste rakenduste loomine Pyhon'is

Järgmine loeng

- Sissejuhatus hajussüsteemidesse
- Hajussüsteemide põhiomadused
- Mitmelõimelised protsessid ja rakendused
- Mitmelõimeliste programmide loomine

Allikad

- Van Steen, Maarten, Tanenbaum, Andrew. Distributed Systems: Principles and Paradigms (Fourth edition). Published by Maarten van Steen, 2023
 - Tasuta versioon: <https://www.distributed-systems.net/index.php/books/ds4/>