

Suvremeni razvoj globalnog ICT sustava

Znamo li čemu težimo?

ILUSTRACIJA: LARIŠA OREŠKOVIC

PIŠU: KAROLJ SKALA I ZORISLAV ŠOJAT

Svijet u kojem danas živimo promatran u neko starije vrijeme izgledao bi kao svijet čarobnjaka. Razigranošću ljudske imaginacije, posebice potaknutom izuzetnom društvenom i obradnom premreženošću u svim odsječcima našega života i bavljenja, stvaramo jednu novu još neiskušanu stvarnost.

I upravo stoga filozofiju našega razvoja moramo uskladiti s tehničkim i etičkim standardima koje štujemo. Suvremena se civilizacija već premnogog godina vodi samodestruktivnom mišlju brže, bolje, više, jače... Govor o održivome razvoju nikada neće biti više od govora dok ne shvatimo da je, kibernetički rečeno, svaki sustav s pozitivnom povratnom spregom nestabilan i u konačnici teži pre-

Kako i zašto stvoriti globalni informacijsko- procesni sustav

ma samouništenju - prestanku rada. A govor o održivome rastu, ono više, jače, bolje... uistinu je nagovaranje na pozitivnu povratnu spregu (Kamo bismo došli da beskonačno rastemo u bilo kojem obliku koji zamislimo u našem svijetu? Što nam uistinu treba i gdje je granica previše?!)

Cilj ovoga članka je da prikazemo suvremeni razvoj, koji teži globalnome informacijsko-komunikacijsko-organizacijskome sustavu te ga osvjetlimo iz nekoliko raznorodnih kutova i da ga promotrimo s raznih očista.

Grozдови i oblaci, magla i rosa pa onda još i duga

Za nove ideje, pristupe i saznanja znanstvenici su oduvijek voljeli birati nadahnuta i posebice asocijativna ili konotativna imena. Tako se i u kompjutorskoj znanosti koja se u posljednje vrijeme bavi prvenstveno povezivanjem i uvezivanjem nepreglednoga mora podatkovno-obradnih strojeva (od majušnih kompjutorčića s jedva tridesetak bajtova memorije pa sve do najvećih nakupina snažnih mnogoprocссора, sa stotinama i tisućama gigabajtova izravnoga dohvata) uvijek i iznova pojavljuju nazivci koji asocijativno i konotativno, ponekad i pjesnički, oslikavaju načine i načela toga povezivanja ili pak nekome odaju počast.

Kako u ovome članku obrađujemo suvremenost i gledamo viziju budućnosti, preskočit ćemo nekoliko desetaka godi-

na i stotine naziva u povijesti kompjutoristike te se usredotočiti na vrlo bitan razvoj koji se počeo odvijati nedavno, a organski je povezan sa sve većim i većim umrežavanjem i premrežavanjem koje je intenzivno pod nazivom internet (međumrežje) krenulo krajem osamdesetih godina prošloga stoljeća te dobilo silan zamah izumom mrežnoga hipertekst okoliša koji odmila zovemo web iliti paukova mreža. Tijekom tih godina internet i web postale su svakodnevne kućne riječi i zapravo neka vrst osobnih imena.

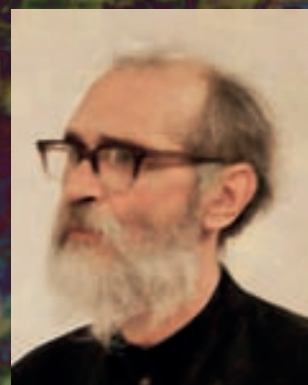
Kroz posljednjih dvadesetak godina kada smo počeli intenzivno razvijati ideju o povezivanju pojedinačnih kompjutora u jedinstveni sustav za paralelno izvođenje kompleksnih modela raznih oblika naše stvarnosti stvorili smo naziv - grozd (*cluster*). No, ubrzo smo shvatili da su nam mnogi grozdovi preopterećeni poslovima dok još više njih stoji gotovo bez ikakve zadaće. Znači, trebalo je pronaći način kako te brojne odvojene, a često i tisućama kilometara udaljene i po ustroju poprilično raznovrsne skupine - te grozdove obradnih strojeva povezati tako da se uporabom svih njih izgledi opterećenje te da se otvore velike mogućnosti obrade svim granama znanosti - od fizike čestica, preko biologije i genetike, meteorologije, astronomije i nebrojenih drugih pa sve do brojnih humanističkih znanosti i - da ne zamarimo - svim oblicima umjetnosti (od kojih najviše kompjutorske snage oduvijek rabi filmska). Taj smo način povezivanja grozdova asocijativno nazvali *grid* (engleska riječ koja nema odgovarajući prijevod na hrvatski koji bi se razlikovao od riječi mreža izvorsno se rabio i još se rabi za elektrodistribucijsku mrežu - *power grid*).

Upoznajte autore:



Prof. dr. sc. Karolj Skala, djeluje u Centru za informatiku i računarstvo Instituta Ruđer Bošković. Znanstveni je savjetnik i redoviti profesor u trajnome zvanju. Začetnik i suradnik pri izgradnji distribuiranog računalstva i eScience tehnologije u Hrvatskoj. Inicirao je CRO GRID project (2004) iz kojeg je nastao CRO NGL. Suradivao i vodio 16 europskih okvirnih programa FP6, FP7 i Horizon2020. Dugogodišnji je član programskog odbora i voditelj konferencija u sklopu MIPRO konvencije. Pokretač je konferencije *Data and Life Science Supported by Distributed Systems*. Sudjelovao je u razvoju niza eScience znanstvenih servisa. Prof. Skala je član i predstavnik u mnogim EU tijelima. Trenutno radi u sklopu EU projektnih inicijativa *European Open Science Common*.

Prof. Zorislav Šojat po zvanju je profesor Opće lingvistike i Društveno-humanističke informatike. Tijekom 80.-ih intenzivno se bavio teorijskom kibernetikom te je bio i suosnivač Svjetske kibernetičke organizacije (TAKIS). U Nizozemskoj je konstruirao kompjutorski sustav za upravljanje procesima industrijske proizvodnje (RBK SET). Bio je predsjednik potkomiteta za robotske jezike Britanskoga standardizacijskoga instituta (BSI). Devet godina predavao je na Odsjeku za informacijske znanosti Filozofskoga fakulteta u Zagrebu. Zadnjih petnaestak godina surađuje s Institutom Ruđer Bošković, na izvedbi desetak europskih projekata, kao i na uspostavi CRO-GRID infrastrukture. Napisao je niz stručnih članaka i nekoliko knjiga. Suautor je nekoliko svjetski priznatih patenata.



Međutim, pokazalo se da je i ekonomski i kompjutoristički opravdana misao da korisniku uopće nije važno gdje će se u svijetu - na kojoj vrsti obradnika ili na koliko njih i na kojim i kakvim podatkovnim spremištima - nalaziti njegovi podaci koje želi rabiti kao da su na njegovome privatnom stroju doma ili gdje se pak nalazi njegov virtualni stroj koji će mu omogućiti da nešto radi, a da nema takav stroj kod kuće - jer takav bi sustav bitno olakšao i individualni i kolaborativni rad (samostalno i su-

radničko djelovanje) neovisno o mjestu gdje se nalaze sudionici i strojevi. Tu su ideju vrlo brzo prihvatile mnoge tvrtke, znanstvene ustanove i pojedinci - i tako se stvorio oblak.

Nije bilo teško zamisliti da će se oblak uskoro morati spustiti u maglu (*fog*). Oblaci su naime jako daleko od ruba (*edge*) tla (*ground*). Povećanjem moći rubnih obavijesnih skupljača, obradnika i komunikatora, najrazličitijih pametnih uređaja poput telefona, tableta i tabletića, prijenosnika ali i kućnih kompjutora, integriranih domova, *infotainment* automobila i onih koji pomalo počinju i samostalno voziti, tj. onih uređaja koji u engleskome spadaju u kategoriju koja omogućuje *Edge Computing*, porasla je naglo i korisnička potreba da se naširoko rabe i mogućnosti oblaka. Međutim, tu su se pojavili novi problemi. Sve je veća i veća količina podataka u svim oblicima i svakojakih namjena i podrijetla koja se želi razmijeniti, obraditi, prikupiti, prikazati, sačuvati, indeksirati, modelirati, bezbrojne obavijesti koje treba poslati, razmijeniti ili ne zaboraviti pa onda i nezamislivo mnogo društvenih, znanstvenih, zdravstvenih, sigurnosnih, umjetničkih, zabavnih, kockarskih, novčarskih i drugih namjera, namjena i želja koje valja zadovoljiti. U takvoj nepreglednoj zbrci najrazličitijih veza i podat-



Računalstvo u oblaku



Prije, sada, sutra: decentralizirani Dew Computing (Izvor IRB/CIR 2017)

► kovnih tokova postaje jasno da je oblak predaleko te se očituju problemi poput duljine vremena potrebnoga za prijenos i odgovor, problemi pouzdanosti veza i što veće dostupnosti, problemi sigurnosti sustava, jednostavnosti razvoja novih primjena, kvalitete usluga (*Quality of Service*, QoS), količine podataka, kompatibilnosti i nevjerovatne raznorodnosti (heterogenosti) svih tih pojedinih uređaja. Raznorodnosti od razine vrste procesora, veličine memorije, obradnih i komunikacijskih sposobnosti, brzine rada, složenosti ulazno-izlaznoga sustava, sučelja s ljudima, tj. korisnicima - a približava nam se i uvećana stvarnost (*Augmented reality*) - pa sve do raznorodnosti radnih sustava i programskih jezika. Nije uistinu bilo teško zamisliti da se oblak uskoro spustio i dotakao rub malog pa i došao do rose.

I tu negdje završava naša povijesna priča, jer smo na samome rubu sadašnjega znanja, razumijevanja i rješavanja spomenutih problema.

No, kad već govorimo o nazivima treba imati na umu da se u ovo naše doba rabe mnoge pomodne riječi (*buzzwords*) pa su takve postale čak i one koje u svojoj osnovnoj namjeni imaju vrlo važne znanstvene uvide ili smjernice. Nije li i oblak postao jedna od njih? Internet svakako jest... i web.

Pa tako i ovo područje koje obrađujemo sadrži i niz drugih naziva koji ga opisuju s potpuno drukčijega motrišta, nažalost često promidžbenoga ili jednostavno pomodnoga. Složenice poput internet stvari (*Internet of Things*, IoT), web-stvari (*Web of Things*, WoT), kiberofizički sustavi (*Cyberphysical systems*) ili primjere prividni strojevi (*Virtual machines* -

način na koji je moguće da korisnik unutar neke infrastrukture dobiva osjećaj da ima vlastiti stroj), posude (*Containers* - način na koji je moguće unutar pojedinačnog radnoga sustava sigurno izvoditi strane programe), zatim nazivi za razne moguće usluge, poput platforma kao usluga (*Platform as a Service*, PaaS), podustroj kao usluga (*Infrastructure as a Service*, IaaS), softver kao usluga (*Software as a Service*, SaaS), te razni storidži, serveri, aplikacije i interfejsi, a da ne govorimo o nevjerovatnoj proliferaciji nizova znakova najrazličitijih značenja pa čak sve do interneta svega (!) (*Internet of Everything*, IoE), svojom izuzetnom čestotom i čestom pomodnom uporabom zamagljuju nerijetko i samim znanstvenicima uvid u bitne smjernice razvoja.

U ovome članku ne razglabamo ni o internetu stvari ni o internetu svega, iako se ovo o čemu pišemo često svodi pod te nazive već se kušamo držati znanstvenoga pogleda na razvoj informatike i kompjutoristike i objasniti neke trenutno glavne paradigmatke nazive koji, nadamo se, vode prema stvaranju globalnoga informacijsko-procesnoga sustava ili više u duhu hrvatskoga jezika rečeno, općega obavijesno-obradnoga sustava.

Povezivanje magle i oblaka ozbiljan je teorijski i praktični problem i njime se bave mnogi znanstvenici. Već smo napomenuli koliko se različitih problema nekako prirodno smjestilo u oblast magle pa sada valja iznijediti načela kojima će se ideja toga hijerarhijskoga povezivanja moći i ostvariti.

Izuzetna rasprostranjenost i raznorodnost raznih rubnih uređaja uz velike količine podataka koje bi oni mogli generirati, može omogućiti razvoj mnogih primjena u širokome spektru ljudskoga života i utjecaja na njegov okoliš, od zdravstva, novčarstva, prometa i dr. pa sve do upravljanja u hitnim slučajevima, kao i dati veliku vrijednost znanstvenim

Podrška znalaca:

The merits of including those "dew" devices into the Cloud - Fog - Dew hierarchy, and therefore including them into the Internet Of Things, are huge, for individuals, the public and industrial sectors, the scientific community and the commercial sector, by bettering the physical and communicational, as well as the intellectual, immediate human environment.

Prof. dr. Lech Jóźwiak Amsterdam Eindhoven University of Technology The Netherlands

The DewCom project intends, through Research, Innovation and Development, to explore the realm of possibilities of Dew-Computing, solve the basic problems of integration of the "dew" level with the higher level Dew-Fog-Cloud hierarchy, with special attention to the necessity of information (and not data) processing and communication.

Prof dr. Yingwei Wang University of Prince Edward Island, Canada

Dew Computing je novi uslužni sloj raspoređenog računarstva koji će se primjenjivati za široku populaciju u društvu.

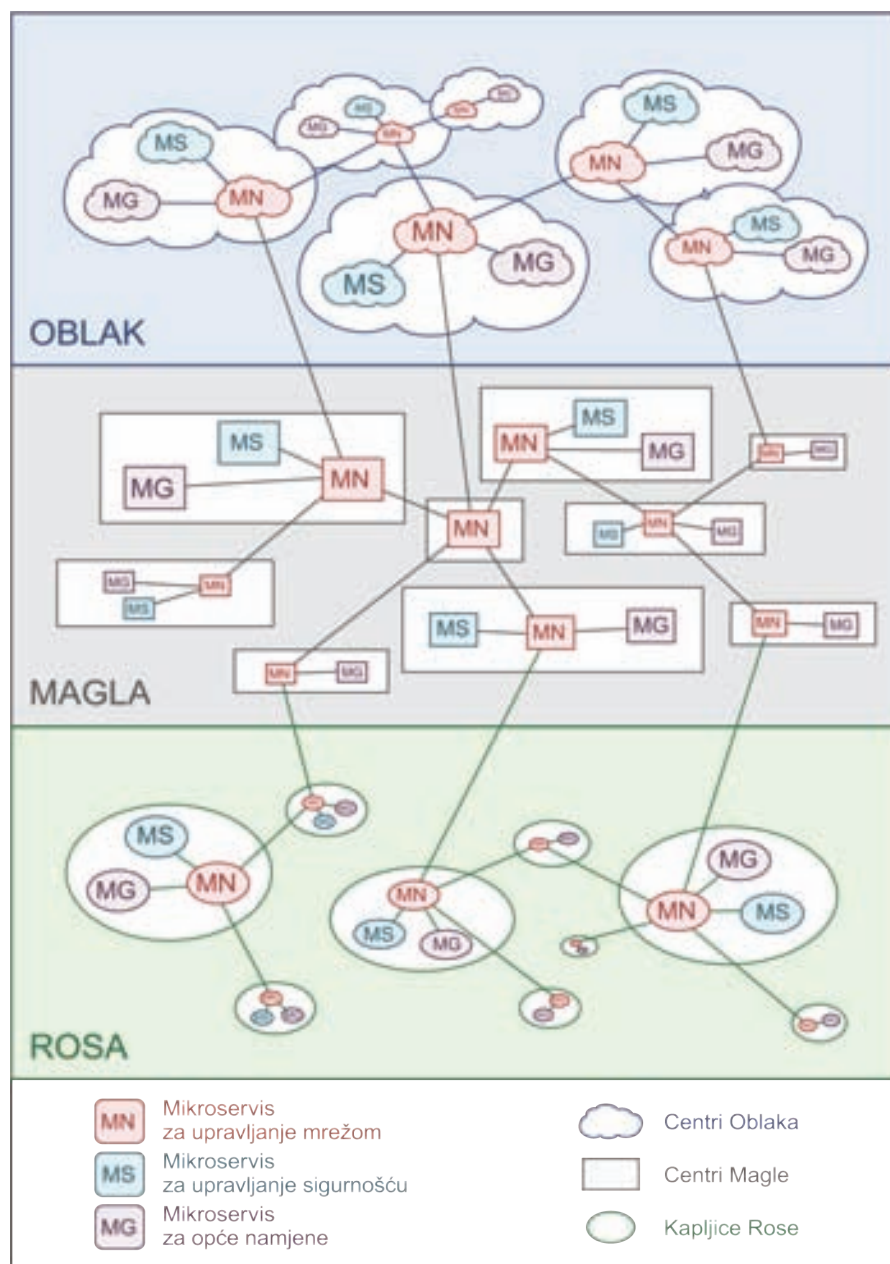
Dr Andy Rindos, IBM USA

Rosa računarstvo (Dew Computing) je dio naprednog pokretnog Cyber fizičkog sustava i zaokružuje Dew-Fog-Cloud Globalni računalni uslužni sustav.

Prof. dr. Karolj Skala, IRB Hrvatska

istraživanjima i stvaranju prediktivnih modela. Prenosjen je velikih količina podataka u razasuta centralizirana obradna središta, koja su temelj oblaka, neće biti održivo načelo u bliskoj budućnosti zbog prevelikoga zagušenja. Programirni modeli koji predmnijevaju da se inteligencija i obradna/spremišna snaga potrebna za obradu podataka nalazi prvenstveno u obradnome središtu nekoga oblaka neće se moći prilagoditi novonastalome širokome nadsustavu.

Stoga se pojavljuje nova ideja, koja dekompozicijom namjerene primjene u usluzice (*microservices*) te njihovim raspodjeljivanjem i uključivanjem zasnovanim na elasticitetu i skalabilnosti, odvajajući upravljanje mrežnim i sigurnosnim aspektima od upravljanja korisničkim podacima i primjenama omogućuje osmotsko prelaženje pojedinih mikroservisa (koji svi zajedno čine jedan ili više makroservisa tvoreći time temelj za korisničku primjenu) između sloja rubnih obradnika, pojedinih u internet uvezanih stvari i velikih obradnih centara. Dakle, osmotski pristup (*Osmotic Computing*) unosi mogućnost seljenja pojedinih mikroservisa iz napućenijega u manje napućeno područje, održavajući aktivni balans, pri čemu napućenost u ovom slučaju možemo čitati u značenju potreba kvalitete usluge (QoS), a to su prvenstveno protočnost, pristupačnost, cijena, reputacija, sigurnost, privatnost itd. Unošenje načela samoorganizacije, višekriterijske optimizacije poput genetskih algoritama, višekriterijskoga odlučivanja itd. omogućit će redistribuciju tih obradnih molekula prilagođenu spomenutim kriterijima. I ovdje dolazimo do



Slojevi raspodijeljenog servisnog sustava (Izvor IRB/CIR 2017)

jedne od najvažnijih konceptijskih (ili bolje rečeno paradigmatiskih) promjena koju ćemo morati usvojiti zbog daljnjega razvoja. Iako se riječi informatika, sistemika i kibernetika u najrazličitijim kontekstima i mnogim izvedenicama rabe za opis kompjuatoristike, riječ obavijest, informacija (*information*) rabi se mnogo češće u novinskome jeziku negoli u jeziku kompjuatoraša. Dakako, mediji je rabe, jer je njihov glavni zadatak upravo prijenos obavijesti pučanstvu, ljudima, a obavijest možemo onako pučki poprilično točno definirati kao nešto novo, jer inače je zalihosna (redundantna, ako nije ništa novo) ili pak nije prepoznatljiva, razumljiva pa onda ni ne odgovara značenju riječi obavijest. Što to znači? To znači da obavijest mora u punini biti

znak, tj. imati i izraz i sadržaj ili prema deSaussureovim terminima, označitelja i označeno. Da bi obavijest bila primljena, bila ona zalihosna ili ne nužno je da se u sustavu razumijevanja može uključiti u svoj odgovarajući podsustav, tj. da dolazi iz istoga konteksta koji je primatelju prepoznatljiv i poznat. Unutrašnja struktura niza pojedinačnih izričajnih odsječaka (npr. kodema, fonema, morfema, riječi...) mora slijediti primatelju prepoznatljiva pravila, a pojedini sadržaji (tj. ontološke veze u strukturi cjelokupnosti konteksta) moraju velikim dijelom odgovarati ontološkim vezama u odgovarajućoj podstrukturi koju primatelj prepoznaje kao kontekst primanja. Obavijest je uistinu ono što je razlika njenoga ukupnoga ustrojnoga položaja u kon-

Vizija bliske budućnosti

Automobili nas voze sami, ako to želimo. Znamo li kada i kamo idemo obavijestit ćemo svoj dom, a on će se dogovoriti s prometnim sustavom i našim automobilom. Noćna vožnja gradom je ugodna, jer su svi semafori u našem smjeru uvijek otvoreni, a tek tu i tamo vidimo poneku osvijetljenu ulicu - što znači da još ima šetača.

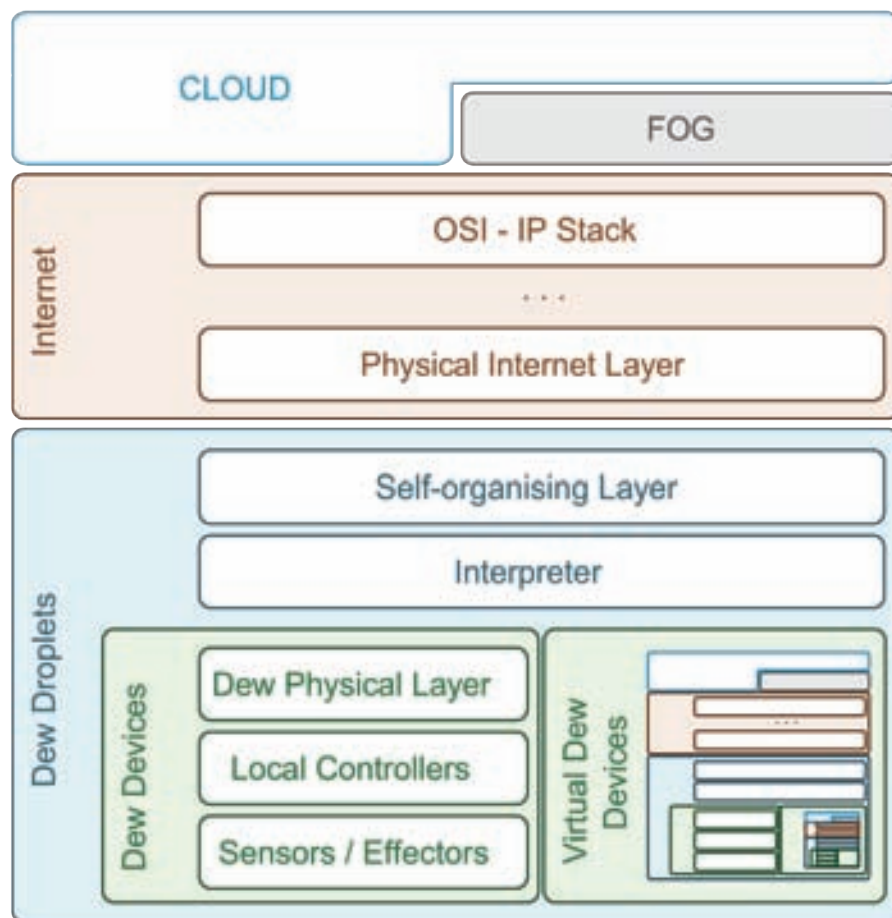
Po noći se i u gradovima vide zvijezde, jer se javna rasvjeta pali samo tamo gdje nekoga ima. Čak i klupu u parku možemo zamoliti da se ugrije prije negoli neke hladne zimske noći odlutamo u prirodu. A doma, hranu u kuhinji printamo po receptima baš onakvu kakvu skupo prodaju najbolji svjetski kuhari.

- tekstu u kojem se odašilje u odnosu na kontekst u kojemu se prima - percipira. Drugim riječima, informacija se sastoji u neizomorfnosti dvaju podstrukture koje se kontekstualno uklapaju u istu nadstrukturu.

Očito je da bez konteksta nema razumijevanja. No sam pojam konteksta toliko je u kompjutoristici zanemaren da se čak i većina programskih jezika doslovce programski drži načela beskontekstne gramatike, a onda se ponekad neka kontekstnost naljepljuje po potrebi i mogućnostima pojedinoga jezika na najrazličitije načine, bez općega sustava i uvriježenih pravila. Programskih pak jezika koji pamte kontekst pojedinih sljedova izričaja gotovo da nema. Ti rijetki jedini uistinu spadaju u vrlo važan zahtjev budućega suodnosa čovjeka i stroja, u visoku produktivnost toga njihovoga odnosa. U engleskome to se zove *High Productivity Computing*.

Stoga nije ni čudo da se neprestano govori samo o podacima, o velikim podacima (*big data*), o protoku podataka, o spremanju podataka, o obradi podataka... Ali nemojmo zaboraviti da podatak sam po sebi uistinu ništa ne znači, jer je samo izraz, označitelj bez ikakvoga sadržaja, ičega što bi bilo informacijski gledano označeno. Toga postajemo bolno svjesni tek tada kad nam se poremete podaci o podacima na disku pa više ne samo da naši podaci nemaju datotečna imena već se zbog uobičajenoga fragmentiranja, cjepljanja datoteka, što rade gotovo svi radni sustavi, ne zna ni koji niz bajtova slijedi iza kojega i je li u tome nizu sadržan djelić nekoga filma, glazbe, slike ili teksta. Ne moramo se čuditi da su usluge restauriranja podataka na disku toliko nevjerovatno skupe, jer su i nevjerovatno teške, zbog nedostatka bilo kakvoga konteksta u kojemu bi se ti podaci trebali naći.

Gotovo zbog opravdanja rabe se takozvani metapodaci, podaci o podacima. Ali metapodaci potpadaju pod svoj potpuno zaseban i o samim podacima koje opisuju neovisan kontekst u kojemu smo izmislili te metapodatke da nama ili stro-



Dew-Fog-Cloud hijerarhija s Dew komponentama (Izvor IRB/CIR 2017)

jevima olakšaju razvrstavanje i pretraživanje. Metapodaci ne zamjenjuju sadržaj, tj. označeno!

Uključivanjem enormne količine najrazličitije opreme, onoga što rado zovemo stvari, kao i uključivanjem onih uređaja koje tek rosa može upiti, pojam obavijesti, informacije, svakako će morati zauzeti svoje zasluženno visoko mjesto u hijerarhiji pojmova rabljenih u znanosti koja želi postići postojanje interneta stvari i interneta svega, da se poslužimo i tim nazivcima. Jedini način da podatke i metapodatke pretvorimo u obavijesti jest postupnim uvođenjem konzistentne i proširive ontologije Općega obavijesno-obradnoga sustava. Ontologija, znanost o bivajućem, u kontekstu informacijskih znanosti predstavlja

obrazac, ustroj, strukturu koja pak predstavlja - čini pojmove unutar nekoga područja kroz odnose između tih pojmova pa time stvara kontekstualni nadsustav i sve za znakove prijeko potrebne podstave sadržaja ili označenoga, omogućujući uporabu obavijesti, a ne podataka u smislu kako je ranije izloženo. Time takva ontologija omogućuje razumijevanje unutar toga područja, uistinu postavljajući ono što je sada bivajuće u tome obavijesnome sustavu.

Rosa naša svagdašnja

U najnovije se doba, otprilike posljednje dvije godine, sve češće javlja i nazivak rosa (*dew*), podrijetlom iz Centra za informatiku i računarstvo Instituta Ruđer Bošković, kao u engleskoj sintagmi *Dew Computing* koju bismo mogli prevesti nešto kao rosna obrada. Rosa je u hijerarhiji oblak-magla-rosa na najdonjoj fizičkoj granici poveznica između strojnoga skupljanja senzornih podataka i upravljanja fizičkim procesima u našem okolišu i moćnih rubnih obradnika uvezanih u internet po kojima se prostire magla i koji se onda uvezuju u oblak(e).

Pojam rosa je nastao kada je postalo jasno da postoji velika količina izuzetno važnih uređaja i naprava koje u svome

Treba li život prepustiti strojevima

Ipak, valja se zapitati jesmo li sigurni da trebamo izgraditi globalni informacijsko-procesni sustav... treba li dopustiti strojevima da izravno utječu na nas, na naš život i okoliš pa onda sve stvari uključiti u internet stvari, a sebe i sve ostalo u internet svega, bez da se na neki način zaštitimo, bez da najprije promislimo o filozofskim i etičkim zakonitostima i svim ljudskim problemima koji se mogu izleći iz takvoga povezivanja. Mnogo je jeftinije i sigurnije učiti na tuđim greškama negoli na vlastitim.

radu zahtijevaju samodostatnost, ali bi globalno bili još uspješniji kada bi surađivali. I baš stoga osnova *Dew Computinga* su dva temeljna pojma samodostatnost i suradnja koji se ne pojavljuju u ostatku hijerarhije, u magli i u oblaku.

Najveća se količina majušnih mikrokontrolora, nalazi upravo u tom najnižem sloju, u izravnome kontaktu s čovjekovim fizičkim okolišem, kontrolirajući mnoge elementarne ili tek ponešto složenije procese. To su mikrokontrolori u plinskim bojlerima, uređajima za grijanje i rashlađivanje, u semaforima, kućnim razglasima, automobilskim motorima, upravljačima svjetala i rasvjete itd.

Upravo se na tim uređajima, za koje je potpuno jasno da moraju biti samodostatni, da ne smiju primiti naredbu ni od koga drugoga doli od onoga čiji su, dakle čovjeka koji namješta parametre svoje udobnosti ili parametre protočnosti prometa, minimalnoga i maksimalnoga osvjetljenja itd., zasniva pojam rose – *Dew Computinga*. I baš zbog te svoje ograničenosti okvirima ljudske percepcije njihovoga pravilnoga rada, takvi uređaji mogu primiti samo sugestije od svojih susjeda ili viših razina, ali već i te sugestije, kako smo vidjeli na početku ovoga članka, u kratkome pogledu u (moguću) budućnost, u suradnji s drugim uređajima iste ili više razine stvaraju izuzetne mogućnosti uštede energije, balansiranja opterećenja, smanjenja prometnih gužvi i zagađenja, brže i efikasnije intervencije hitnih službi, praćenje zdravstvenoga stanja pa obradom na višim razinama i razna znanstvena istraživanja te razvoj prediktivnih modela, posebice u suradnji sa suvremenim razvojem u području umjetne inteligencije i kognitivne obrade (*Cognitive Computing*).

Temeljna jedinka rose je rosna kap koja se sastoji od samoorganizirajućega (suradničkoga) komunikacijskoga sloja, ontološkoga interpretatora i pojedinačnih fizičkih rosnih uređaja (*Dew Devices*) koji sadrže sve potrebne senzore, efekte i prijeko potrebne algoritme da samostalno obavljaju svoj posao, kao i fizički komunikacijski sloj, ali to ne znači a-priori da su sposobni izvoditi softver rosne kapi. Drugim riječima rečeno, pojedinačni fizički mikrokontrolori mogu, ali i ne moraju, znati - zadovoljavati ontologiju ukupnoga sustava, tj. mogu ali i ne moraju producirati informacije,

već samo, minimalno, primiti sugestije i odašiljati podatke. Posve je jasno da tijekom sljedećih godina, dok se još umrežavanje stvari tek polako približuje tim uređajima, neće biti industrijske proizvodnje standardiziranih ili barem lako nabavljivih takvih mikrokontrolora koji će zadovoljavati uvjete umrežavanja u suradničke strukture već će se očitovati morati naći način za svaku

pojedinu primjenu kako ih - tek preko programirljivoga međusklopa, fizičkoga dodatnoga mikrokompjutora - kao rosne kapi povezati s drugima.

I tako slijedi duga

Zapravo, postat će vrlo važno uskoro tomu pridodati i dugu (*Rainbow Computing*), kao temeljnu paradigmu nastajućega globalnog informacijsko-procesnog sustava, koja ontološki i tehnološki objedinjuje rosu, maglu i oblak te otvara mogućnosti sjedinjenja svih tih pojedinih pristupa u jedinstvenu cjelinu, zasnovanu na novim načelima ljudima i strojevima razumljive komunikacije (koja se omogućuje postojanjem dane zajedničke ontologije, koja dakle mora biti istodobno prilagođena i ljudskome i strojnome razumijevanju), zasnovane na novim, multimedijским i intermedijskim pristupima korisničkim sučeljima te ujedno i na bitnoj promjeni ergonomije – koja je također nužan element duga-računalstva (*Rainbow Computing*).

Jedan od najupornijih problema koji nas muči već desetljećima jest iz najranijih dana ručnoga računanja, računalstva i računarstva naslijeđeni mentalni sklop serijskoga procesiranja. Kolikogod se već predugo trudimo još uglavnom promatramo svijet kao niz točkica koje se obrađuju jedna za drugom. Tek je prodor grafičkih procesora u glavni tok kompjutoristike donekle pomaknuo taj način razmišljanja prema razmišljanju u mentalnome sklopu paralelnoga procesiranja. Duga će - kao arhitektura i cjelokupni sustav - morati sustavno riješiti problem mogućnosti novoga pristupa paralelnome programiranju kroz razvoj novoga pristupa programskim jezicima ili bolje rečeno aktivnim strojnim jezičnim sustavima, koji su kontekstni i obrađuju informacije, a ne podatke, što znači da u svakome trenutku ontološki znaju

što znače pojedini podaci (pa tako i što je s njima moguće činiti) te gdje su i u kojemu obliku. Tek će to omogućiti besprijeckorno uključivanje mnogoprocesorskih i mnogokompjutorskih grozdova i gridova, velikih oblaka, magle i rose u jedinstven programirljiv i upravljiv sustav zvan duga.

Znamo li kamo težimo?

Ali na kraju valja se ozbiljno zapitati: jesmo li uistinu sigurni da trebamo izgraditi globalni informacijsko-procesni sustav, zamisliti internet stvari pa i internet svega, provesti svenazočno procesiranje (*Ubiquitous Computing*) i dopustiti strojevima koji izravno utječu na naš neposredan okoliš, grijanjem, hlađenjem, prijevozom, zdravstvenom njegom, zabavom i radom da postignu kognitivnu obradu (*Cognitive Computing*), uključiti sebe i sve ostalo bezrezervno u internet svega, bez da na neki način zaštitimo sami sebe, barem promislivši o filozofskim i etičkim zakonitostima i svim ljudskim problemima koji se mogu izležiti iz takvoga povezivanja.

Na nama je znanstvenicima da duboko promišljamo i oprezno kročimo ovom opasnom stazom, kako bi nam put bio popločen pravim odlukama i empatično kvalitetnim vizijama, a ne dobrim namjerama i lijepim željama. Na nama je znanstvenicima da uvijek i iznova trezveno i emotivno promatramo svijet oko sebe te pruža-

mo društvu i znanosti mnogoliko, a u konačnici i istinito ogledalo. Jer, da parafraziramo Mešu Selimovića - istina ima mnogo i međusobno se razlikuju i važno ih je sagledati, kao pojedinačne facete, kao razna motrišta, što je moguće više. Učiti na tuđim greškama - pa i na greškama literarnih i filmskih junaka - mnogo je jeftinije i sigurnije negoli učiti na vlastitim greškama. A ne možemo se baš pohvaliti da u ovoj našoj konzumerističkoj i hiperproduktivističkoj civilizaciji nismo napravili mnogo nepotrebnih grešaka zbog kojih smo često zapinjali i još uporno zapinjemo o poprilično teške probleme. Kada se previše zapetljamo uzalud ćemo čekati nekog Godota da nas kao *deus ex machina* rimskih kazališta izvuče iz našega vlastitoga svijeta koji stvaramo.

I zato, za protutežu idealističkoj priči s početka ovoga članka valja svakako duboko i pažljivo razmisliti o granicama koje želimo postaviti.

■ ■ ■
**Živimo u svijetu koji teži
potpuno integriranome
tehničko-informacijskome
društvu u kojemu će uz
nas i svi uređaji zajednički
odlučivati i upravljati našim
okolišem.**

■ ■ ■
**Duga stiže nakon
oblaka, magle i
rose, a zadatak joj
je riješiti problem
novog pristupa
programiranju**