Kochen-Specker-ovi eksperimenti nisu ni kvantni

Kvantno računanje: paralelizam i vizualizacija (082-0982562-3160)

Mladen Pavičić, pročelnik *Katedre za fiziku, Građevinskog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu*

Web stranica: `http://m3k.grad.hr/pavicic`

Sažetak

Zamislite da ste u sobi pravilnog oblika i da u njoj nema ničeg osim jednog štapa, kojeg ćemo zvati *vektor*. Vi postavljate u jedan kut štap u smjeru širine, dubine ili visine sobe. Recimo da ste štap postavili uvis. Tada u sobu ulazi "slijepi kontrolor" i mjeri (opipava u kojem je smjeru postavljen štap). No, u klasičnom svijetu on nikad ne treba mjeriti sva tri smjera. Naime, ako odmah otkrije da je štap postavljen uvis, on odmah zna da štap nije postavljen ni u širinu ni u dubinu, a ako ustanovi da štap nije postavljen ni u širinu ni u dubinu, on odmah zna da je štap postavljen uvis. U kvantnom svijetu nije tako: "Nema nemjerenih vrijednosti!" Tamo "slijepi kontrolor" može npr. izmjeriti da je štap postavljen u dva smjera ili da nije postavljen niti u jednom. Mi smo našli algoritme za iscrpivo (proizvoljan broj vektora, objekata i dimenzija) nalaženje takvih kvantnih mjerenja. Polazeći od tog algoritma, moji suradnici B. McKay (Australija), J.-P. Merlet (Francuska) i N. Megill (S.A.D.) i ja smo napravili programe koji je na Isabelli našao nove klase mogućih orijentacija mjernih uređaja koji razlikuju kvantna od klasičnih mjerenja.

Povijest otkrića

Prije točno 40 godina S. Kochen i E. Specker su našli prvu grupu orijentacija mjerenja čiji rezultat mora biti da je štap postavljen ili npr. u dva smjera ili niti u jednom, a tijekom protekle 4 dekade je nađeno još dvadesetak primjera. Kvantni objekti zadovoljavaju ta mjerenja što potvrđuju i eksperimenti (prvi je napravljen prije 10 godina). 2001.g. ja sam međutim smislio algoritam za dobivanje svih mogućih orijentacija mjerenja. Do 2005.g. sam sa suradnicima razradio taj algoritam i zajedno smo još dali nekoliko novih algoritama da bismo mogli napisati program koji je na Isabelli dao grupe orijentacija koje u budućnosti mogu poslužiti npr. za konstrukciju hardwarea u kvantnom kompjuteru. Međutim, moguće primjene su puno šire— npr. rješavanje velikih sistema nelinearnih jednadžbi— danas najteži problemi za računanje—se zamijenjuju generiranjem linearnih grafova— daleko jednostavnije i puno brže. REZULTAT: Problemi— kvantni i klasični— čije bi rješavanje trajalo bilione starosti svemira se svode na one koji se mogu uspješno riješiti na Isabelli.

Kochen-Specker-Pavičić-McKay-Merlet-Megill

Algoritam za MMP (McKay-Megill-Pavičić) dijagrame

Kružići označuju vektore, a linije nelinearne jednadžbe koje za njih vrijede.

McKay-Megill-Pavičić

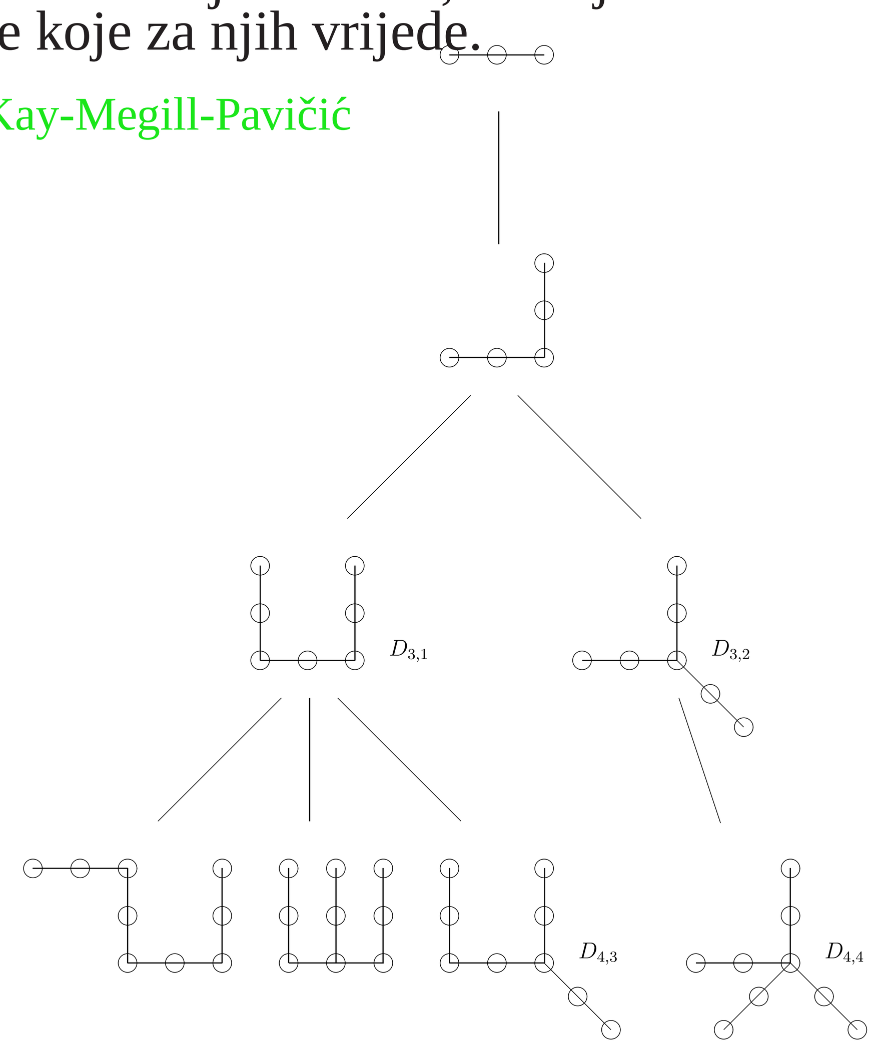

Figure 1: Generation tree for MMP diagrams with loops of size 5 for 3-dim vectors.

"Samo mjerene veličine imaju rezultat"-algoritam

Algoritam se svodi na originalno pridjeljivanje vrijednosti MMP dijagramima. Čim kompjutor nađe "nemoguću" klasičnu orijentaciju to je tražena orjentacija za mjerenje kvantnih sistema, npr. elektrona ili fotona. Bez tog algoritma kompleksnost traženja bi rasla eksponencijalno i bila bi nemoguća. Čak i na Isabelli bi trajala više od starosti svemira.

Megill-Pavičić

Glavni nelinearni algoritam— grafovi su jednadžbe

Broj kružića (točaka) odgovara jednadžbama koje određuju orijentacije vektora i mjernih instrumenata. Svaka moguća kombinacija linija koje povezuju točke—nazivamo je grafom—odgovara sistemu nelinearnih jedadžbi. Algoritam traži koji su grafovi mogući— ostale bacamo u smaće; Umjesto da rješava nelinearne jednadžbe— za što bi joj opet trebala starost svemira— Isabella provjerava linearne grafove. Za preostale nelinearne jednadžbe imamo slijedeći algoritam.

Pavičić

Algoritmi samo-učeće intervalne linearne analize rješavaju nelinearne jednadžbe

Algoritmi opet rješavaju jednadžbe odbacivanjem onih jednadžbi koje ne mogu imati rješenja po geometriji vektora. Bez takvog filtera i najmanje rješenje koje smo dobili bi tražilo oko 300.000 godina računanja na Isabelli, dok smo s njim dobili rezultat za 10 sekundi.

Merlet-Pavičić

S druge strane otkrili smo beskonačne klase jednažbi u Hilbertovim prostorima—nOA. Mi definiramo nOA jednadžbe na slijedeći način:

$$\boxed{(a_1 \to a_3) \cap (a_1 \overset{(n)}{\equiv} a_2) \le a_2 \to a_3}$$

gdje je $a_1 \overset{(3)}{\equiv} a_2 \overset{\mathrm{def}}{=} ((a_1 \to a_3) \cap (a_2 \to a_3)) \cup ((a_1' \to a_3) \cap (a_2' \to a_3))$

$$a_1 \overset{(n)}{\equiv} a_2 \overset{\mathrm{def}}{=} (a_1 \overset{(n-1)}{\equiv} a_2) \cup ((a_1 \overset{(n-1)}{\equiv} a_n) \cap (a_2 \overset{(n-1)}{\equiv} a_n)), \quad n \ge 4 .$$

I kad sam testirao 3-dim Kochen-Speckerove eksperimente dobio sam ono što niko nije očekivao od prvog njihovog otkrića. Nisu kvantni. Ne zadovoljavaju nOA jednadžbe.

Dakle, ne možemo više podrazumijevati da se svaki kvantni eksperiment može izvesti. Postoje ne samo "nemogući klasični eksperimenti" već i "nemogući kvantni."