

Poređenje performansi RAID 1 i RAID 0 nizova sa dva uparena Kingston SSD uređaja

Nikola Davidović
University of East Sarajevo,
Faculty of Electrical Engineering,
East Sarajevo, RS, BiH
nikola.davidovic@etf.ues.rs.ba

Slobodan Obradović
Information Tehnology School
Belgrade, Serbia
slobodan.obradovic@its.edu.rs

Ilja Stanišević
Akademija strukovnih studija Zapadna Srbija
Valjevo, Srbija
Ilja.stanisevic@vipos.edu.rs

Abstract—Povećanje performansi sekundarnih memorija je poslednjih ne prati u dovoljnoj mjeri razvoj radne memorije (RAM) i procesora (CPU). Korišćenjem nizova nezavisnih (i jeftinih) uparenih SSD uređaja - RAID moguće je u velikoj mjeri povećati brzinu čitanja i upisa, kapacitet i pouzdanost podataka. RAID 0 je jednostavan za realizaciju i omogućava povećanje kapaciteta i brzine čitanja, ali ne osiguravaju pouzdanost podataka i mogućnost oporavka u slučaju otkaza makar jednog diska. Najjednostavniji RAID niz koji osigurava pouzdanost podataka je RAID 1. U radu su prikazana mjerenja performansi nizova RAID 1 i RAID 0 sa dva SSD uređaja i izvršena su poređenja izmjerenih veličina. Prilikom realizacije mjerenja varirani su i parametri koji se odnose na veličinu bloka podataka koji se skladišti ili čita (radno opterećenje) kao i broj paralelnih ulaznih i izlaznih operacija koje se izvršavaju istovremeno (dubina reda).

Ključne riječi: performanse sekundarnih memorija; SSD; RAID; RAID 0; RAID 1; Kingston; jedinica trake; radno opterećenje; dubina reda; veličina niza; ATTO; benchmark.

I. UVOD

Magnetni diskovi osim što su dugi niz godina dominantna tehnologija sekundarnih memorijskih uređaja predstavljaju i usko grlo računarskog sistema. Jedan od načina da se riješi problem bržeg dostavljanja podataka CPU na obradu je povezivanje više diskova u jednu logičku cjelinu. Kod tehnologije magnetnih diskova, zbog postojanja električnih, mehaničkih i magnetnih dijelova u uređaju, povezivanjem više uređaja u niz povećana je i mogućnost otkaza jednog od uređaja zbog djelovanja više različitih faktora [2][3][4].

S obzirom da su magnetni diskovi (HDD - Hard Disk Drive) dostigli i svoja konstruktivna ograničenja stvoren je prostor za pojavu tehnologije koja bi mogla odgovoriti na povećane zahtjeve za performansama računarskog sistema. Primjena poluprovodničke tehnologije za izradu uređaja sekundarne memorije, SSD - Solid State Disk, postavila je nove zahtjeve koji nisu postojali kod magnetnih diskova, ali

istovremeno u potpunosti rješavajući niz mehaničko-magnetnih zahtjeva koji su prije postojali [4].

Vijek trajanja SSD uređaja u najvećoj mjeri ograničen je tehnologijom izrade memorijskih ćelija, veličinom stranice, veličinom bloka i načinom korišćenja uređaja. S obzirom da je vijek trajanja memorijske ćelije ograničen habanjem izolacionog sloja memorijske ćelije, svaka memorijska ćelija ima ograničen broj upisa.

II. RAID 0 i RAID 1

Dvije najkorišćenije RAID (eng. Redundant Array of Independent Disks) tehnologije kod HDD uređaja su RAID 0 i RAID 1.

RAID 0 tehnologija dijeli ravnomjerno podatke na N diskova u nizu, pri čemu je minimalan broj diskova u nizu dva, ali bez podataka o paritetu. Ovako konfigurisan niz nema mogućost opravka jednog ili više diskova u nizu, ako dođe do otkaza. U slučaju otkaza jednog od diskova u nizu doći će do gubitka svih podataka. Obično se koristi za povećanje brzine upisa i čitanja podataka. Pored toga veoma često se koristi i kao način stvaranja velikog logičkog volumena od više fizičkih diskova [1][2][3].

RAID 1 sastoji se od tačne kopije (ili ogledala) skupa podataka na dva ili više diskova. Klasični par RAID 1 sadrži dva diska. Ova konfiguracija ne nudi paritet ili raspoređivanje podataka na više diskova u nizu. Podaci se preslikavaju na svim diskovima koji pripadaju nizu, pri čemu niz može biti velik koliko i najmanji član. Ovaj je raspored koristan kada su performanse čitanja ili pouzdanost važniji od performansi pisanja ili rezultirajućeg kapaciteta za skladištenje podataka. RAID 1 niz će nastaviti raditi sve dok barem jedan član u nizu radi [1][2][3].

III. TEST KONFIGURACIJA

A. Hardverska konfiguracija

Hardverska specifikacija testirane konfiguracije prikazana je u Tabeli I. Testovi su urađeni na Microsoft Windows 10 Education sa operativnim sistemom na Kingston M2 SSD (karakteristike date u tabeli II) [12]. Prilikom testova za konfigurisanje RAID 1 nivoa korišćen je integrisan RAID kontroler na matičnoj ploči ASUS H97M-E [11]. Prilikom kreiranja RAID nivoa korišćeni su Kingston SSD 2,5" diskovi (karakteristike date u tabeli III) [13].

TABELA I. HARDVERSKA KONFIGURACIJA PC

Hardver	Specifikacija
Matična ploča	ASUS H97M-E
RAM	16 GB, 2*DIMM DDR3 8GB 1866MHz Kingston HyperX Fury
CPU Model	CPU Intel(R) Core(TM) i7-4790 CPU@3.6GHz, 3601 Mhz, 4 Core(s), 8 Logical Processor(s)
Sekundarna memorija sa OS	Kingston SM2280S3/120G
Operativni sistem	Microsoft Windows 10 Education, 10.0.17134 Build 17134

TABELA II. SSD KINGSTON M2 SPECIFIKACIJA

SSD	Specifications
Model	SSD KINGSTON SM2280S3/120G
Kapacitet	120 GB
Čitanje (eng. Read)	550 MB/s
Pisanje (eng. Write)	520 MB/s

TABELA III. SSD KINGSTON SPECIFIKACIJA

SSD	Specifications
Model	SSD KINGSTON, SSDNOW 300V, 2.5" SATA 6Gb/s
Kapacitet	120 GB
Čitanje (eng. Read)	450 MB/s
Pisanje (eng. Write)	450 MB/s

B. ATTO Disk benchmark

Program ATTO Disk Benchmark koristi se prilikom testiranja sistema za skladištenje podataka. Testiranje može da radi samo nad particionisanim i formatiranim prostorom. Verzija za Windows operativne sisteme podržava *File Allocation Table* (FAT) i *New Tehnology File System* (NTFS) fajl sisteme. Radi na principu da popunjava fajl, koji je ranije upisan prazan na datoj particiji, sa šemom podataka. Nakon upisa podataka obavlja se čitanje tih istih podataka. Proces se ponavlja za svaki korak u zadatom opsegu veličine transfera, pri čemu raspon transfera ide od 512 B do 64 MB. Ovom

vrstom testiranja dobijaju se podaci o performansama sekvencijalnog pristupa uređaju, kako za male tako i za velike podatke[10].

IV. TESTNI REZULTATI

U tabeli IV date su apsolutne vrijednosti brzina upisa i čitanja niza RAID 0 sa dva Kingston SSD uređaja u MB/s za različite vrijednosti blokova podataka i različite vrijednosti paralelizma ulazno/izlaznih operacija (dubina reda, Queue Depth, QD). Radi poređenja u tabeli su date i vrijednosti brzina čitanja i upisa za jedan SSD uređaj bez paralelizma (QD 1) i kada je QD 32 [6.]. Brzine čitanja i upisa RAID 0 za QD 2 su jednake ili manje od vrijednosti za QD 1 (bez paralelizma) [8.]. Za vrijednosti QD 32 i veće nema povećanja performansi pa pri analizi karakteristika RAID 0 (i RAID 1) nisu vršena mjerenja za vrijednosti QD veće od 32.

Mjerenje performansi RAID0 2D i RAID1 (Tabele IV i V) urađeno je sa blokovima podataka čija je veličina u granicama od 512 B do 64 MB i pri tome je svaka naredna veličina bloka podataka (workload) dvostruko veća od prethodne. U tabeli IV, date su brzine čitanja i upisa za različita opterećenja RAID 0 sa 2 SSD uređaja [8.], a u tabeli V, date su brzine čitanja i upisa za različite za RAID 1. Dubine reda QD (Queue Depth) su: 1, 2, 4, 8, 16 i 32. Vrijednosti izmjerenih brzina čitanja i upisa date su u apsolutnim iznosima u MB/s. U RAID 0 sa 2 diska testovima jedinica trake (Stripe Unit - SU) je 16 KB, tako da je veličina pune trake iznosi 32 KB. Bez paralelizma U/I operacija (QD1) brzine čitanja i upisa se povećavaju sa veličinom bloka podataka, a maksimalne vrijednosti, deklarirane od strane proizvođača, dostižu se već pri blokovima podataka reda jedinice trake (16KB i veći). Ovo nastaje zbog prirode samog SSD uređaja koji je podjeljen na stranice veličine 16KB (SU) i svaki blok podataka se nalazi na posebnoj stranici. Tek kada su blokovi podataka veći od SU (32KB i veći) oni zauzimaju čitavu stranicu, dvije ili više stranica. Kada treba raditi sa podacima većim od jedinice trake onda RAID0 2D koristi oba SSD uređaja u jednom pristupu.

V. ANALIZA REZULTATA MJERENJA

Na bazi izmjerenih vrijednosti dobijeni su dijagrami prikazanina slikama od sl. 1 do sl. 4. Na svakoj od ovih slika prikazane su i apsolutne brzine u MB/s za odgovarajući jedan SSD uređaj pri dubini reda 1 i 32 (isprekidane linije). Dijagram iscrtan tačama prikazuje odnos brzina za odgovarajući RAID i jednog SSD za QD 32 (qd32 RAID0,1/qd32 single SSD). Zbog razmjere grafik je skaliran puta 100 da bi bili vidljivi, jer su sve ostale veličine u 100 MB/s. Ostali dijagrami se odnose na RAID 0 i RAID 1 za različite vrijednosti QD 1, 2, 4, 8, 16 i 32. Sa povećanjem veličine radnog bloka podataka, povećavaju se brzine čitanja i upisa. Ovaj trend je uočljiv za male blokove podataka do veličine SU (manji od 32 KB). Pri većim blokovima podataka (32 KB i veći) praktično se dostižu maksimalne moguće brzine i dalje se neznatno povećavaju.

Pri dubini reda QD 2 performanse su u najboljem slučaju jednake kao za QD 1 (kada nema paralelizma), poklapaju sa

performansama jednog uređaja ili su čak manje. Može se zaključiti, da za QD 4 i veće, pri malim radnim blokovima podataka, manjim od jedinice trake, povećanjem dubine reda povećava se brzina i čitanja i upisa.

Na slikama 1 i 2 prikazane su brzine čitanja RAID 0 nizova sa 2 SSD uređaja i RAID 1 u odnosu na jedan SSD. Prvo treba uočiti da maksimalna brzina čitanja kog jednog SSD zavisi od QD i za QD32 je 5% veća nego za QD1 i 2. Kod oba RAID sistema, maksimalne brzine za QD 1 i QD 2 dostižu se pri čitanju blokova podataka od 32 KB (veći od veličine jedinice trake SU=16 KB). Za QD 4 i veće (QD 8, 16, 32) maksimalne brzine se dostižu već pri 8 KB i izmjerene vrijednosti se gotovo podudaraju. Dakle, pri čitanju za RAID0 2D i RAID1 dovoljno je podesiti dubinu reda QD32 da bi se dobile maksimalne performanse.

Ono što je interesantno jeste činjenica da je maksimalna brzina čitanja kod RAID0 2 Kingston SSD samo 1,7 puta veća

od brzine jednog diska i praktično ne zavisi od QD (za QD 4 i veće). Ova anomalija nije prisutna kod SSD uređaja nekih drugih proizvođača, na primer kod Samsung SSD, kod kojih je brzina čitanja RAID o 2 SSD dva puta veća od brzine čitanja sa jednog SSD [9].

Maksimalna brzina čitanja kod RAID1, slika 2., za male blokove do veličine jedinice trake (16 KB) praktično ne zavisi od QD (poklapaju se dijagrami za QD 4, 8, 16, 32). Isto važi i za velike blokove podataka. Kod RAID1 za blokove srednje veličine od 8 KB do 256 KB maksimalna brzina čitanja pokazuje veliku zavisnost od QD i kreće se od 1,76 do 2 puta u odnosu jedan SSD. Za blokove podataka od 64 KB i veće pri QD 32 maksimalna brzina čitanja je 2 puta veća nego kod jednog SSD, dok se za QD4 one dostižu za blokove podataka 1MB i veće. Za QD1 i 2 maksimalne brzine se dostižu za blokove podataka 4 MB i veće.

TABELA IV. REZULTATI MJERENJA BRZINA ČITANJA I UPISA RAID 0 SA 2 SSD U FUNKCIJI OD VELIČINE BLOKA PODATAKA I DUBINE REDA

READ	QD 1	QD 2	QD4	QD 8	QD 16	QD 32	QD1_RAID02 /QD1_single	QD1 single	QD32 single
512 B	34	22	65	64	66	65	3.81	9	33
1 KB	67	56	126	129	130	139	4.00	17	65
2 KB	126	103	236	270	252	263	3.63	35	130
4 KB	244	199	438	447	514	537	3.98	61	260
8 KB	395	372	816	816	818	818	3.57	111	345
16 KB	740	701	813	809	816	813	5.42	137	412
32 KB	820	803	818	813	818	814	4.21	195	468
64 KB	818	816	818	813	814	814	3.72	220	498
128 KB	819	819	815	813	815	815	3.45	238	508
256 KB	822	820	810	810	814	814	2.73	301	514
512 KB	803	818	816	814	818	812	2.15	373	513
1 MB	811	820	823	818	823	825	1.93	421	512
2 MB	813	820	821	820	828	826	1.80	450	512
4 MB	820	820	823	825	830	823	1.76	467	512
8 MB	817	818	821	821	824	823	1.71	478	511
16 MB	816	816	818	820	819	820	1.69	483	511
32 MB	815	814	817	818	817	819	1.68	485	510
64 MB	810	807	819	818	818	819	1.67	485	510
WRITE	QD 1	QD 2	QD4	QD 8	QD 16	QD 32	QD1_RAID02 /QD1_single	QD1 single	QD32 single
512 B	12	12	17	38	56	59	1.07	11	35
1 KB	22	22	30	70	91	117	1.08	20	67
2 KB	39	39	65	118	188	218	1.14	35	117
4 KB	101	99	222	374	462	511	1.04	97	312
8 KB	168	168	433	746	828	707	1.08	155	432
16 KB	252	251	719	807	900	906	1.19	212	464
32 KB	453	456	808	912	906	912	2.17	209	485
64 KB	622	614	895	946	953	953	2.30	270	491
128 KB	750	751	945	969	969	973	2.67	281	494
256 KB	772	779	971	966	973	973	1.99	389	498
512 KB	818	871	978	973	976	973	1.90	431	501
1 MB	905	922	978	976	983	983	2.05	442	499
2 MB	932	935	978	978	985	983	2.01	463	500
4 MB	946	948	980	983	985	983	2.00	472	499
8 MB	954	955	988	982	984	983	2.00	477	498
16 MB	958	958	986	984	982	979	2.00	480	501
32 MB	959	958	968	982	964	980	1.99	481	499
64 MB	958	959	985	983	980	982	1.99	480	499

RAID 0 i RAID 1 u odnosu na jedan SSD imaju veću zavisnost brzine čitanja od veličine bloka za QD1 i ona se kreće oko 4 za blokove od 0,5 KB do 128 KB. Maksimum je

na 16 KB i kod RAID 0 on je 5,4 a kod RAID1 je 6,23. Drugim riječima, efekti RAID sistema su najizraženiji kada nema paralelizma i za male radne blokove podataka.

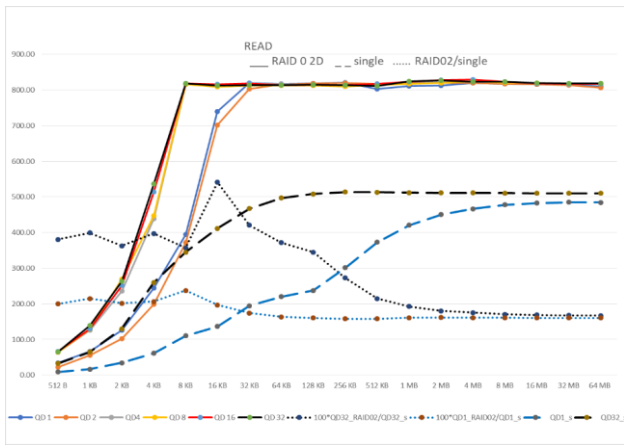
TABELA V. REZULTATI MJERENJA BRZINA RAID 1 U FUNKCIJI OD VELIČINE BLOKA PODATAKA I DUBINE REDA

READ	queue depth								
	qd1	qd2	qd4	qd8	qd16	qd32	qd1_RAID1 /qd1	qd1 single	qd32 single
512B	37	24	70	72	72	71	4,15	9	33
1KB	73	47	137	137	143	139	4,41	17	65
2KB	146	95	271	281	287	282	4,19	35	130
4KB	278	194	537	565	564	560	4,52	61	260
8KB	497	395	865	873	877	885	4,50	111	345
16KB	852	828	869	887	892	902	6,23	137	412
32KB	878	875	883	894	904	935	4,51	195	468
64KB	882	886	895	902	939	970	4,01	220	498
128KB	886	886	893	928	966	966	3,73	238	508
256KB	880	880	906	957	971	971	2,92	301	514
512KB	891	891	952	966	976	971	2,39	373	513
1MB	909	915	966	978	973	973	2,16	421	512
2MB	926	932	978	973	978	971	2,06	450	512
4MB	962	964	978	980	978	972	2,06	467	512
8MB	959	959	976	976	977	973	2,01	478	511
16MB	968	969	974	974	974	974	2,00	483	511
32MB	966	967	974	974	974	974	1,99	485	510
64MB	959	961	975	974	973	972	1,98	485	510
WRITE	qd1	qd2	qd4	qd8	qd16	qd32	qd32RAID1/qd32	qd1 single	qd32 single
512B	10	10	15	28	45	58	1,65	11	35
1KB	19	20	29	53	98	118	1,77	20	67
2KB	33	36	57	104	137	173	1,47	35	117
4KB	92	89	198	333	413	450	1,45	97	312
8KB	153	151	327	403	451	475	1,10	155	432
16KB	236	232	398	446	452	451	0,97	212	464
32KB	316	316	441	471	472	473	0,98	209	485
64KB	388	377	465	478	480	480	0,98	270	491
128KB	385	398	468	485	487	490	0,99	281	494
256KB	422	421	485	489	487	493	0,99	389	498
512KB	449	451	489	491	496	494	0,99	431	501
1MB	467	468	490	494	496	495	0,99	442	499
2MB	476	475	491	496	498	494	0,99	463	500
4MB	479	479	494	497	498	496	0,99	472	499
8MB	462	480	497	496	497	496	1,00	477	498
16MB	482	481	496	496	497	497	0,99	480	501
32MB	478	483	496	496	496	496	1,00	481	499
64MB	485	483	496	495	496	497	1,00	480	499

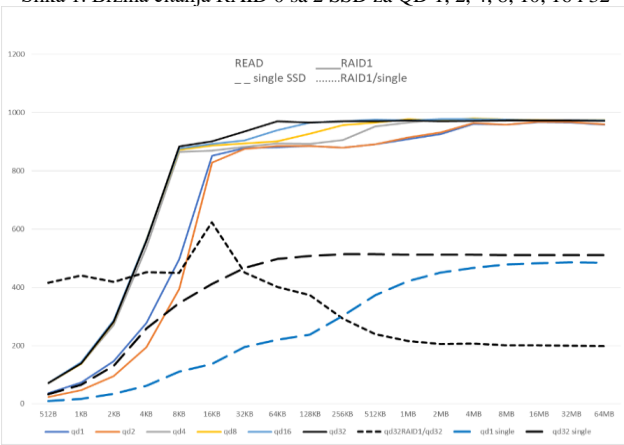
Na slikama 3 i 4 prikazane su brzine upisa RAID 0 nizova sa 2 SSD uređaja i RAID 1 u odnosu na brzine jednog SSD uređaja. Pri upisu, maksimalne brzine za QD 1 i QD 2 dostižu se pri upisu blokova podataka od 1 MB. Maksimalne brzine značajno zavise od dubine reda i što je QD veće one se dostižu već pri manjim radnim blokovima.

Maksimalne brzine upisa kod RAID0 2D (slika 3.) su dva puta veće od brzine jednog SSD (1.97) u skoro čitavom opsegu veličina za blokove podataka (slika 3). RAID0 niz sa 2 SSD za QD 4 postiže vrijednost 90% maksimalne brzine pri radnom bloku od 64 KB. Za QD 8, 10 i 16 vrijednost 90% maksimalne brzine niza od 2 SSD praktično se postižu pri radnom bloku

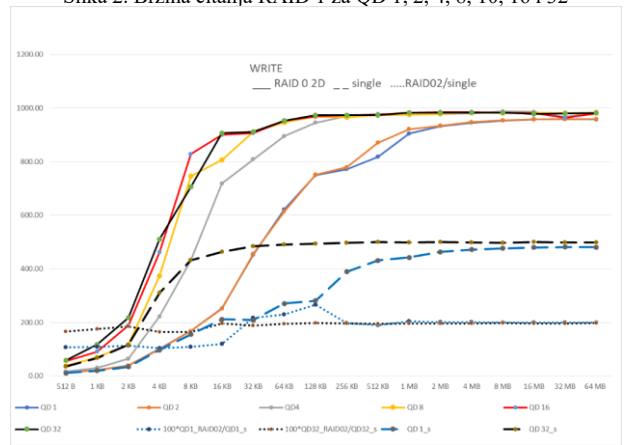
koji je veličine 32 KB, što je prva vrednost veća od jedinice trake (SU je 16 KB). RAID1 se pri upisu praktično ponaša kao jedan SSD (slika 4). Veličina bloka podataka pri kojem se dostiže maksimalna brzina jako zavisi od QD i što je QD veće blok je manji. Ima smisla izvršiti ovakva merenja i za QD veće od 32, jer se dijagrami za QD 16 i QD 32 ne poklapaju. Maksimalne brzine upisa RAID 1 i jednog SSD se u većem dijelu opsega blokova podataka podudaraju (odnos je oko 1). Mada pri nekim malim i srednjim veličinama koje zavise od QD RAID 1 ima povećanje i do 50%. Za QD1 to se dešava u opsegu od 16 KB do 256 KB, a za QD 32 RAID 1 ima povećanje brzine pri malim blokovima od 0,512 KB do 16 KB.



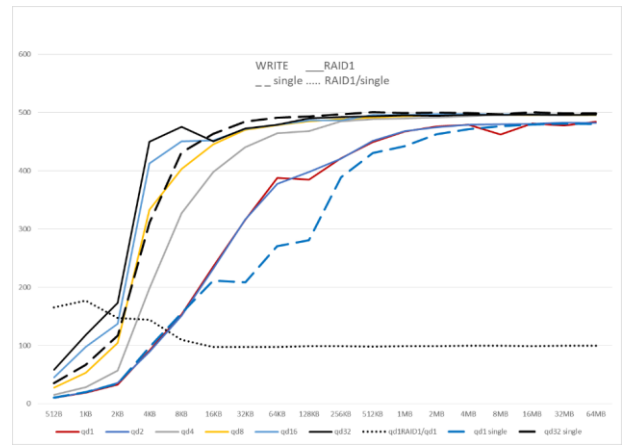
Slika 1. Brzina čitanja RAID 0 sa 2 SSD za QD 1, 2, 4, 8, 10, 16 i 32



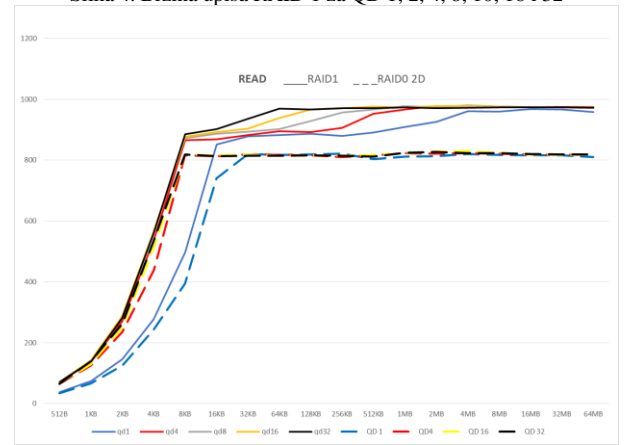
Slika 2. Brzina čitanja RAID 1 za QD 1, 2, 4, 8, 10, 16 i 32



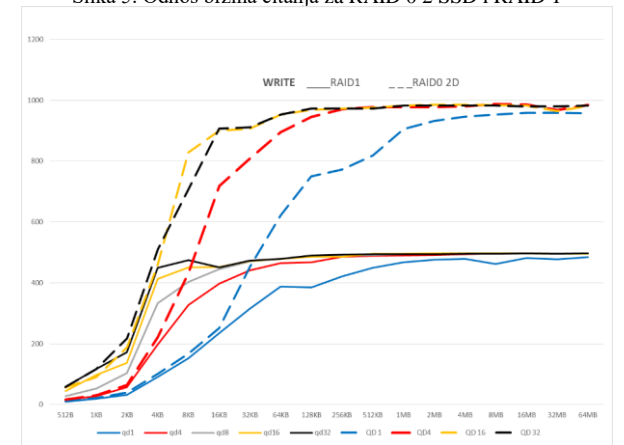
Slika 3. Brzina upisa RAID 0 sa 2 SSD zavisno od QD



Slika 4. Brzina upisa RAID 1 za QD 1, 2, 4, 8, 10, 16 i 32



Slika 5. Odnos brzina čitanja za RAID 0 2 SSD i RAID 1



Slika 6. Odnos brzina upisa za RAID 0 2 SSD i RAID 1

Na slikama 5 i 6 dati su uporedni dijagrami brzina čitanja i upisa za RAID 0 2 SSD i RAID 1 u zavisnosti od veličine radnog bloka podataka za različite vrijednosti QD.

Pri čitanju (slika 5.), za male blokove podataka, dijagrami se vrlo malo razlikuju pri istom QD i brzine su manje od maksimalnih. Oba RAID sistema ne pokazuju zavisnost brzine čitanja od QD za vrijednost 4 i više, praktično se podudaraju. Za RAID 0 2 SSD ovo važi za sve vrijednosti blokova

podataka. Kod RAID 1 postoji opseg blokova srednje veličine u kojem brzine jako zavise od QD. Kod RAID 0 2 SSD dostignute maksimalne brzine se ne mjenjaju sa povećanjem bloka podataka i manje su od teorijski očekivanih za 20%. Kod RAID 1 brzine čitanja imaju dvije zone maksimalnih brzina. U zoni srednjih veličina blokova podataka, brzine su oko 900 MB/s (oko 90% od teorijski maksimalnih mogućih) i zavise od QD i radnog bloka podataka. Sa povećanjem QD karakteristike

više odgovaraju teorijskim i imalo bi smisla povećati QD i preko 32.

Na slici 6. prikazane su brzine upisa za oba RAID sistema i pokazuje se velika zavisnost brzina upisa od QD. Sa porastom QD maksimalne brzine se dostižu pri manjim radnim blokovima podataka, ali nema većih razlika između QD16 i QD32. RAID0 2SSD ima ostvarenu praktično teorijsku vrijednost 980 MB/s, i ona je 1,98 puta veća nego za RAID0 (495 MB/s). RAID0 se ponaša kao jedan SSD.

VI. ZAKLJUČAK

Na bazi izmjerenih vrijednosti i dijagrama na slikama 1 do 6 možemo zaključiti da se oba RAID sistema pri upisu ponašaju u skladu sa teorijskim očekivanjima. Pri čitanju, RAID0 2 SSD ima 20% manje brzine od teorijski očekivanih, dok RAID 1 ima vrijednosti u skladu s teorijom. S obzirom da su pri svim mjerenjima sve ostale komponente (i hardver i softver) uvijek bile identične, a jedino su se menjale vrste RAID nizova sa istim SSD, zaključak je da su odstupanja kod čitanja iz nizova RAID 0 u odnosu teorijska (znatno manja od 2) posljedica realizacije internog kontrolera u samim SSD uređajima. Ovakav zaključak proizilazi i iz mjerenja na RAID 0 sa 2 SSD Samsung uređaja koja su bila u skladu sa teorijom, odnosno brzina je bila 2 puta veća nego kod jednog SSD [9].

Brzina upisa u niz RAID 0 sa 2 SSD je, pri radnim opterećenjima od 8 KB do 16 MB, između 950 (QD 1) i 980 (QD 32) MB/s, što je 1,97 puta više od brzine upisa za jedan Kingston SSD. Ovo se podudara sa teorijskim očekivanjima. Brzina upisa u RAID 1 pri velikim blokovima je u skladu sa teorijskim očekivanjima, odnosno ponaša se kao jedan SSD.

RAID 1 niz uparivanja SSD uređaja, za razliku od HDD uređaja, ne donosi veću pouzdanost podataka, dok omogućava veću brzinu čitanja. Pouzdanost sistema ne unapređuje se značajno uparivanjem dva ista SSD uređaja u RAID 1 nizu, jer postoji velika vjerovatnoća otkaza u bliskom intervalu vremena oba diska u nizu (oba SSD imaju isti broj upisa).

Zbog same tehnologije proizvodnje SSD uređaja i memorijskih ćelija RAID 0 niz uparenih diskova je daleko povoljniji i sigurniji za realizaciju u odnosu na RAID 1, pri čemu osim što nudi veću brzinu čitanja omogućava i veću brzinu upisa, kao i dvostruko veći kapacitet.

REFERENCES

- [1] Patterson, David; Gibson, Garth A.; Katz, Randy, "A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID)", www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/1987/CSD-87-391.pdf, december 2020.
- [2] Microsoft storage, <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/storage/storage-spaces/storage-spaces-fault-tolerance>, decembar 2020.

- [3] <https://www.cru-inc.com/data-protection-topics/understanding-raid/>
- [4] Nikola Davidović, Dijana Kosmajac, Borislav Đorđević, Valentina Timčenko, Komparativna analiza sekundarnih memorija – poređenje tvrdog diska sa poluprovodničkim diskom, INFOTEH-JAHORINA Vol. 13, March 2014.
- [5] Yoshiaki TAKAI, Mamoru FUKUCHI, Chihiro MATSUI, Reika KINOSHITA, Ken TAKEUCHI, Analysis on Hybrid SSD Configuration with Emerging Non-Volatile Memories Including Quadruple-Level Cell (QLC) NAND Flash Memory and Various Types of Storage Class Memories (SCMs), IEICE TRANSACTIONS on Electronics Vol.E103-C No.4 pp.171-180, 2020/04/01
- [6] Nikola Davidović, Slobodan Obradović, Borislav Đorđević, Valentina Timčenko, THE INFLUENCE OF DEPTH QUEUE ON THE SSD DISK PERFORMANCE, 19th International Symposium Infotech Jahorina, Rss-3-1, Pp.216-221, Jahorina, BiH, 18-20 March, 2020.
- [7] S. Obradović, B. Milosevic, "Comparative measurements of some performances of hard and ssd disks connected on the raid 0 level", International scientific conference Unitech'2014, 20-21 nov. Gabrovo, ISSN 1313-230Xvol.2, pp.II-333-II-338
- [8] Nikola Davidović, Slobodan Obradović, Minka Yordanova, PERFORMANCE RAID 0 LEVEL ARRAY OF SSD DISKS , Academic Journal Industrial Technologies, ISSN: 1314-9911, Vol 7 (1), 2020, pp 33-39, "Prof. Dr. Assen Zlatarov" University – Burgas, Bulgaria
- [9] Nikola Davidović, Slobodan Obradović, Poređenje performansi ADATA, KINGSTON i SAMSUNG RAID 0 nizova uparenih SSD uređaja, Savremeni materijali, 11.-12. septembar, 2020, Banja Luka
- [10] <https://www.atto.com/disk-benchmark/>
- [11] <https://www.asus.com/us/Motherboards/H97MECSM/specifications/>
- [12] https://www.kingston.com/datasheets/sm2280s3_us.pdf
- [13] https://www.kingston.com/datasheets/sv300s3_us.pdf

ABSTRACT

Increasing the performance of secondary memory is not sufficiently accompanied by the development of working memory (RAM) and processor (CPU). By using arrays of independent (and inexpensive) paired SSDs - RAID it is possible to greatly increase the speed of reading and writing, capacity and reliability of data. RAID 0 is easy to implement and allows for increased capacity and read speed, but does not provide data reliability and recovery in the event of a failure of at least one disk. The simplest RAID array that ensures data reliability is RAID 1. The paper presents measurements of RAID 1 and RAID 0 array performance with two SSD devices and compares the measured quantities. During the implementation of the measurement, the parameters related to the size of the data block that is stored or read (workload) as well as the number of parallel input and output operations that are performed simultaneously (queue depth) were varied.

COMPARISON PERFORMANCES OF RAID 1 AND RAID 0 PAIRED ARRAYS OF KINGSTON SSD DEVICES

Nikola Davidović, Slobodan Obradović, Ilja Stanišević