

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo in informatiko

Računalniška zanesljivost in diagnostika
Seminarska naloga

Zanesljivostna analiza Microsoft Kinect

David Lapajne,
Leon Golob,
Matej Pangerc,
Samo Kralj,
Maja Somrak,
Dušan Vučko,
Klemen Pravdič,
Lambe Čočorovski,
Zoran Špec,
Andrej Babič,
Tadej Humar,
Peter Pišljar,
Marko Turšič,
Borut Ajdič,
Tine Ileršič,
Simeon Puntar

Ljubljana, 26. 5. 2011

1. Kazalo

1.	Kazalo	2
2.	Uvod	4
2.1.	Specifikacije	4
3.	Zanesljivost strojne opreme	5
3.1.	Uvod	5
3.2.	Zanesljivost po MIL-HDBK-217F	5
3.2.1.	Pregled MIL-HDBK-217F	5
3.2.2.	Analiza zanesljivosti	6
3.3.	Zanesljivost po IEC TR 62380	12
3.3.1.	Pregled IEC TR 62380	12
3.3.2.	Analiza zanesljivosti	14
3.4.	Ugotovitve	15
3.5.	Viri	15
4.	Programska oprema	18
4.1.	Uvod	18
4.2.	Kratek opis testiranih gonilnikov in knjižnic	18
4.3.	Metoda testiranja	19
4.3.1.	Število vrstic izvirne kode (SLOC)	19
4.3.2.	Ciklomatično kompleksnost (McCabejevo mero)	19
4.3.3.	Halsteadove mere	20
4.3.4.	Indeks možnosti vzdrževanja (MI)	22
4.4.	Uporabljena programska oprema	23
4.5.	Rezultati testiranja	24
4.5.1.	Openkinect	24
4.5.2.	Libusb	25
4.5.3.	Glut	26
4.5.4.	Pthreads	27
4.6.	Komentar rezultatov	28
4.7.	Viri	28
5.	Markovska analiza	29
5.1	Uvod	29
Teoretično ozadje MA		29
Kaj je Markovska analiza		29
Markovske verige in procesi		29

Popravljivost.....	29
Zanesljivost	30
Prednosti pred ostalimi metodami:	30
Slabosti.....	30
Standardi za markovsko analizo:.....	30
5.2 Zanesljivost elektronskih vezij in čipov	30
5.4 Zanesljivost vhodnih in senzorskih enot	33
5.4 Interpretacija rezultatov	35
5.5 Zaključek	35
6 FTA	37
6.1 FTA analiza	37
6.2 Vzroki in načini odpovedi	38
6.2.1 Prekinjena oskrba z električno energijo	39
6.2.2 Odpoved ene izmed notranjih komponent.....	40
6.2.3 Odpoved programske opreme.....	42
6.3 Odpovedi komponent, ki vodijo v degradirano stanje sistema	43
6.4 CUT-SET	43
6.5 Izračun verjetnosti odpovedovanja	44
6.6 Zaključek	45
7 FMEA.....	46
7.1. Uvod.....	46
7.2. Potek FMEA analize.....	46
7.2.1. Resnost odpovedi (Severity)	47
7.2.2. Pogostost odpovedi (Occurence).....	47
7.2.3. Težavnost odkritja odpovedi (Detection).....	48
7.2.4. RPN (Risk Priority Number).....	48
7.3. Funkcijska FMEA analiza	49
7.4. Komponentna FMEA analiza	50
7.3. Ugotovitve.....	51
7.4. Viri.....	53

2. Uvod

Microsoft Kinect je vmesnik, ki omogoča igranje iger z gibi telesa, obrazno mimiko in glasom. V nasprotju z drugimi podobnimi izdelki, tukaj uporabniku ni potrebno v rokah držati kontrolerjev, saj naprava neposredno zaznava premike telesa, mimiko in glas.

Kinect deluje s pomočjo kamere, ki zaznava 48 točk na človeku na tej podlagi pa določa spremembe igralca. Natančnost je takšna, da lahko zazna premik prsta na roki. V sebi skriva tudi mikrofona, tako da deluje tudi s pomočjo glasovnih ukazov.

Kinect deluje z igralno konzolo Xbox, tako staro kot novo verzijo.



Slika 2.1. Vmesnik Microsoft Kinect za Xbox 360

2.1. Specifikacije

Senzorji

- Za zaznavo barve in globine
- Mikrofona
- Tipalo za prilagoditve

Zajem podatkov

- 320×240 16-bitna globina @ 30 slik/s
- 640×480 32-bitna globina @ 30 slik/s
- 16 bitni avdio @ 16 kHz

Zaznava premikov

- Zazna lahko do šest ljudi in dva aktivna igralca
- Zazna 20 točk na aktivnem igralcu

Avdio

- Živi pogovor med igro s soigralcem
- Sistem za prepoznavo glasu

3.Zanesljivost strojne opreme

3.1. Uvod

Namen analize zanesljivosti strojnih komponent je bil za napravo Kinect določiti intenzivnost odpovedovanja, ki je podana kot število odpovedi na milijon ur (angl. FPMH, *failures per million hours*). V ta namen smo potrebovali seznam komponent naprave, ki smo ga pridobili iz [15]. Popisane so vse glavne komponente, ki bistveno prispevajo k končnemu rezultatu.

Zanesljivost smo določali v skladu s standardoma MIL-217F (opisan v priročniku MIL-HDBK-217F) in IEC TR 62380.

3.2. Zanesljivost po MIL-HDBK-217F

3.2.1. Pregled MIL-HDBK-217F

MIL-217F je najstarejši med standardi zanesljivosti elektronske opreme. Leta 1991 je bil razvit kot vojaški standard za določanje intenzivnosti odpovedovanja elektronskih komponent. Čeprav ni namenjen komercialni rabi, današnji standardi temeljijo na njem.

Na oceno intenzivnosti odpovedovanja vplivata predvsem kvaliteta izdelave in okolje, nekaterih parametrov pa se pri izračunu ne upošteva. MIL ne poda najbolj realne ocene, saj so njegove napovedi načeloma precej pesimistične.

Za določanje intenzivnosti odpovedovanja λ (število odpovedi na 10^6 delovnih ur) se uporabljajo naslednje enačbe:

Mikroprocesorji:	$\lambda = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E) \pi_Q \pi_L$
Pomnilniški elementi:	$\lambda = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E + \lambda_{cyc}) \pi_Q \pi_L$
Logična vezja (VHSIS, VLSI):	$\lambda = \lambda_{BD} \pi_{MFG} \pi_T \pi_{CD} + \lambda_{BP} \pi_E \pi_Q \pi_{PT} + \lambda_{EOS}$
Tiskana vezja:	$\lambda = \lambda_b (N_1 \pi_C + N_2 (\pi_C + 13)) \pi_Q \pi_E$
Tranzistorji:	$\lambda = \lambda_b \pi_T \pi_A \pi_Q \pi_E$
Diode:	$\lambda = \lambda_b \pi_T \pi_S \pi_C \pi_Q \pi_E$
Upori:	$\lambda = \lambda_b \pi_T (\pi_P \pi_S) \pi_Q \pi_E$
Kondenzatorji:	$\lambda = \lambda_b \pi_T \pi_C \pi_V \pi_{SR} \pi_Q \pi_E$

Razlaga spremenljivk:

- C_1 - faktor kompleksnosti vezja,
- C_2 - faktor ohišja,

- N_1 - število strojno spajkanih pinov,
- N_2 - število ročno spajkanih pinov,
- λ_b - osnovna intenzivnost odpovedovanja glede na tip diode,
- λ_{BD} - osnovno odpovedovanje vezja; odvisno od vrste uporabe tehnologije,
- λ_{BP} - osnovno odpovedovanje ohišja,
- λ_{CYC} - faktor bralno/pisalnih ciklov; le za EEPROM komponente,
- λ_{EOS} - korekcijski faktor za izpostavljenost ESD (Electrostatic Discharge) vplivom,
- π_A - korekcijski faktor namena uporabe tranzistorja,
- π_C - faktor kompleksnosti, glede na število plasti bakra (pri enačbi za tiskana vezja),
- π_C - korekcijski faktor kapacitivnosti kondenzatorja (pri enačbi za kondenzator),
- π_C - korekcijski faktor načina pritrditve (pri enačbi za diode),
- π_{CD} - korekcijski faktor glede na kompleksnost integriranega vezja,
- π_E - okolje delovanja,
- π_L - faktor učenja,
- π_{MFG} - korekcijski faktor za proces izdelave,
- π_P - korekcijski faktor disipacijske moči upora,
- π_{PT} - korekcijski faktor tipa ohišja (DIP, PGA, -),
- π_Q - kvaliteta komponente,
- π_R - faktor delovne moči tranzistorja,
- π_S - električni *stress* faktor; razmerje dejanske napajalne proti maksimalni dovoljeni napajalni napetosti,
- π_{SR} - korekcijski faktor upornosti tokokroga,
- π_T - temperaturni faktor; računa se na podlagi predvidene temperature PN spoja,
- π_V - korekcijski faktor razmerja delovne proti nazivni napetosti.

3.2.2. Analiza zanesljivosti

Za oceno zanesljivosti Kinecta smo uporabili preizkusno verzijo programa *Lambda Predict 3*. Slika 3.1 je posnetek programa s končnim izračunom.

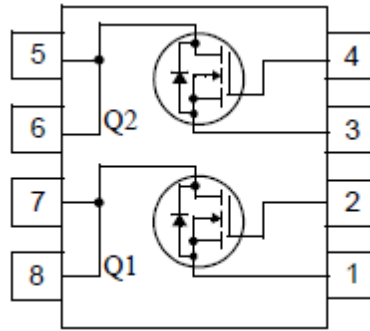
Analiza zanesljivosti zahteva podatke, ki pa pogosto niso na voljo. Vrednosti nekaterih parametrov smo zato predpostavili oz. ocenili na osnovi znanih podatkov arhitekturno podobnih komponent. Predpostavljali smo tudi, da se Kinect nahaja v zemeljskem nadzaranem okolju, tj. zaščitenem pred vremenskimi vplivi.

Name	Category	Failure Rate(t)	Failure Rate (t=INF)	Quantity	MTBF
Kinect - 25 C ambient	MIL-HDBK-217F	27,5567 FPMH	27,5567 FPMH	1	3,6289E+04 hrs
IR kamera	Micro, VHSIC/VLSI CMOS	0,6359	0,6359	1	1,5725E+06
RGB kamera	Micro, VHSIC/VLSI CMOS	0,6359	0,6359	1	1,5725E+06
Wolfson WM8737G ADC	Micro, Digital	0,1724	0,1724	1	5,8013E+06
NEC USB hub controller	Micro, VHSIC/VLSI CMOS	0,2413	0,2413	1	4,1446E+06
Marvell AP102 SoC	Microprocessor, Digital	4,4693	4,4693	1	2,2375E+05
Hynix 64 MB DDR2 SDRAM	Micro, Memory, Not EEPROM	2,3176	2,3176	512	4,3149E+05
Analog Devices AD8694 OpAmp	Micro, Digital	0,1375	0,1375	1	7,2745E+06
TI ADS7830I ADC	Micro, Digital	0,2327	0,2327	1	4,2972E+06
Allegro A3906	Micro, Digital	0,2767	0,2767	1	3,6138E+06
ST 8 Mb NV Flash Memory	Micro, Memory, EEPROM	1,9897	1,9897	8	5,0258E+05
PrimeSense PS1080-A2	Microprocessor, Digital	5,3595	5,3595	1	1,8658E+05
Fairchild MOSFET	Transistor, LF Si FET	0,1105	0,1105	2	9,0496E+06
TI USB audio controller	Micro, VHSIC/VLSI CMOS	0,1862	0,1862	1	5,3702E+06
Kionix MEMS accelerometer	Micro, Digital	0,0310	0,0310	1	3,2269E+07
Motor	Motor	1,1418	1,1418	1	8,7582E+05
Transistor	Transistor, HF Si FET	2,6196	2,6196	17	3,8174E+05
Diode	Diode, Low Frequency	0,1233	0,1233	20	8,1121E+06
Capacitor	Capacitor	2,5826	2,5826	435	3,8720E+05
Resistor	Resistor	4,2931	4,2931	530	2,3293E+05
Kinect - 20 C ambient	MIL-HDBK-217F	25,0335 FPMH	25,0335 FPMH	1	3,9946E+04 hrs
Kinect - 30 C ambient	MIL-HDBK-217F	30,7039 FPMH	30,7039 FPMH	1	3,2569E+04 hrs

Slika 3.1. Izračun odpovedovanja komponent v *Lambda Predict 3*.

Seznam v nadaljevanju podaja pregled v analizi upoštevanih komponent in nekatere njihove lastnosti, ki vplivajo na rezultat izračunov.

- **Barvna CMOS kamera in IR CMOS kamera** – naloga obeh kamer je zajemanje slike, ki se posreduje v obdelavo procesorju PrimeSense. Na podlagi sorodnih komponent [1], [2], [3] smo za obe kameri oz. senzorja predpostavili 48-pinsko zasnovo z zmerno pesimistično disipacijo moči 0,1 W ter površino (angl. *die area*) 0,88 cm². Ocenjena intenzivnost odpovedovanja je zato v obeh primerih enaka.
- **Wolfson Microelectronics WM8737G** – AD pretvornik z ojačanjem za mikrofona. Na osnovi uradnih podatkov [4] smo izračun nastavili kot 32-pinsko CMOS vezje s temperaturnim razponom delovanja od -25°C do 85°C z maksimalno temperaturo spoja 110°C.
- **Fairchild Semiconductor FDS8984 - N-Channel PowerTrench MOSFET**: podatke smo določili iz uradnih specifikacij [5]. Shematski prikaz je na sliki 3.2. Komponento smo zato obravnavali kot dva 4-pinska MOSFET tranzistorja.



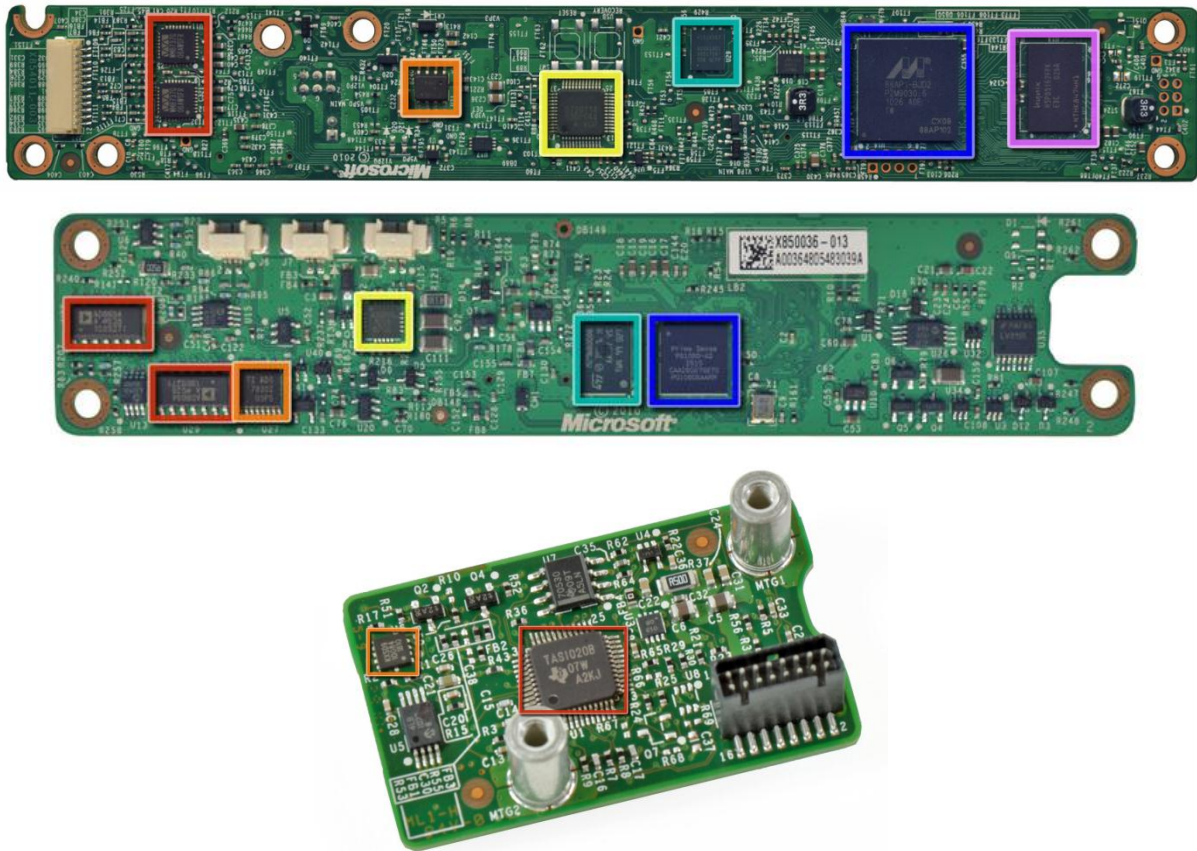
Slika 3.2. PowerTrench MOSFET.

- **NEC uPD720114 USB 2.0 hub kontroler** – na osnovi uradnih specifikacij [6] smo komponento obravnavali kot 48-pinsko CMOS integrirano vezje s površino elementa (angl. *die area*) 0,1849 cm².
- **Marvell AP102 System-on-a-chip** – vsebuje krmilnik za vmesnik kamere in domnevno skrbi za poganjanje operacijskega sistema. Predvidevali smo, da spada v družino procesorjev PXA3xx – večino lastnosti smo zato določili na podlagi uradne specifikacije te družine [7]. Vezje smo obravnavali kot 32-bitni, 456-pinski ARMv5TE mikroprocesor z disipacijo moči 0,5 W.
- **Hynix H5PS5162FF 64 MB DDR2 SDRAM** – podatke smo določili na podlagi podobnih pomnilnikov [8], [9]. Ker *Lambda Predict 3* ne omogoča vnosa velikosti pomnilnika 64 MB, smo ga obravnavali kot 512 enot po 1024 Kb.
- **Analog Devices AD8694** – operacijski ojačevalnik, ki smo ga glede na uradne specifikacije [10] opredelili kot 14-pinsko CMOS vezje s predvideno temperaturo delovanja od -45°C do 125°C in maksimalno temperaturo spoja 150°C.
- **TI ADS7830I ADC** – na osnovi uradne specifikacije [11] smo predpostavili 16-pinsko vezje z disipacijo moči 0,25 W.
- **Allegro Microsystems A3906** – večino parametrov za to 20-pinsko vezje smo zaradi pomankljivih podatkov ugibali, vseeno pa je v delno pomoč bila uradna specifikacija [12].
- **ST Microelectronics M29W800DB 8 Mb Flash** – ta pomnilnik smo obravnavali kot EEPROM, ker je to najbližja arhitektura Flash pomnilniku, ki jo MIL standard pozna.
- **PrimeSense PS1080-A2** – gre za osrednji čip Kinecta, saj skrbi za procesiranje slike oz. senzorskih podatkov. Uradni dokumenti te komponente so se izkazali za pomankljive oz. neuporabne, zato smo predpostavljali, da gre za vezje, nekoliko bolj kompleksno od Marvell AP102. Tako kot slednjega smo tudi PrimeSense obravnavali kot mikroprocesor.

- **TI TAS1020B USB audio controller** – na podlagi uradne dokumentacije [13] smo to komponento obravnavali kot 48-pinsko CMOS vezje s temperaturnim razponom delovanja od 0°C do 70°C.
- **Kionix MEMS KXSD9 accelerometer** – 10-pinsko CMOS vezje s temperaturnim razponom delovanja od -40°C do 85°C; nekatere podatke smo dobili iz [14], ostale smo ocenili.
- **Električni motor** – njegova funkcija je nadzor nagiba Kinecta in ostali mehanski premiki. Drugi podatki niso znani, zato smo predpostavili privzete vrednosti, ki jih ponudi program *Lambda Predict 3*.
- **Upori, kondenzatorji, tranzistorji in diode (SMD elementi)** – na osnovi oznak na tiskovinah smo našli 530 uporov, 435 kondenzatorjev, 17 tranzistorjev in 20 diod. Podatkov o teh elementih ni - uporabili smo programsko privzete lastnosti. Kapacitivnost kondenzatorjev smo nastavili na 2200 μF .

Nekatere komponente smo povsem izpustili iz končnega izračuna, saj njihove intenzivnosti odpovedovanja zaradi odsotnosti kakršnihkoli informacij nismo mogli verodostojno oceniti. Tako nismo upoštevali integriranega vezja z oznako X851716-005 GEPP in štirih mikrofonov.

Slika 3.3 prikazuje tri ploščice, ki se nahajajo v notranjosti Kinecta in vsebujejo prej naštete komponente.



Slika 3.3. Ploščice znotraj Kinecta. Obkrožene so bistvene večje komponente. Slika je povzeta po ifixit.com, *Microsoft Kinect Teardown*: <http://www.ifixit.com/Teardown/Microsoft-Kinect-Teardown/4066/2>.

Za celotni sistem Kinect smo izračunali intenzivnost odpovedovanja λ in MTBF (angl. *Mean Time Between Failures*). V tabeli 3.1 so vrednosti za tri različne temperature okolja; 20°C, 25°C in 30°C.

Temperatura ambienta	λ sistema	MTBF
T = 20 °C	25,0335	$3,99 \cdot 10^4$
T = 25 °C	27,556	$3,62 \cdot 10^4$
T = 30 °C	30,7039	$3,25 \cdot 10^4$

Tabela 3.1. Končni rezultati za celoten Kinect po MIL-HDBK-217F.

Če med seboj primerjamo vrednosti λ in MTBF celotnega sistema pri različnih temperaturah, je očitno, da temperatura ambienta zmerno vpliva na intenzivnost odpovedovanja.

Če med seboj primerjamo vrednosti λ in MTBF celotnega sistema pri različnih temperaturah, je očitno, da temperatura ambienta zmerno vpliva na intenzivnost odpovedovanja.

Vrednosti odpovedovanja celotnega sistema smo določili tako, da smo predhodno izračunali intenzivnosti odpovedovanja in MTBF za vsako komponento posebej. V tabeli 2 so prikazane vrednosti pri temperaturi okolja 25°C.

Komponenta	Intenzivnost odpovedi λ	MTBF
<i>Komponente z mikroprocesorjem</i>		
Marvell AP102	4,4693	$2,2375 \cdot 10^6$
PrimeSense PS1080-A2	5,3595	$1,8658 \cdot 10^6$
<i>Pomnilniki</i>		
Hynix 64MB DDR2 SDRAM	2,3176	$4,3149 \cdot 10^6$
ST 8 Mb NV Flash Memory	1,9897	$5,0258 \cdot 10^6$
<i>Polprevodniški elementi</i>		
Tranzistor Si FET (x17)	2,6196	$3,8174 \cdot 10^6$
Fairchild MOSFET	0,1105	$9,0496 \cdot 10^6$
Dioda (x20)	0,1233	$8,1121 \cdot 10^6$
<i>Upori</i>		
Upor (x530)	4,2931	$2,3293 \cdot 10^6$
<i>Kondenzatorji</i>		
Kondenzator (x435)	2,5826	$3,8720 \cdot 10^6$
<i>Logična vezja VHSIC/VLSI, CMOS</i>		

IR kamera	0,6359	$1,5725 \cdot 10^6$
RGB kamera	0,6359	$1,5725 \cdot 10^6$
NEC USB hub krmilnik	0,2413	$4,1446 \cdot 10^6$
TI USB audio krmilnik	0,1286	$5,3702 \cdot 10^6$
<i>Druge komponente in tiskana vezja</i>		
Električni motor	1,1418	$8,7582 \cdot 10^6$
Wolfson WM8737G Stereo ADC	0,1724	$5,8013 \cdot 10^6$
Analog Devices AD8694 <i>operacijski ojačevalnik</i>	0,1375	$7,2745 \cdot 10^6$
TI ADS7830I ADC (<i>A/D pretvornik</i>)	0,2767	$3,6138 \cdot 10^6$
Allegro A3906 (<i>motor driver</i>)	0,2767	$3,6138 \cdot 10^6$
Kionix MEMS accelerometer	0,0310	$3,2269 \cdot 10^6$

Tabela 3.2. Intenzivnost odpovedovanja komponent pri 25°C okolju.

Potrebno je omeniti, da se pri sami analizi pojavi nekaj problemov, med katerimi je najbolj očitna zastarelost samega standarda. Enačbe za izračun zanesljivosti so namreč na voljo le za tehnologijo izpred 20 let. Ker je Kinect najnovejši tehnološki produkt, bi tudi pri vseh znanih podatkih še vedno dobili oceno zanesljivosti, ki ne bi odražala realnega stanja.

Prav tako je pomembno poudariti, da na vrednost intenzivnosti odpovedovanja v veliki meri vpliva – poleg npr. števila aktivnih pinov in disipacije moči - kvalitetni razred izdelave, ki pa ni znan za nobeno komponento. Sami smo predpostavili komercialno kvaliteto, ki precej poslabša rezultate izračuna – dobimo tudi 30-krat slabše vrednosti kot bi jih pri izbiri npr. kvalitetnega razreda S. Rezultati so tako še bolj vprašljivi, če upoštevamo, da MIL ni namenjen analizi komercialnih produktov, pa tudi to, da se kvaliteta le-teh z leti praviloma izboljšuje.

Rezultati so torej približni, prav tako pa se izkaže, da je MIL dokaj pesimističen standard, ki podaja nekoliko slabše ocene.

3.3. Zanesljivost po IEC TR 62380

3.3.1. Pregled IEC TR 62380

IEC 62380 je standard mednarodne elektrotehnične komisije (International Electrotechnical Commission), ki namesto okoljskega faktorja uporablja misijske profile in vpliv termičnih sprememb, ki jim je naprava podvržena. Misijski profili vsebujejo način delovanja (vedno prižgan, *on/off* ipd.), temperaturna nihanja in število ciklov teh nihanj, ki so jim komponente izpostavljene.

Matematični model po IEC za integrirano vezje podaja enačba 1. Za verodostojno določitev zanesljivostnih faktorjev je upoštevanje pravih misijskih profilov ključno. Ostali parametri enačbe (število tranzistorjev, pinov ipd.) na končni rezultat vplivajo precej manj kot prispevek misijskih profilov.

$$\lambda = \left\{ \underbrace{\left\{ \lambda_1 \times N \times e^{-0.35 \times a} + \lambda_2 \right\} \times \frac{\sum_{i=1}^y (\pi_t)_i \times \tau_i}{\tau_{on} + \tau_{off}}}_{\lambda_{die}} + \underbrace{\left\{ 2.75 \times 10^{-3} \times \pi_a \times \underbrace{\left(\sum_{i=1}^z (\pi_n)_i \times (\Delta T_i)^{0.68} \right)}_{\lambda_{package}} \times \lambda_3 \right\}}_{\lambda_{package}} + \underbrace{\left\{ \pi_I \times \lambda_{EOS} \right\}}_{\lambda_{overstress}} \right\} \times 10^{-9} / h$$

Enačba 3.1. IEC matematični model za integrirano vezje.

Parametri modela:

- λ_1 – osnovna intenzivnost odpovedovanja na tranzistor,
- λ_2 – faktor intenzivnosti odpovedovanja glede na družino integriranih vezij,
- N – število tranzistorjev v integriranem vezju,
- A – [leto proizvodnje] – 1998,
- $(\pi_t)_i$ – i -ti temperaturni faktor od i -te temperature spoja glede na misijski profil integriranega vezja,
- τ_i – i -to razmerje delovnega časa integriranega vezja glede na i -to temperaturo spoja od misijskega profila,
- τ_{on} – seštevek delovnih časovnih razmerij integriranega vezja,
- τ_{off} – časovno razmerje, ko je integrirano vezje v skladiščenju ali nedelujoče $\tau_{on} + \tau_{off} = 1$,
- π_a – faktor vpliva razlike koeficientov temperaturne razteznosti med materialom za namestitvev in materialom pakiranja,
- $(\pi_n)_i$ – i -ti faktor vpliva letnega števila ciklov temperaturne variacije glede na pakiranje z amplitudo ΔT_i ,
- ΔT_i – i -ti faktor termične amplitudne variacije glede na pakiranje vezja,
- π_I – faktor vpliva glede na uporabo integriranega vezja (ali je vmesnik ali ni),
- λ_{EOS} – intenzivnost odpovedovanja v povezavi z električnimi preobremenitvami in načinom uporabe.

Kot je razvidno iz enačbe, je ta sestavljena iz treh delov, ki zajemajo:

- zgradbo in tip komponente (npr. čipa) – število tranzistorjev, leto izdelave, tip pakiranja;
- misijske profile, ki jim je podvržena komponenta;
- način delovanja (upoštevanje morebitnih preobremenitev komponente).

3.3.2. Analiza zanesljivosti

Faktorje odpovedovanja za Marvell AP102, 64MB DDR2 SDRAM pomnilnik in 8Mb Flash pomnilnik smo izračunali za tri različne skupine misijskih profilov:

- **Telecom, Ground profil:** konstantni temperaturni pogoji, naprava vedno prižgana.
- **Modificiran Telecom, Ground profil:** dodana temperaturna variacija 5°C.
- **Lasten profil:** 25°C ambient; predpostavljamo, da je Kinect prižgan 4 ure dnevno (0,1667 dneva) in večino tega časa aktivno deluje. Profil je sestavljen iz treh faz delovanja:
 - vklop/izklop: 25°C blizu komponent (5°C nihanje),
 - aktivno delovanje: 65°C blizu komponent (8°C nihanje),
 - mirovanje: 40°C blizu komponent (5°C nihanje).

Podobno kot pri izračuni po MIL standardu smo določene vrednosti parametrov sklepali iz podobnih komponent drugih proizvajalcev, od katerih nam je ustrezno dokumentacijo uspelo pridobiti. Ker so vsi tri komponente enakega tipa pakiranja (BGA – Ball Grid Array) in delujejo pri enakih misijskih profilih je bilo potrebno ustrezne enačbe nastaviti le enkrat, nato pa smo spreminjali šest parametrov (tabela 3.3):

- število tranzistorjev (N),
- število pinov (S),
- disipacijo moči (P),
- tri osnovne intenzivnosti odpovedovanja (λ_1 , λ_2 , λ_3), pridobljene iz tabel IEC standarda, na podlagi zgornjih treh parametrov in vrste čipov.

Dobljene odpovedi na milijon ur podaja tabela 3.4.

	N	S	P	λ_1	λ_2	λ_3
Marvell AP102	~5.000.000	456	0.5	3.4e-6	1.7	51.3
Hynix 512Mb DDR2	~512.000.000	84	0.1	1.0e-7	5.6	16.6
64Mb Flash	~8.000.000	48	0.1	2.6e-7	34	11.4

Tabela 3.3. vrednosti parametrov za komponente po IEC standardu.

	Marvell AP102	Hynix 512Mb DDR2	64Mb Flash
Telecom GB profil	0.00013954	0.00068655	0.000091018
Telecom GB profil z variacijo 5°C	0.037472	0.012767	0.0083872
Lasten profil	0.12613	0.04111	0.028047

Tabela 3.4. Rezultati (število odpovedi na milijon ur delovanja) po IEC TR 62380.

3.4. Ugotovitve

MIL je zastarel in ne omogoča točnih izračunov za novejša komponente. V veliki meri se zanaša na kvaliteto izdelave, o kateri nimamo podatkov, zato je verodostojnost rezultatov dvomljiva.

Izračuni kažejo, da je intenzivnost odpovedovanja sorazmerna s temperaturo okolja v katerem se naprava nahaja; pri višji temperaturi ambienta je pogostost odpovedi višja.

Enako velja za temperature spojev in temperature vezja ob delovanju, ki jih v upošteva standard IEC. Pri slednjem izbira misijskega profila ključno vpliva na dobljene rezultate.

Rezultati so v veliki meri odvisni tudi od disipacije moči in drugih termičnih lastnosti; spremembe drugih parametrov, kot so število nožic ali tranzistorjev v mikroprocesorju, so imele po standardu IEC na končni rezultat zanemarljiv vpliv.

Ocene zanesljivosti, ki jih podajata standarda MIL in IEC se očitno razlikujeta, saj se MIL izkaže za precej bolj pesimističnega. IEC upošteva precej več parametrov, hkrati pa v enačbah zajema novejša elektronske komponente. Predvidevamo, da so rezultati po standardu IEC bolj realni, vendar še vedno zgolj približki.

3.5. Viri

[1] Micron 1/2-Inch Megapixel CMOS Digital Image Sensor
http://www.frimecargentina.com.ar/betaorionis/mt9m001_1300_mono.pdf

[2] Kodak KAC-9618 CMOS Image Sensor
<http://www.kodak.com/global/plugins/acrobat/en/business/ISS/datasheet/cmos/KAC-9618LongSpec.pdf>

[3] Low Power CMOS Image Sensor

http://www.ims.fraunhofer.de/uploads/media/CMOS_Imager_for_Low_Power_Application_Fraunhofer_IMS.pdf

[4] WM8737: Stereo ADC with microphone preamp

<http://www.wolfsonmicro.com/products/adcs/WM8737/>

[5] FDS8984 N-Channel PowerTrench MOSFET

<http://www.fairchildsemi.com/pf/FD/FDS8984.html>

[6] uPD720114 USB 2.0 hub controller

<http://www2.renesas.com/usb/en/product/upd720114.html>

[7] Marvell PXA3xx (88AP3xx) Processor Family

http://www.marvell.com/products/processors/applications/pxa_family/PXA3xx_EMMS.pdf

[8] Hynix 512Mb DDR2 SDRAM

<http://www.hynix.com/datasheet/pdf/dram/HY5PS124%288,16%2921C%28L%29FP%28Rev0.4%29.pdf>

[9] 512Mb G-die DDR2 SDRAM Specification

http://www.samsung.com/global/system/business/semiconductor/product/2009/8/20/853992ds_k4t51xx3qg_800mbps_rev14.pdf

[10] Quad, Low Cost, Low Noise, CMOS Rail-to-Rail Output Operational Amplifier

<http://www.analog.com/en/all-operational-amplifiers-op-amps/operational-amplifiers-op-amps/ad8694/products/product.html>

[11] ADS7830

<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ads7830.html>

[12] Low Voltage Stepper and Single/Dual DC Motor Driver

http://www.allegromicro.com/en/Products/Part_Numbers/3906/3906.pdf

[13] TAS1020B

<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tas1020b.html>

[14] KXSD9 series

<http://www.kionix.com/accelerometers/accelerometer-KXSD9.html>

[15] Microsoft Kinect Teardown

<http://www.ifixit.com/Teardown/Microsoft-Kinect-Teardown/4066/1>

[16] Igor Vizec, *Analiza standardov za določanje zanesljivosti elektronskih komponent*, 2010

[17] IEC TR 62380, Reliability data handbook - Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment, First edition, 2004

[18] Andrej Jazbec, *Uporaba MIL-HDBK*, 2008

http://lrs.fri.uni-lj.si/sl/teaching/rzd/tutorials/vaja2_3/RZD_uporaba_MIL_HDBK.pdf

4. Programska oprema

4.1. Uvod

Kinect ima zaprtokodni programski paket, ki deluje samo na konzoli Xbox 360, zato le tega nismo mogli testirati. Odločili smo se, da bomo testirali gonilnike, ki jih je razvila odprtokodna skupnost. Le ti so namenjeni za uporabo z računalnikom. Poleg samih gonilnikov smo v testiranje vključili tudi vse knjižnice, od katerih so gonilniki odvisni.

Gonilniki so bili razviti s pomočjo treh odprtokodnih knjižnic: glut, pthreads in libusb. Knjižnice srečamo v velikem številu odprtokodnih projektov, zato nas je še toliko bolj zanimala njihova analiza.

4.2. Kratek opis testiranih gonilnikov in knjižnic

libfreenect

Programski paket razvit pod projektom OpenKinect je namenjen uporabi Xbox Kinect strojne opreme na računalniku ali drugem stroju. Programski paket je odprtokodni, razvija se tako za Window, Linux ter Mac. Večina izvorne kode je licencirane pod Apache 2.0 licenco.

Projekt se je začel novembra leta 2010. Mesec dni kasneje je svoje zanimanje do odprtokodnih gonilnikov pokazalo tudi podjetje PrimeSense, ki izdeluje PrimeSensor kamero za Xbox Kinect. Izdali so gonilnike ter aplikacijski vmesnik, kar je zelo pohitrilo in poenostavilo razvoj programskega paketa.

Glut

Odprtokodna knjižnica, ki omogoča enostavno izgradnjo grafičnega vmesnika v OpenGL tehnologiji. Namenjena je za hiter razvoj razmeroma enostavnih aplikacij.

Pthreads

Knjižnica namenjena za podporo razvoju večnitnim programom, ki so v skladu z POSIX 1003.0-2011 standardom.

Libusb

To je knjižnica, ki razvijalcem ponuja poedinjen dostop do usb naprave, ne glede na operacijski sistem računalnika.

4.3. Metoda testiranja

Pri testiranju programske opreme je pozornost usmerjena predvsem v kvaliteto napisane izvorne kode. Pomembni faktorji pri ocenjenju kvalitete so modularnost, berljivost, komentiranost kode in vse ostalo, kar omogoča lažje in hitreje odkrivanje ter odpravljanje napak. Rezultati takšne analize so predvideno število napak, možnost vzdrževanja in kompleksnost izvorne kode. Da bi si rezultate lažje predstavljali jih v večini primerov prikažemo v grafični obliki.

4.3.1. Število vrstic izvorne kode (SLOC)

Končni rezultat je:

- število vseh vrstic (LOCphy)
- število vrstic s programsko kodo(LOCpro)
- število vrstic s komentarji(LOCcom), število praznih vrstic(LOCbl)
- število podpičij
- število bločnih komentarjev

4.3.2. Ciklometrično kompleksnost (McCabejevo mero)

McCabejevo ciklometrično število $v(G)$ nam opiše povezanost programske kode. Z njim lahko ocenimo stopnjo vejitve programskega toka. Število predstavlja količino neodvisnih poti v programu. Kot rezultat dobimo tudi minimalno število testov, ki so potrebni za testiranje vsake vrstice programske kode.

Večje kot je število neodvisnih poti, slabše berljiv je program in več časa potrebujemo za njegovo razumevanje. Prav tako je potrebno večje število testov, da bi se prepričali v pravilno delovanje.

Ciklometrična kompleksnost je neodvisna od podatkovnih struktur, ker upošteva samo programski tok. Iz tega izhaja, da samo stavki, ki spreminjajo programski tok lahko vplivajo na njeno mero. V spodnji tabeli so prikazani faktorji posameznih ukazov.

Stavek	Sprememba v(G)	Opis
IF () THEN	+1	Prispeva odločitev, ker se programski tok lahko preusmeri. Enako velja tudi za vse ELSE IF stavke.
ELSE	0	Ne prispeva dodatne odločitve, ker se zgodi ali IF ali ELSE (prispevek upoštevamo samo enkrat).
SWITCH () CASE	+1	Za vsak CASE se prišteje ena. V kolikor izdelamo OR funkcijo (več zaporednih CASE) se programski tok lahko spremeni samo enkrat, zato je prispevek še vedno ena.
SWITCH() DEFAULT	0	DEFAULT ne prispeva dodatne vrednosti iz istega razloga kot ELSE. Njegov prispevek je upoštevan že pri CASE primeru.
FOR ()	+1	Odločitev se izvede na začetku zanke in sicer ali nadaljevati z iteracijo ali ne.
WHILE () DO	+1	Velja enako kot za FOR zanko.
DO	0	Brezpogojni stavek, zato ni tudi nobene odločitve.
TRY {} CATCH	+1	Zaradi možnosti napake, obstaja možnost da se bo programski tok preusmeril v CATCH blok.

Tabela 4.1. - Sprememba vrednosti v(G) glede na programski stavek

Iz tabele izhaja, da popolnoma sekvenčni programi (torej tisti, ki ne vsebujejo "pogojnih skokov") imajo $v(G) = 1$, ker obstaja samo ena možna pot izvajanja.

Dobro berljivi programi naj bi po izkušnjah imeli $v(G) \leq 10$. Za vse, ki imajo to vrednost večjo, obstaja velika verjetnost, da ne bojo v popolnosti stestirani.

4.3.3. Halsteadove mere

Predstavljajo tekstovno analizo izvorne kode. Izvorno kodo razdelijo na operatorje in operande. Najprej se izračunajo osnovne vrednosti, na podlagi katerih se matematično določijo tudi vse ostale.

Osnovne vrednosti so:

- n_1 – Število različnih operatorjev
- n_2 – Število različnih operandov
- N_1 – Število vseh operatorjev
- N_2 – Število vseh operandov

Ostale vrednosti so določene ekskluzivno na podlagi osnovnih vrednosti.

N – dolžina programa

Dolžina programa predstavlja skupno število operatorjev in operandov prisotnih v izvorni kodi.

$$N = N1 + N2$$

n – slovar programa

Predstavlja skupno število različnih operatorjev in operandov.

$$n = n1 + n2$$

V – volumen programa

Volumen programa opisuje velikost implementacije algoritma. Služi kot eden izmed vhodov za oceno možnosti vzdrževanja.

Opisuje velikost algoritma v izvorni kodi in je eden izmed vhodnih parametrov pri oceni možnosti vzdrževanja(MI). Funkcije, ki zasedajo eno vrstico in nimajo parametrov imajo običajno vrednost okrog 20. V kolikor določena funkcija preseže vrednost 1000 pravimo da opravlja prevelik obseg nalog.

Pomemben je tudi volume posameznih datotek. Priporočljivo je, da je le ta med 100 in 8000. Na tak način se izognemo preveč trivialnim ali preveč kompleksnim datotekam.

$$V = N \log_2 n$$

D – težavnost programa

Je proporcionalna vrednost razmerja med celotnim številom operandov in številu različnih operandov. Vrednost je osnovana na predpostavki, da je verjetnost napake večja tem večje je število različnih operatorjev ali tem večkrat se uporabi isti operand.

$$D = \frac{n1}{2} \frac{N2}{n2}$$

E – težavnost implementacije

Predstavlja težavnost razumevanja programa. Odvisna je od volumna in težavnosti programa.

$$E = D * V$$

B – ocena števila napak

Ocenjuje število napak v posamezni funkciji ali datoteki izvorne kode. Halstead je formulo določil empirično.

$$B = \frac{E^{2/3}}{3000}$$

4.3.4. Indeks možnosti vzdrževanja (MI)

Ob dodajanju novih funkcij v programsko kodo se začetno načrtovana arhitektura sčasoma ne upošteva več, kar pripravlja do slabše organiziranosti kode. Berljivost in vzdrževanje postaja vedno težja. Pravimo, da se večja kompleksnost programske kode.

S pomočjo MI ocenimo možnost vzdrževanja programske kode in odkrijemo možna tveganja v povezavi z kompleksnostjo kode v prihodnosti. Z drugimi besedami, MI nam pove če je program dobro napisan ali ne.

Za izračun MI potrebujemo naslednje količine:

- $aveV$ – velikost slovarja(V) na razred
- $aveG$ – povprečna ciklomatična kompleksnost v(G) na razred
- $aveLOC$ – povprečno število vrstic (LOCphy) na razred
- $perCM$ – povprečen procent vrstic s komentarji na razred

MI izračunamo za vsako funkcijo, razred in strukturo, za vsako datoteko ter za vse datoteke skupaj. Na podlagi različnih izračunov ločimo:

- MI_{woc} – MI brez upoštevanja komentarjev

$$MI_{woc} = 171 - 5,2 * \ln aveV - 0,23 * aveG - 16,2 * \ln aveLOC$$

- MI_{cw} – utež komentarjev pri MI

$$MI_{cw} = 50 * \sin \sqrt{2,4 * perCM}$$

- MI – indeks možnosti vzdrževanja

$$MI = MI_{woc} + MI_{cw}$$

Vrednost MI (s komentarji) lahko na grobo kategoriziramo:

- ≥ 85 lahko vzdrževanje
- 65-85 srednja težavnost vzdrževanja
- < 65 težavno vzdrževanje

4.4. Uporabljena programska oprema

Na tržišču obstaja veliko programov namenjenih statičnemu testiranju programske opreme (to je testiranje, pri katerem se program ne izvaja). Odločili smo se za uporabo programa Testwell CMT++, ki zgenerira podatke analize v tabelarični obliki. Za olajšat razumevanje in prikaz podatkov se uporablja grafično okolje istega proizvajalca – Verybench, ki pa ga žal nismo uspeli dobiti.

Program, ki smo ga izbrali, nam izračuna vse potrebne matrike. Kot vhodne podatke prejme mejne vrednosti matrik za funkcije in datoteke. Kot izhodne podatke pa nam vrne poročilo z vsemi potrebnimi podatki, ki jih orodje Verybench predstavi v obliki grafov. Grafi se izrišejo samo za celoten projekt.

Opomba:

Bralca je potrebno opozoriti da matrika ocene števila napak velja le za nivo posamezne datoteke.

Kratek opis vrste prikazanih grafov

- Kiviatov diagram – prikazuje odmike matrik od idelnih vrednosti
- Povezanost dolžine izvirne kode (LOCpro) posameznih datotek v primerjavi z njihovim največjim številom gnezdenih oklepajev (maxND)
- Število funkcij posamezne vrednosti v(G)
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti LOCpro
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti perCM
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti MI
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti V

4.5. Rezultati testiranja

4.5.1. Openkinect

v(G)	1614
MI (brez komentarjev)	77
MI (teža komentarjev)	34
MI	111

Število datotek	15
Število funkcij	326
LOCphy	13928
LOCbl	1249
LOCpro	9657
LOCcom	3543
;	7923

Tabela 4.2. - Podatki za libfreenect programski paket

Measure	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits
Cyclomatic number v(G)	2	13	1-100	21	6	1-15
Program lines LOCpro	2	13	4-400	60	18	4-40
Comment %	13	86	30-75	165	50	30-75
Volume V	9	60	100-8000	70	21	20-1000
Estimated number of bugs B	9	60	0-2	0	0	n/a
Maintainability index MI	0	0	65-	11	3	65-
Total	35	38		327	20	

Tabela 4.3. – Povzetek testiranja libfreenect

4.5.2. Libusb

v(G)	2343
MI (brez komentarjev)	73
MI (teža komentarjev)	21
MI	95

Število datotek	44
Število funkcij	409
LOCphy	23116
LOCbl	3210
LOCpro	17674
LOCcom	2334
;	7044

Tabela 4.4. - Podatki za libusb knjižnico

Measure	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits
Cyclomatic number v(G)	7	15	1-100	39	9	1-15
Program lines LOCpro	13	29	4-400	105	25	4-40
Comment %	38	86	30-75	280	68	30-75
Volume V	19	43	100-8000	112	27	20-1000
Estimated number of bugs B	19	43	0-2	0	0	n/a
Maintainability index MI	3	6	65-	35	8	65-
Total	99	37		571	27	

Tabela 4.5. – Povzetek testiranja libusb

4.5.3. Glut

v(G)	13799
MI (brez komentarjev)	83
MI (teža komentarjev)	21
MI	104

Število datotek	546
Število funkcij	5052
LOCphy	204291
LOCbl	26633
LOCpro	156973
LOCcom	23414
;	87293

Tabela 4.6. - Podatki za glut knjižnico

Measure	546 Files			5052 Functions		
	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits
Cyclomatic number v(G)	20	3	1-100	161	3	1-15
Program lines LOCpro	108	19	4-400	753	14	4-40
Comment %	464	84	30-75	3243	64	30-75
Volume V	254	46	100-8000	983	19	20-1000
Estimated number of bugs B	232	42	0-2	0	0	n/a
Maintainability index MI	23	4	65-	220	4	65-
Total	1101	33		5360	21	

Tabela 4.7. – Povzetek testiranja glut

4.5.4. Pthreads

v(G)	1370
MI (brez komentarjev)	77
MI (teža komentarjev)	35
MI	113

Število datotek	283
Število funkcij	452
LOCphy	34090
LOCbl	4126
LOCpro	12334
LOCcom	17814
;	5770

Tabela 4.8. - Podatki za pthreads knjižnico

Measure	283 Files			452 Functions		
	Alarmed	%	Limits	Alarmed	%	Limits
Cyclomatic number v(G)	0	0	1-100	7	1	1-15
Program lines LOCpro	1	0	4-400	76	16	4-40
Comment %	22	7	30-75	259	57	30-75
Volume V	21	7	100-8000	95	21	20-1000
Estimated number of bugs B	2	0	0-2	0	0	n/a
Maintainability index MI	0	0	65-	1	0	65-
Total	46	2		438	19	

Tabela 4.9. – Povzetek testiranja pthreads

4.6. Komentar rezultatov

Ciklometrična kompleksnost v(G)

Če gledamo na nivoju datotek izstopata pthreads, pri katerem vse datoteke ustrezajo kriterijem, in libusb, kjer je kar 15% datotek ocenjenih kot preveč kompleksnih.

Skupna ocena bi torej bila, da so v povprečju funkcije in datoteke dovolj razdrobljene, obstajajo pa nekaj funkcij, za katere bi veljajo razmisliti o njihovi predelavi.

Helsteadove metrike

Pri metrikah V in B povprečna vrednost volumna na funkcijo krepko presega najvišjo dovoljeno vrednost, pri openkinect knjižnici ima kar 60% datotek prevelik volumen. To nam govori o tem, da so posamezni moduli v teh knjižnicah preobsežni in bi jih veljajo razdeliti. Le pri knjižnici pthreads je delež dokaj majhen (7%) . Če pogledamo izvlečke iz končnih poročil za posamezen program opazimo, da sta metriki B in V tesno povezani saj se deleža datotek, ki ne ustrezajo kriterijem, ne razlikuje za več kot 2%. Pri večini programov je ta celo enak, kar daje slutiti da so moduli, ki vsebujejo preobsežne funkcije, bolj nagnjeni k napakam.

Indeks vzdrževanja MI

Iz vrednosti MI za analizirane programe/knjižnice vidimo, da je ta programska oprema razmeroma enostavna za vzdrževanje, saj je vrednost MI pri vseh nad 85. Najvišjo vrednosti MI ima knjižnica pthreads, najnižjo pa libusb.

4.7. Viri

[1] OpenKinect Project. Libfreenect software – programski paket.

http://openkinect.org/wiki/Main_Page

[2] Odprtokodna knjižnica libusb-win32

<http://sourceforge.net/projects/libusb-win32/>

[3] Knjižnica pthreads-win32. POSIX 1003.0-2011 standard.

<http://sourceware.org/pthreads-win32/>

[4] Odprtokodna glut knjižnica za GUI – OpenGL.

<http://www.xmission.com/~nate/glut.html>

[5] Orodje za testiranje Testwell CMT++ in CMTJava

http://www.verifysoft.com/en_cmtx_verybench.html

5. Markovska analiza

5.1 Uvod

Teoretično ozadje MA

Veliko let so bile metode, ki so uporabljale Markovske modele in Markovsko analizo, postavljene ob stran in se niso veliko uporabljale, vsaj kar se tiče zanesljivostnih analiz. Definirana je z IEC 61508 standardom ("Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems"), ki se uporablja za analizo varnostnih vidikov v industriji.

Z uporabo programske opreme je Markovska analiza postala bolj uporabljeno orodje kot v preteklosti, saj je poenostavila kompleksne Markovske analize. Le-te so postale enostavnejše.

Deterministični model predvideva točno določene prehode med stanji, stohastični pa definira več različnih možnih, uteženih z njihovo verjetnostjo. Stohastični model je matematični model naravnega pojava. Pri analizi zanesljivosti uporabljamo stohastične modele za stanj v odvisnosti od časa.

Kaj je Markovska analiza

V markovskih verigah so prehodi odvisni le od trenutnega stanja. Prejšnja stanja ne vplivajo na odločitev o prehodih. Markovska analiza tako opazuje zaporedje prehajanj med stanji in upošteva, da določenemu stanju sledi drugo stanje.

Pri uporabi analize uporabimo čas kot odvisno spremenljivko, ki je lahko diskretna ali zvezna.

Markovske verige in procesi

Za markovsko analizo obstajata dve metodi: Markovske verige (diskretna stanja in čas) in Markovski procesi (zvezna stanja). Prehodi med stanji so lahko zmeraj enaki (homogena veriga) ali se spreminjajo (nehomogena veriga).

Markovski modeli se tako pri analizi zanesljivosti uporabljajo, ko dogodki, kot so napake (failure) in popraviljanje modulov lahko nastopijo kadar koli. Markovski model definira verjetnosti prehodov iz enega znanega v drugo logično stanje (npr. iz stanja ko vse naprave delujejo, v stanje ko ena naprava ne deluje, v stanje ko 2 napravi ne delujeta in tako naprej) dokler, odvisno od opazovanega sistema, sistem ni dosegel zadnjega stanja (angl. system failure). Glavna predpostavka sistema je to, da imamo sistem brez pomnjenja.

Popravljalnost

V primeru, da pridemo v stanje, ki pomeni napako, lahko definiramo verjetnost povratka v prejšnje delujoče stanje.

Zanesljivost

Druge metode (npr. FTA) za razliko od Markovske analize pogosto predpostavljajo popolno neodvisnost med komponentami in lahko z uporabo ene same metode pridemo do (pre)optimističnih napovedi o zanesljivosti sistema.

Prednosti pred ostalimi metodami:

- omogoča enostavno modeliranje (za kompleksnejše matematično ozadje),
- uporablja zaporedja dogodkov (pogosto nas zanima verjetnost dogodka v odvisnosti od prejšnjih stanj, ki jih je z drugimi orodji težko izračunati).
- definira tudi popravljivost,
- uporablja degradirana stanja (težek opis z uporabo FMEA in FTA).

Slabosti

Z večanjem sistema narašča število stanj (10 komponent z 2 stanji, pomeni 1024 različnih stanj sistema), kar pomeni da bodo grafi vse kompleksnejši in računanje bo časovno zelo zahtevno. Zato lahko razdelimo analizo na več podsistemov in rezultate analiz podsistemov združimo -> težimo k zmanjšanju številu stanj

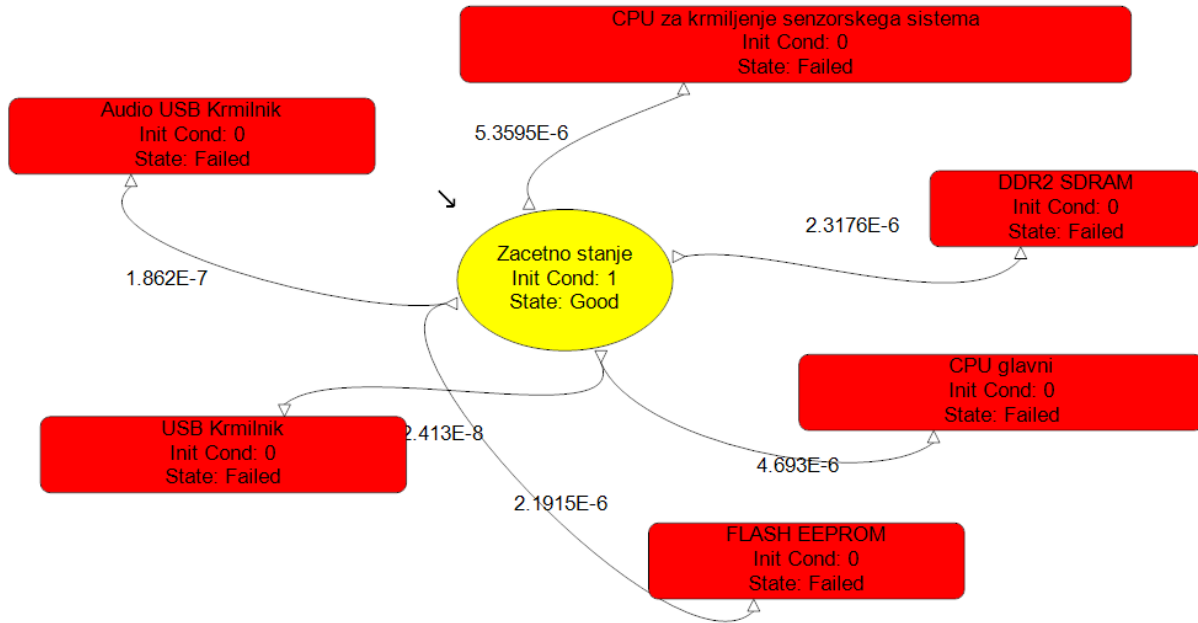
Standardi za markovsko analizo:

- IEC 61165
- IEC 61508

5.2 Zanesljivost elektronskih vezij in čipov

Vezja in čipi, ki smo jih obravnavali:

- USB krmilnik
- Audio krmilnik
- SDRAM
- Flash EPROM
- Mikroprocesor za krmiljenje senzorski sistem
- Mikroprocesor za krmiljenje celotnega sistema



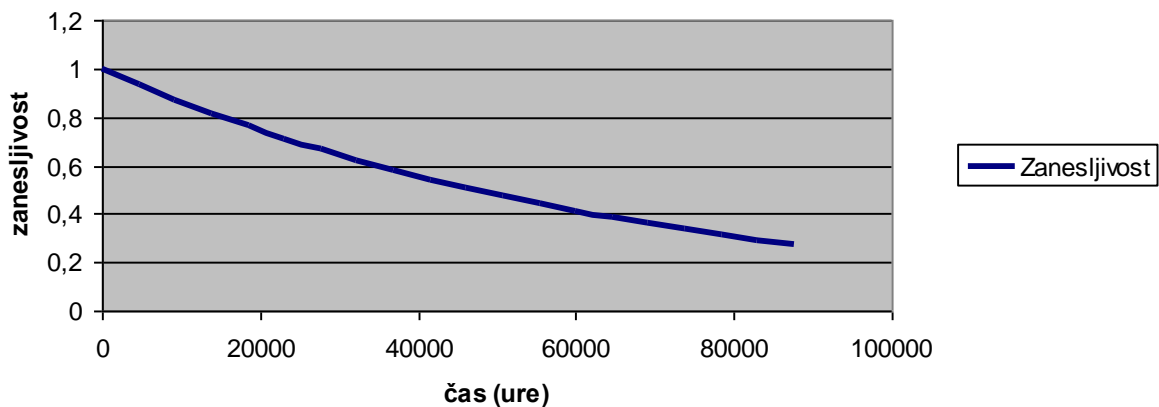
Slika 5.1: Diagram prikazuje začetno delujoče stanje in 6 nedelujočih (»FAIL«) stanj.

Za obdobje 10 let so zanesljivosti prikazane v sledeči tabeli in grafu:

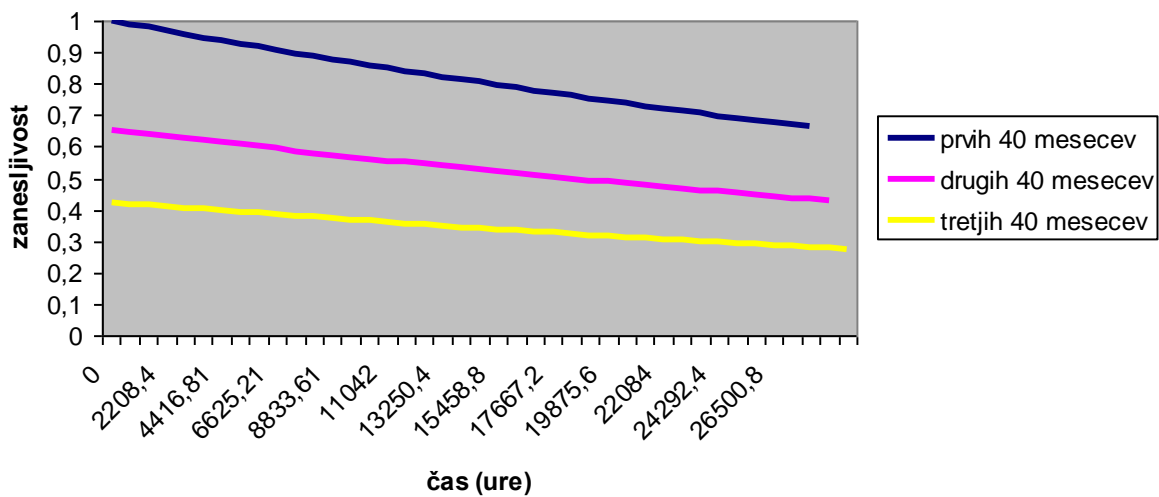
Time	Reliability
0	1.000000
4610.53	0.934161
9221.05	0.872656
13831.58	0.815201
18442.11	0.761529
23052.63	0.711391
27663.16	0.664553
32273.68	0.620800
36884.21	0.579927
41494.74	0.541745
46105.26	0.506077
50715.79	0.472757
55326.32	0.441631
59936.84	0.412555
64547.37	0.385392
69157.89	0.360018
73768.42	0.336315
78378.95	0.314172
82989.47	0.293488
87600.00	0.274165

Slika 5.2: Vidimo da je po 10 letih oz. 87600 urah zanesljivost delovanja komponent le še 27%.

Zanesljivost elektronskih vezij in čipov v 10 letih



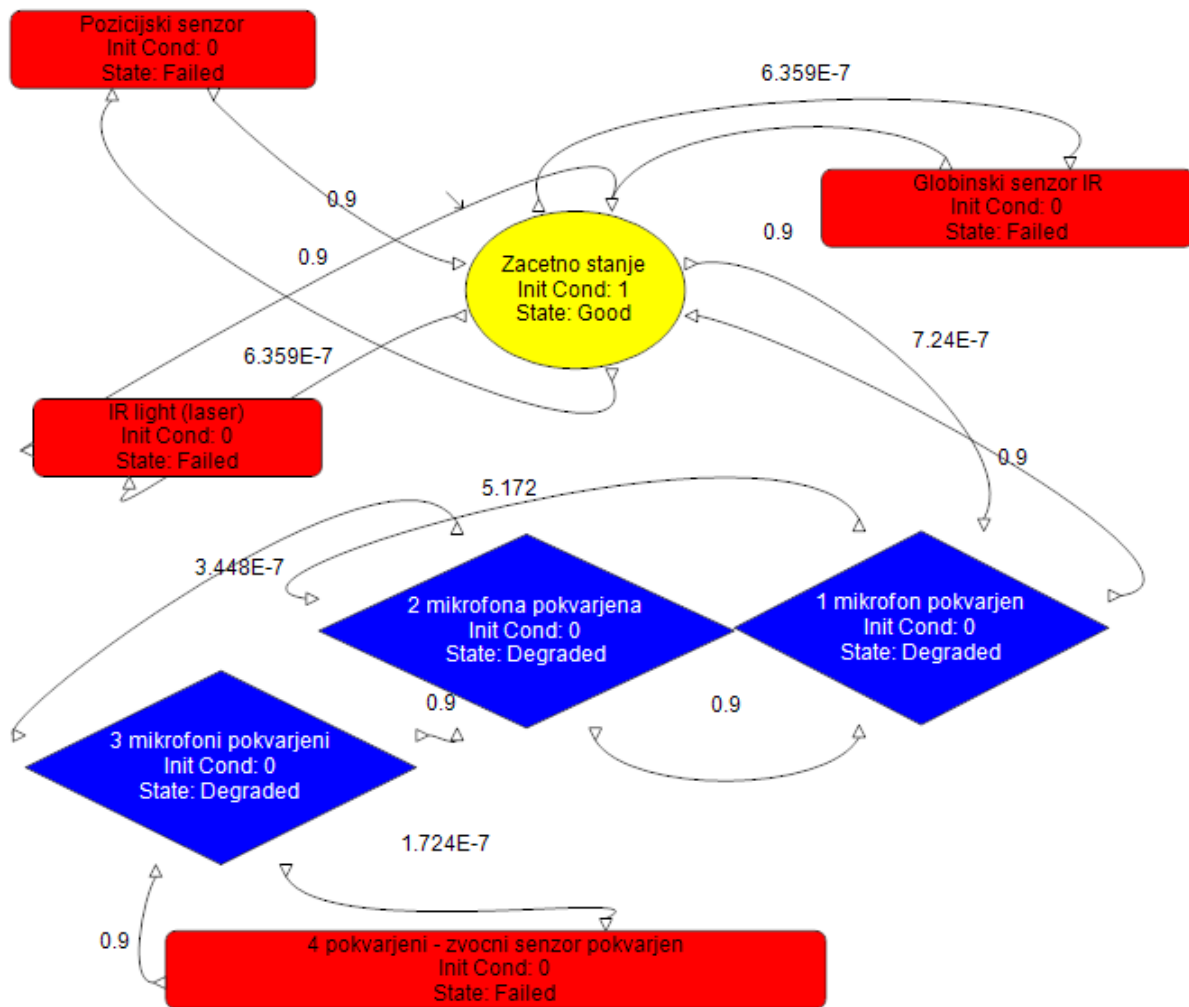
Zanesljivost elektronskih vezij in čipov po posameznih obdobjih



5.4 Zanesljivost vhodnih in senzorskih enot

Vhodne in senzorske enote, ki smo jih obravnavali:

- Pozicijski senzor
- Globinski senzor
- IR senzor/laser
- 4x mikrofoni

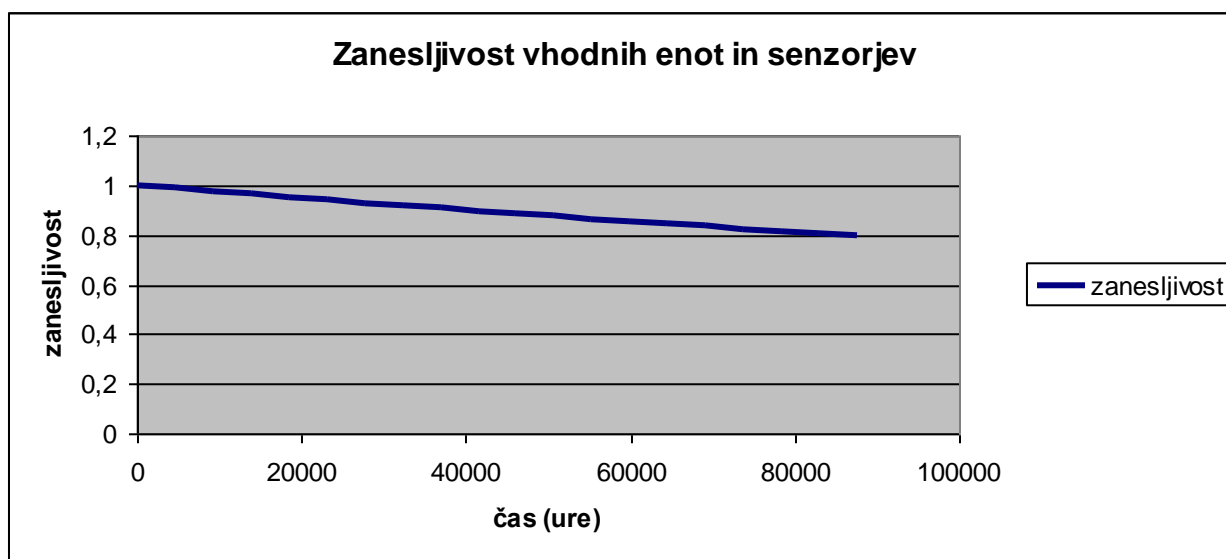


Slika 5.3: Markovski diagram prikazuje zanesljivost senzorskih komponent. Okvara vseh razen mikrofонов vodi v nedelujoče stanje, vendar je komponente možno tudi zamenjati (povratne povezave z verjetnostjo 0.9).

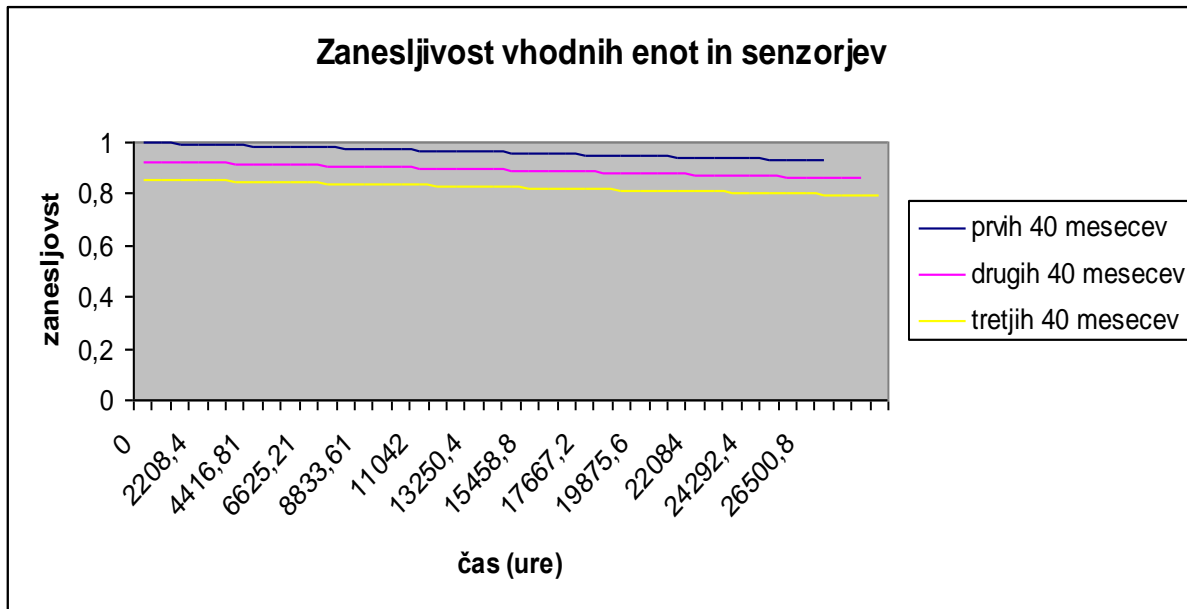
Spodnja tabela prikazuje zanesljivost za obdobje 10 let:

Time	Reliability
0	1.000000
4610.53	0.987940
9221.05	0.976025
13831.58	0.964254
18442.11	0.952625
23052.63	0.941136
27663.16	0.929786
32273.68	0.918572
36884.21	0.907494
41494.74	0.896550
46105.26	0.885737
50715.79	0.875055
55326.32	0.864501
59936.84	0.854075
64547.37	0.843775
69157.89	0.833599
73768.42	0.823546
78378.95	0.813613
82989.47	0.803801
87600.00	0.794107

Slika 5.4: Zanesljivost senzorskih komponent je po 10 letih se skoraj 80%. Visoka zanesljivost je posledica možnosti popravila z 90% uspešnostjo.



Spodnji graf pa prikazuje seZanesljivost po posameznih obdobjih.



5.4 Interpretacija rezultatov

Zaradi omejenosti orodja RELEX smo se odločili, da bomo Kinect-a analizirali iz 2 vidikov, in sicer elektronska vezja in čipe ter vhodne enote in senzorje.

Neposredno iz grafov je razvidno, da je zanesljivost delovanja elektronskih vezij in čipov Kinect-a po 10 letih le še 27% medtem ko je zanesljivost vhodnih in senzorskih enot blizu 80%. Razlog veliki razliki v odstotkih je v tem, da so vse zgoraj naštetje komponente integrirane na vezje in jih ni mogoče menjati. Torej ko neka elektronska komponenta preide v stanje »failed« se v to stanje postavi celoten sistem. Popravila posameznih komponent pa ni možno.

Dodatna opomba je potrebno podati, tudi pri naši analizi vhodnih enot in senzorjev, saj smo predpostavljali, da naprava deluje v »okrnjenem« tudi če odpove eden, dva ali trije mikrofoni.

5.5 Zaključek

Rezultati markovske analize so odvisni od zanesljivosti posameznih komponent, katere so podane s parametrom λ (lambda). Te podatke proizvajalci ne podajajo, zato jih lahko samo le približno ocenimo glede na elemente, ki sestavljajo komponento.

Pri naši analizi smo ocenili zanesljivost delovanja naprave Microsoft Kinect, tako da smo ocenili komponente, ki v interakciji z uporabnikom ter samo vezje naprave. Glede na sestavo naprave, smo predpostavili, da se senzorske komponente lahko menjavajo, če pride do okvare. Večji problem pa je okvara samega vezja oz. čipov. Ti so integrirani v vezje in se jih ne da preprosto menjati. Glede na naše podatke smo prišli do ugotovitve, da je verjetnost da naprava deluje še po 5 letih 50 odstotna, po 10 letih pa le še 30 odstotna. Ker smo predpostavili, da se senzorje lahko menja, ti ne vplivajo močno na

zanesljivost naprave, čeprav smo predpostavili »le «90% uspeha pri zamenjavi. Glavna šibka točka naprave je njeno vezje (CPU, pomnilnik in krmilniki).

Za ocenjevanje smo uporabili doslej uporabljeno poskusno različico orodja Relex, preizkusili pa smo tudi nekomercialen program z imenom SHARPE , s katerim smo testirali zanesljivost vezja. Ugotovili smo da daje Markovska analiza zanesljivosti obeh orodij enake rezultate, kar kaže na pravilno delovanje programske opreme. Če pa bi želeli da so rezultati analize še bolj realni, pa bi morali parametre zanesljivosti λ dobiti od samega proizvajalca, kar pa je praktično nemogoče, saj podjetja te podatke raje prikrivajo. Z njimi je namreč mogoče realno oceniti čas delovanja naprave in njene šibke člene. Vseeno pa lahko s pomočjo Markovske analize in primerjave s kakšno drugo metodo dobimo grobo oceno o zanesljivosti delovanja naprave.

6 FTA

6.1 FTA analiza

Metodologijo odpovedovanja računalniških sistemov imenujemo FTA (Fault Tree Analysis). Ta metoda je bila razvita v začetku 60-ih let prejšnjega stoletja za potrebe ameriškega vojaškega letalstva. Čez čas se je ta metoda razvila in razširila za misijsko kritične računalniške sisteme, kot so na primer: avtomatizirani kontrolni sistemi v jedrskih elektrarnah, računalniški sistemi v letalstvu, v vesoljskih plovilih ipd.

FTA je deduktivna metoda diagnostike in prav zaradi deduktivnosti je analiza lahko subjektivna. To pomeni, da je vsaka ugotovitev posledica predhodne ugotovitve, saj iz ene ugotovitve sklepamo na drugo. Pri tem se pojavi problem, saj želimo vsak diagram natančno in podrobno analizirati oziroma, ga želimo analizirati in s tem obvladati iz vseh njegovih možnih načinov odpovedi. Da do napak ne bi prihajalo, večina strokovnjakov na tem področju priporoča sledenje postopkom in uporabo že testiranih, preizkušenih in veljavnih podatkov iz drugih specifičnih analiz, kot je, na primer, analiza zanesljivosti sistema po MIL standardu.

FTA analiza je predstavljena z drevesno strukturo, h kateri spada koren in listje. To pomeni, da je koren drevesa predstavljen kot glavni način odpovedi nekega sistema, njegovi listi pa predstavljajo glavni vzrok odpovedi. To imenujemo "drevo odpovedi" in ga gradimo iz zgoraj navzdol (top-down pristop), to pomeni, da izhaja iz korena proti listom tako, da vsako napako oziroma ne željen dogodek lahko definiramo in s tem rešujemo na več možnih načinov, kako se je lahko zgodil. Listi preko logičnih operatorjev, kot so AND, OR, XOR in glasovalnik, vodijo do ne željenega dogodka. Verjetnosti listov vedno izhajajo iz meritev na terenu v dobi eksploatacije in iz faze testiranja. Do "odpovedi" listov pride zaradi odpovedi opreme (SW, HW), človeške napake, raznih zunanjih vplivov (vreme, vlaga...).

Pri tem je pomembno dobro poznavanje sistema. Za dobro preglednost reševanja, dogodke ponavadi povezujemo s konvencionalnimi logičnimi vezniki, kot so IN, ALI, ekskluzivni ALI). Kako globoko bo segel razvoj drevesa ni znano oziroma definirano, saj je odvisno od primera do primera – ponavadi se dodaja dogodke vse dokler se ne doseže neke obvladljive stopnje. Pogosto sega globina drevesa do integriranega vezja, skoraj nikoli pa ne seže v interno arhitekturo samih čipov.

Standardi FTA predpisujejo, da mora metoda analize vrniti končni rezultat v obliki verjetnosti odpovedovanja. Pri tem moramo osnovnim vzrokom odpovedi določiti njihove verjetnosti in intenzivnosti odpovedovanja. Pri tem imamo možnost izbire, in sicer, da ponekod lahko te verjetnosti in intenzivnosti določimo sami, druga možnost pa je strogo priporočena s strani standardov in pomeni, da te verjetnosti dobimo iz drugih analiz. Lahko rečemo, da je to ena glavnih slabosti FTA analize. Te verjetnosti se težko določajo brez subjektivnega ocenjevanja in zato je potrebno te rezultate podrobno pregledati in jih bolj kritično uporabiti.

Ponavadi množice vzrokov odpovedi združimo v t.i. minimal cut-sets. To imenujemo minimalne podmnožice aktivnih listov. Njihova značilnost je, da odpoved vseh listov oziroma osnovnih vzrokov pelje do odpovedi korena. Poleg teh vrst primerov obstajajo primeri, kjer pa takšne množice nimajo praktične uporabe, ker vsi listi predstavljajo minimalni cut-set. O takšni vrsti odpovedi govorimo takrat, ko so vsi vzroki odpovedi enakovredni. Takšni sistemi vsebujejo OR vrata. Če želimo, da je sistem čim bolj zanesljiv, mora biti v FTA čim manj OR vezav in čim več vhodnih AND vezav.

FTA analizo izvedemo z nekaj koraki:

določimo objekt opazovanja

določimo načine odpovedi in njihove vzroke (n odpoved $\rightarrow n$ FTA dreves)

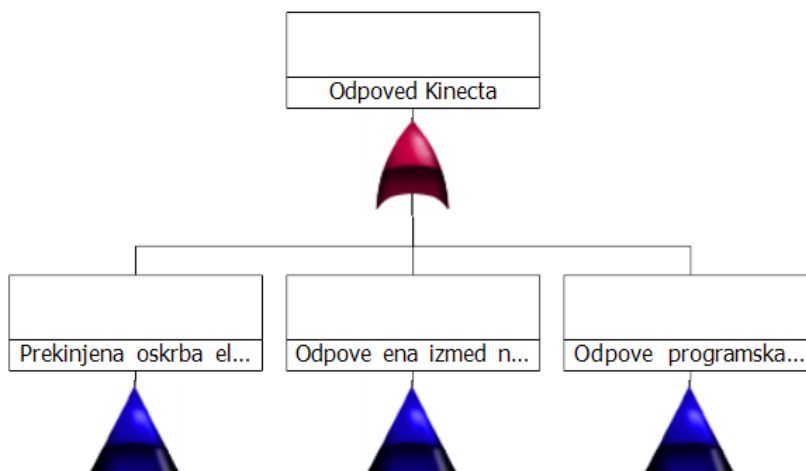
določimo n drevesnih struktur

analiziramo vsa dejanja drevesne strukture in določimo minimalni *cut-set* ter vsakemu listu določimo verjetnost njegovega pojava.

FTA metoda ima tudi nekatere slabosti. Prva slabost je subjektivnost, zahtevke velikega znanja za statistične ocene in ena FTA analizira le en način odpovedi, to pomeni, da zato potrebujemo več FTA dreves.

Pogosto se dogajajo tudi napake in sicer, da se zanemarja človeške napake in zunanje dogodke, saj smo preveč osredotočeni na samo odpoved opreme.

6.2 Vzroki in načini odpovedi



Slika 6.1: Osnovno FTA drevo odpovedi Kinecta.

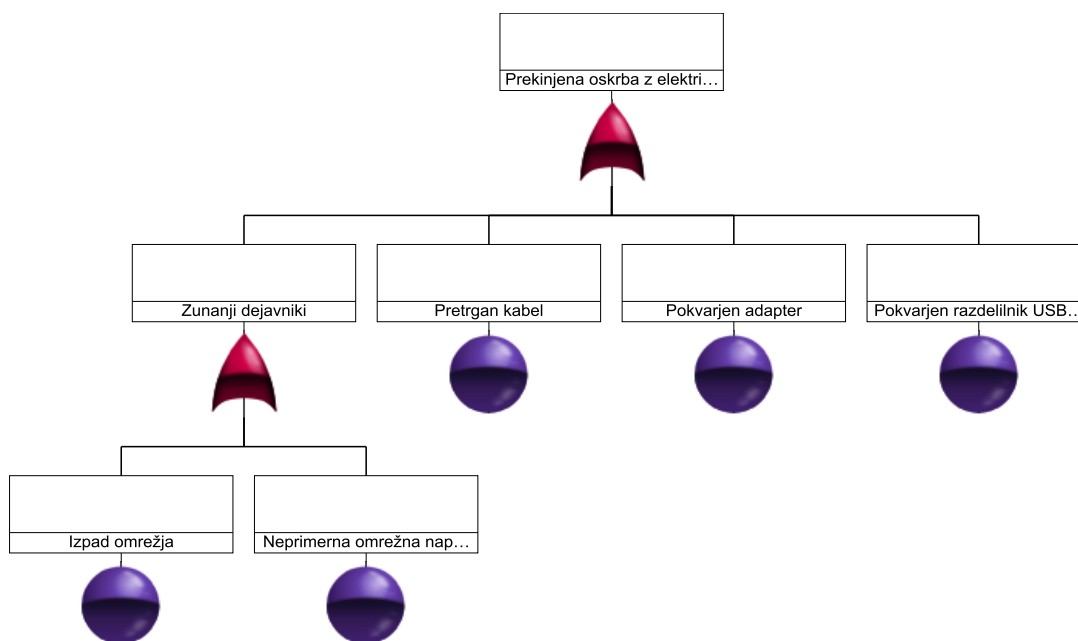
Korenski element FTA drevesa odpovedi je odpoved naprave Kinect. Do tega stanja nas lahko pripelje več dogodkov (poddreves), ki so prikazani na *sliki 6.1*. Razdeljeni v sledeče tri kategorije:

- Prekinjena oskrba z električno energijo
- Odpove ena izmed notranjih komponent
- Odpove programska oprema

Poleg drevesa, katerega korenski element je odpoved naprave, imamo tudi drevo, katerega korenski element je degradirano stanje naprave. To drevo si bomo ogledali v kasnejšem poglavju.

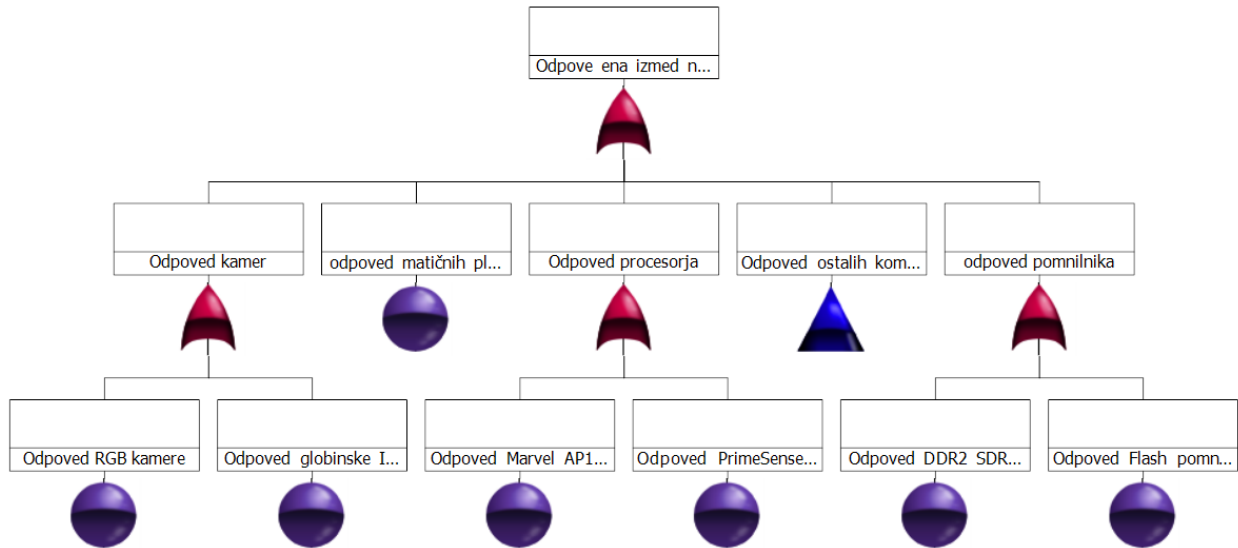
6.2.1 Prekinjena oskrba z električno energijo

Naprava odpove če pride do problemov z oskrbo z električno energijo. Kot je razvidno iz *slike 6.2* je možnosti za ta dogodek več, kot na primer nihanje napetosti v električnem omrežju. Pri previsoki napetosti ali toku naprava odpove. Odpoved je lahko tudi trajna. Do odpovedi sistema pride tudi, če se na omrežju pojavi kaka napaka in se zaradi napake omrežje preventivno izklopi. Brez napajanja pa naprava ne deluje. Ker na te dejavnike uporabnik nima vpliva se ti klasificirajo kot zunanji dejavniki. Do odpovedi sistema pride tudi v primeru, če je napajalni kabel pretrgan ali pa je poškodovan priključek. Posledica enega izmed vzrokov je sistemska odpoved. Zato so vsi vzroki za odpoved povezani preko OR vrat. Sama verjetnost teh odpovedi je majhna, toda do natančnih podatkov bi bilo težko priti.

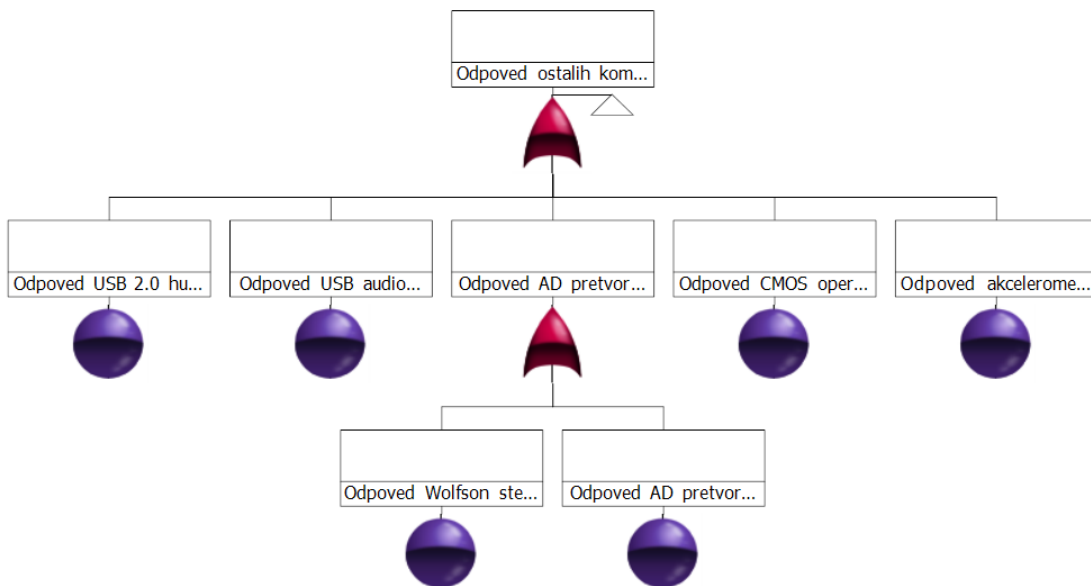


Slika 6.2: FTA drevo prekinjene oskrbe z električno energijo.

6.2.2 Odpoved ene izmed notranjih komponent



Slika 6.3: FTA drevo odpovedi ene izmed notranjih komponent.



Slika 6.4: FTA drevo odpovedi ene izmed notranjih komponent (2. del).

Odpoved kamer

Kinect ima RGB kamro in IR kamero (slika 6.3), ki mu omogoča globinsko zajemanje slike. Kamere so torej uporabnikova interakcija z napravo na katero je priključen Kinect. Odpoved katerekoli od kamer vodi k nedelovanju sistema. Napake se lahko pojavijo zaradi strojne (tovarniške) napake, delovanja v ekstremnih razmerah ali pa zaradi povsem človeškega faktorja (umaže se leča kamere, zakrije se kamero, fizična poškodba...).

Odpoved matičnih plošč

Kinect ima tri osnovne plošče na katerih se nahajajo komponente (slika 6.3). Na posameznih ploščicah imamo množico tranzistorjev, diod, kondenzatorjev in uporov. Odpovedi teh elementov lahko vodijo k nedelovanju sistema. Odpovedi se lahko pojavijo zaradi strojne napake

Odpoved procesorja

Kinect ima dva procesorja (slika 6.3). Procesor Marvel AP102 SoC poganja OS na Kinectovi strani, procesor PrimeSense pa služi kot analizator slik, ki jih pošiljajo kamere. Odpoved kateregakoli od obeh procesorje vodi k nedelovanju naprave. Napake se lahko pojavijo zaradi pregrevanja in zaradi strojne napake.

Odpoved pomnilnika

Procesor Marvell ima ob sebi tudi 64 MB DDR2 SDRAMa, Kinect pa podatke hrani na 8 Mb Flash pomnilnika (slika 6.3). Pomnilnik lahko odpove zaradi strojne napake ali ekstremnih razmer delovanja. Flash pomnilnik je tudi občutljiv na število pisanj, vendar nas to v tem primeru ne skrbi (nalaganje firmwarea na Kinect je redko opravilo).

Odpoved ostalih komponent

Kinect ima še množico ostalih komponent (slika 6.4), ki so ključne za njegovo delovanje. Sem sodijo AD pretvorniki, USB hub, akcelerometer (merilnik pospeškov) in operacijski ojačevalnik. Odpoved katerekoli od komponent vodi k nedelovanju naprave. Napake so lahko strojne, lahko pa posledica ekstremnih razmer delovanja.

6.2.3 Odpoved programske opreme

Pri odpovedi programske opreme smo se osredotočili le na priklop Kinecta na računalnik (slika 6.5), saj Xbox konzole nismo imeli na preizkušanju. Programska oprema naprave vsebuje za osnovo firmware za osnovne ukaze pri preklopu samega Kinecta, ter dekodirnike ki analogni signal iz obeh kamer pretvorita s pomočjo večih filtrov v digitalne informacije. Te obdelane informacije potem s pomočjo pravih gonilnikov uporabljajo uporabniki s svojimi programi.

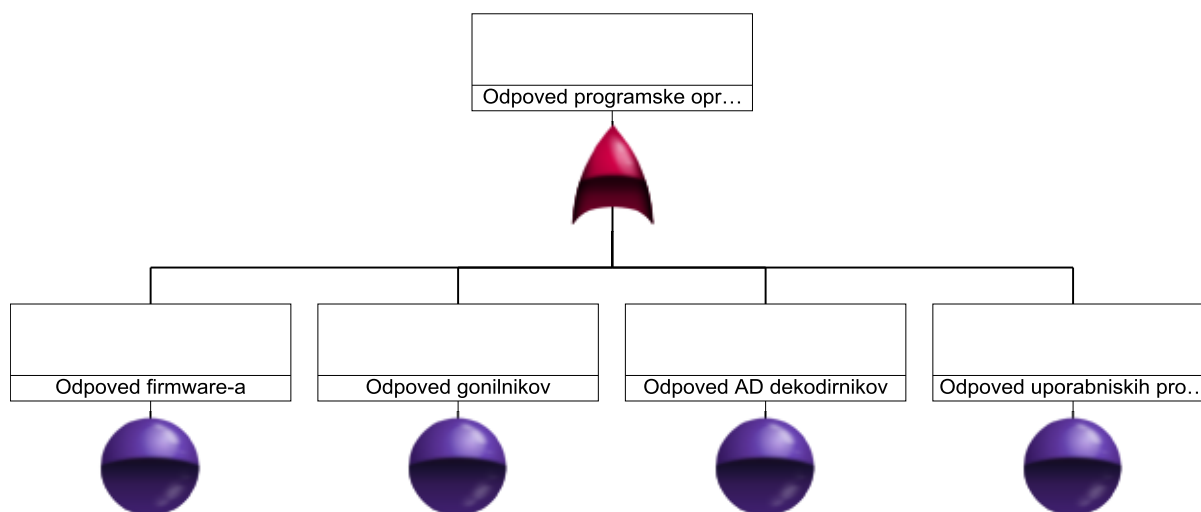
Verjetnosti odpovedi zelo težko določimo. Za našo analizo verjetnosti izberemo po shemi, ki upošteva verjetnosti napake v programski kodi in napake prevajalnikov. Seveda so te vrednosti izbrane zelo subjektivno, zato so lahko tudi zelo različne.

Glede na to da bo mogoče firmware Kinecta nadgraditi, le to predstavlja odpoved, saj lahko pride do predčasnega izpada električne energije, ali prehitrega odklopa iz USB vmesnika. Poleg tega gre lahko tudi za napačno verzijo firmware.

Pri gonilnikih je odpoved mogoča zato ker le ti niso digitalno podpisani s strani operacijskega sistema, saj uradnih gonilnikov za priklop Kinecta na PC ni. Takšni gonilniki so zato nepreizkušeni, slabo napisani ali napisani za napačno verzijo OS (x86, x64) in lahko vodijo do nepredvidljivega obnašanja.

Programsko spisani AD dekodirniki vsebujejo množico različnih filtrov, pri katerih lahko pride do mejnih primerov, kot je direkten snop svetlobe v obeh kamerah ali velik kontrast med svetlim in temnim delom prostora. Zaradi tega pride do nepravilnega zajema podatkov. Kljub temu smo ugotovili da so filtri zelo preizkušeni in kakovostno spisani, saj ga niti takšni primeri ne zmotijo dovolj za odpoved, res pa z direktnim setilom v RGB kamero ne vidimo slike.

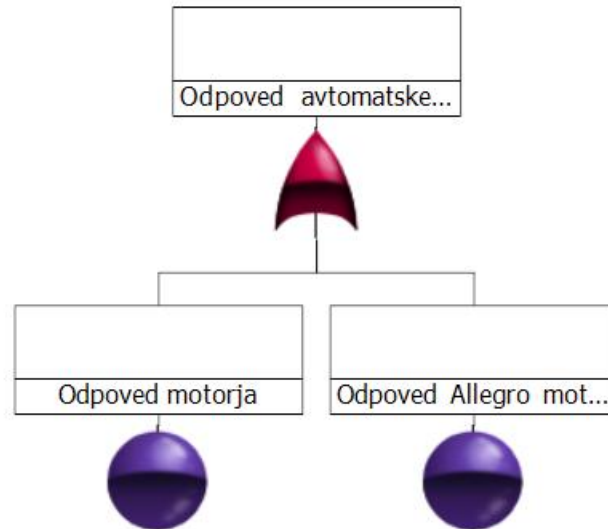
Na koncu pa do odpovedi vodijo lahko tudi uporabniški programi, ki ravno tako kot gonilniki, niso preizkušeni in uradno potrjeni. Odpovedi tako povzročajo predvsem napake v programski kodi in nezadostno poznavanje opreme. Primer nekega programa je bilo delo z motorjem ki ga uporablja Kinect, pri čemer je prišlo do neskončne zanke kjer se Kinect dviguje. S tem se je poškodoval motor, zobniki in ohišje, ter na koncu celoten odklop komponente iz USB.



Slika 6.5: FTA drevo odpovedi programske opreme.

6.3 Odpovedi komponent, ki vodijo v degradirano stanje sistema

Kinect ima v sovj "nogi" motor, s katerim se prilagaja uporabniku glede na višino na kateri se Kinect nahaja. Odpoved motorja oziroma odpoved Allegro motor driverja (slika 6.6) vodi v degradirano stanje sistema, kjer naprava izgubi del funkcionalnosti a je vseeno uporabna. Do odpovedi lahko pride zaradi strojne napake, zaradi mehanske poškodbe ali zaradi ekstremnih razmer delovanja.



Slika 6.6: FTA drevo odpovedi komponent, ki vodijo v degradirano stanje sistema.

6.4 CUT-SET

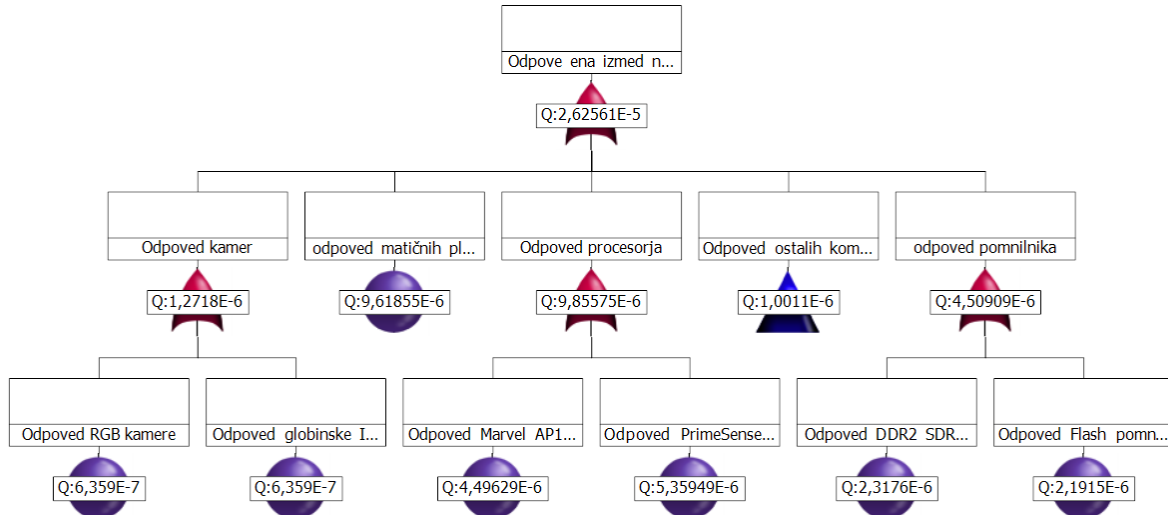
CUT-SET je množica osnovnih listov kjer odpoved vseh listov pomeni odpoved naprave.

Minimalna CUT-SET podmnožica je najmanjša podmnožica listov, za katere velja, da odpoved vseh pripelje do nedelovanja naprave.

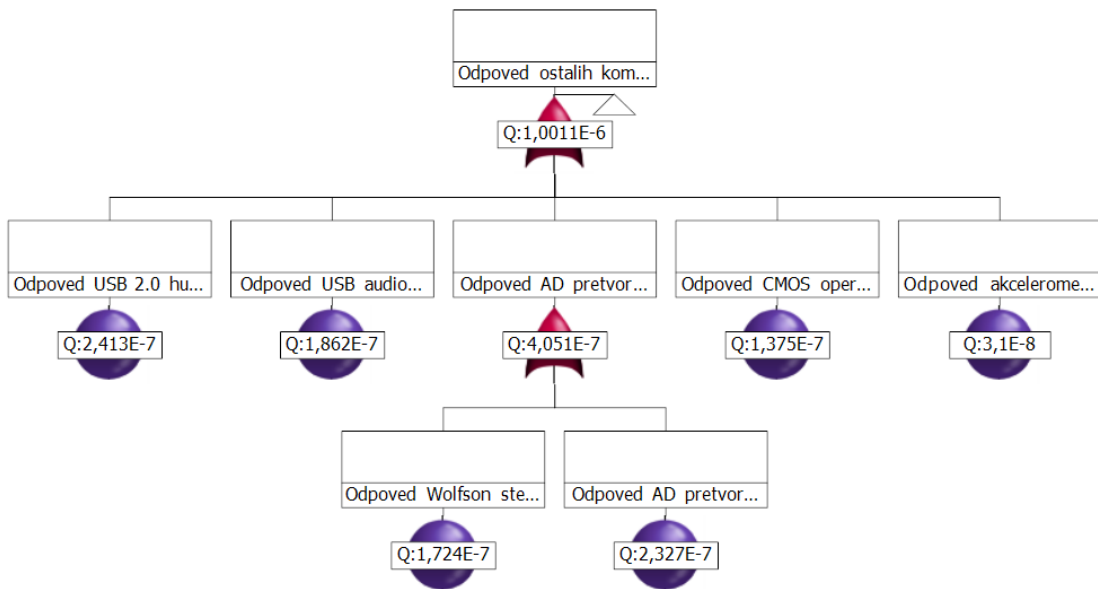
V primeru naprave Kinect je minimalna CUT-SET podmnožica pravzaprav katerikoli list, čigar odpoved vodi k nedelovanju sistema.

6.5 Izračun verjetnosti odpovedovanja

Verjetnost odpovedi/degradiranega stanja sistema, kjer so napake povsem tehnične narave.

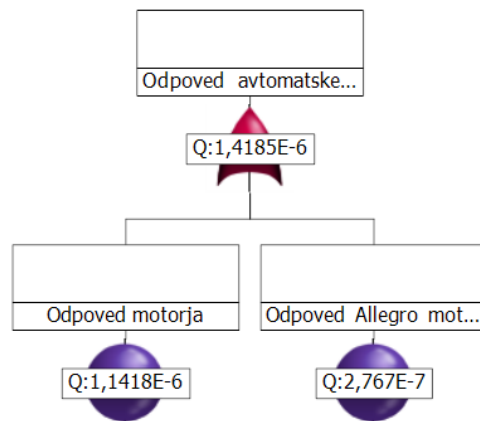


Slika 6.7: Računanje verjetnosti odpovedi komponent, ki vodijo k nedelovanju sistema.



Slika 6.8: Računanje verjetnosti odpovedi komponent, ki vodijo k nedelovanju sistema (2. del).

Iz slike 6.7 in slike 6.8 vidimo, da je verjetnost odpovedi ene izmed notranjih komponent 26,2561 odpovedi na 10^6 ur delovanja.



Slika 6.9: Računanje verjetnosti odpovedi komponent, ki vodijo v degradirano stanje sistema

Verjetnost odpovedi avtomatskega nagibanja naprave Kinect (slika 6.9) je 1,4 odpovedi na 10^6 ur delovanja, kar je približno 20x manj kot pa verjetnost odpovedi ene izmed notranjih komponent. Tako nam s tehničnega vidika ni potrebno skrbeti, da bi se stanje naše naprave degradiralo, saj bi naprava po vsej verjetnosti prej odpovedala.

6.6 Zaključek

FTA analiza je podvržena subjektivnim interpretacijam, zato je treba rezultate interpretirati z dovolj veliko kritičnostjo, saj so izsledki rezultat lastnih izkušenj in predvidevanj.

Glavne pozitivne lastnosti FTA analize so enostavnost odkrivanja (logično snovanje) vzrokov odpovedi, enostaven pregled čez vse možne funkcionalne in strojne odpovedi, ter modularnost strukture odpovedovanja sistema.

Slabosti metodologije FTA lahko na kratko razčlenimo v treh glavnih problematikah:

- veliko število dreves
- problem subjektivnosti
- statistična odvisnost

Na koncu lahko ugotovimo, da je sama FTA analiza naprave kakršna je Kinect dokaj nesmiselna. Gre namreč za napravo, ki je namenjena predvsem zabavi in njeno delovanje ni kritičnega pomena, zato naprava sama po sebi nima nikakršnih redundančnih komponent. Zaradi tega nam naprava odpove že zaradi odpovedi katerekoli od komponent, samo drevo pa dejansko izgleda kot korenski element z množico listov z globino ena.

7 FMEA

7.1. Uvod

FMEA analiza (Failure Mode and Effects Analysis) je skupina postopkov in metod in je sestavni del mnogih standardov za doseganje zanesljivosti in kakovosti. Namen analize je odkrivanje in odpravljanje odpovedi ali napak že pri samem načrtovanju ter razvoju produkta. Hitro odkrivanje odpovedi omogoča izdelovanje bolj varnih ter zanesljivih produktov. Pri poteku same analize določamo tipe, pogostost ter resnost odpovedi po določenih lestvicah (v našem primeru 1-10), ki jih sestavimo na podlagi izkušenj s preteklimi produkti. Rezultati analize nam pokažejo, na katerih komponentah oziroma sestavnih delih produkta prihaja najpogosteje do odpovedi ali napak. Odpovedi imenujemo »failure modes«, rezultate pa »failure effects«.

FMEA se pojavi v poznih 40-ih letih. Na začetku se je uporabljala predvsem v vojaške namene, kasneje v 60-ih letih pa se pojavi tudi v vesoljski tehnologiji. Rezultat uporabe analize je zmanjšanje števila majhnih napak, katerih posledice bi bile lahko katastrofalne, ter s tem prihranek pri denarju. V 70-ih in 80-ih se razširi tudi na avtomobilsko industrijo. Danes jo srečamo v različnih industrijskih panogah, pri razvoju programske opreme, v zdravstvu, v prehrabeni industriji...

7.2. Potek FMEA analize

Sama analiza je sestavljena iz več korakov. Nekatere podrobnosti v analizi se od standarda do standarda nekoliko razlikujejo, vendar za vse FMEA analize veljajo naslednji koraki [2]:

- Izbor izdelka ali procesa za analizo
- Identifikacija funkcij in načinov, posledic in povzročiteljev odpovedi izbranega izdelka ali procesa
- Ocena tveganja identificiranih težav
- Razporeditev težav glede na tveganje
- Določitev ukrepov za zmanjšanje tveganja oz. odpravo odpovedi
- Izvedba ukrepov
- Ponovna ocena tveganja

Najpomembnejši korak v našem primeru je ocena tveganja. V ta namen smo uporabili metodo RPN (Risk Priority Numbers), ki se najpogosteje uporablja. Metoda poteka v štirih korakih. Za vsako možno okvaro določimo 3 glavne parametre in sicer: resnost okvare (severity), pogostost okvare (occurrence) in težavnost odkritja okvare (detection). Vsakemu parametru določimo vrednost med 1 in 10. Zmnožek vseh 3 parametrov nam da tako imenovano RPN (Risk Priority Number), ki nam pove, katera komponenta je najbolj podvržena napakam oziroma odpovedim in kje so izboljšave najbolj potrebne. Analizo smo naredili v orodju Relix [1].

7.2.1. Resnost odpovedi (Severity)

Za vsako napako oziroma odpoved določimo resnost posledic s številom od 1 do 10, vrednosti so v tabeli 7.1. Pri tem 1 predstavlja najmanjšo resnost. Gre za napake, ki jih končni uporabnik niti ne zazna. Ocena 10 pa pomeni, da je posledica napake tako huda, da je produkt neuporaben oziroma lahko celo ogroža uporabnikovo zdravje.

Ocena Si (Severity)	Resnost odpovedi
1	<i>Malo ali ni vpliva</i>
2	<i>Izguba funkcionalnosti ali izgleda, ki jih uporabnik ponavadi ne opazi in ne zamenja izdelka</i>
3	<i>Izguba funkcionalnosti ali izgleda, ki jih uporabnik opazi, a ne zamenja izdelka</i>
4	<i>Izguba funkcionalnosti ali izgleda, ki jih uporabnik opazi in zamenja izdelek</i>
5	<i>Napačno delovanje sekundarne funkcije</i>
6	<i>Odpoved sekundarne funkcije</i>
7	<i>Napačno delovanje primarne funkcije</i>
8	<i>Odpoved primarne funkcije</i>
9	<i>Ogrožena je varnost ali odpoved sistema, z opozorilom</i>
10	<i>Ogrožena je varnost ali odpoved sistema, brez opozorila</i>

Tabela 7.1. Rezultati (število odpovedi na milijon ur delovanja) po IEC TR 62380.

7.2.2. Pogostost odpovedi (Occurence)

Pri določanju pogostosti odpovedi si prav tako pomagamo s tabelo 7.2, ki vsebuje števila od 1 do 10. Pogostost odpovedi z oceno 10 predstavlja največjo verjetnost odpovedi, ocena 1 pa najmanjšo. Zaradi različnih podatkov proizvajalcev se lestvice od produkta do produkta nekoliko razlikujejo.

Ocena Oi (Occurence)	Pogostost pojavitve
1	<i>1 izmed 1.000.000</i>
2	<i>1 izmed 250.000</i>
3	<i>1 izmed 50.000</i>

4	1 izmed 10.000
5	1 izmed 5.000
6	1 izmed 1.000
7	1 izmed 250
8	1 izmed 50
9	1 izmed 10
10	1 izmed 2

Tabela 7.2. Parametri pogostosti pojavitve

7.2.3. Težavnost odkritja odpovedi (Detection)

Z oceno med 1 in 10 določimo težavnost odkritja odpovedi, kar je razvidno iz tabele 7.3. Odpoved smatramo kot uspešno odkrito, če je vzrok odpovedi znan prej, preden posledice čuti končni uporabnik. Ocena 1 pomeni, da je vzrok odpovedi zelo lahko zaznati, ocena 10 pa pomeni, da je to nemogoče.

Ocena Di (Detection)	Težavnost odkritja odpovedi
1	<i>Odpoved vedno odkrijemo</i>
2	<i>Zelo visoka verjetnost odkritja napake</i>
3	<i>Visoka verjetnost odkritja napake</i>
4	<i>Srednje visoka verjetnost odkritja napake</i>
5	<i>Srednja verjetnost odkritja napake</i>
6	<i>Nizka verjetnost odkritja napake</i>
7	<i>Zelo nizka verjetnost odkritja napake</i>
8	<i>Neverjetno, da odkrijemo napako</i>
9	<i>Zelo neverjetno, da odkrijemo napako</i>
10	<i>Skoraj nična verjetnost odkritja napake</i>

Tabela 7.3. Parametri težavnosti odkritja odpovedi

7.2.4. RPN (Risk Priority Number)

RPN za posamezno komponento določimo z enačbo:

$$RPN_i = S_i * O_i * D_i$$

Nato komponente razvrstimo po vrsti glede na njihov RPN. Komponente z največjim številom RPN so najbolj potrebne izboljšav.

7.3. Funkcijska FMEA analiza

Relex FMEA Worksheet

Page # 1

Item Name	Item Description	Failure Mode	Local Effect	Severity	Occurrence	Detection	Cause of Failure	RPN
Motor	Pozicioniranje kamer	Odpoved motorja	Kamera ne sledijo uporabniku	8	7	7	Mehanska poškodba	392
Motor	Pozicioniranje kamer	Odpoved motorja	Kamera ne sledijo uporabniku	8	7	7	Obraba plastičnega kolesca	392
Accelerometer	Podaja informacijo o poziciji igralca	Odpoved komponente	Napačna informacija o poziciji uporabnika	8	1	9	Odpoved komponente	72
FLASH pomnilnik		Odpoved flash pomnilnika	Nedelovanje naprave	10	3	9	Odpoved čipa	270
Ostale električne komponente (CPU, matična plošča, RAM)	Omogočajo delovanje sistema	Odpoved komponente	Nedelovanje naprave	10	5	9	Odpoved komponente	450
Procesor za obdelavo slik	Procesiranje senzorskih podatkov	Odpoved procesorja	Onemogočeno procesiranje senzorskih podatkov	8	6	9	Odpoved komponente	432
AC napajalnik	Napajanje sistema	Odpoved napajalnika	Prekinitev napajanja komponent	10	5	4	Previsoka napetost	200
AC napajalnik	Napajanje sistema	Odpoved napajalnika	Prekinitev napajanja komponent	10	5	4	Odpoved vezja	200
Ventilator	Hlajenje sistema	Odpoved ventilatorja	Hlajenje sistema ne deluje	6	4	6	Odpoved motorja ventilatorja	144
IR projektor	Izdelava 3D IR slike	Odpoved IR projektorja	Onemogočena izdelava 3D slike	8	5	9	Okvara senzorja	360
IR projektor	Izdelava 3D IR slike	Odpoved IR projektorja	Onemogočena izdelava 3D slike	8	5	9	Fizična poškodba	360
USB 2.0 hub controller	Povezava z XBOX in dodatno napajanje	Odpoved USB priključka	Ni pretoka podatkov med napravo in XBOX-om	10	2	8	Fizična poškodba	160
USB 2.0 hub controller	Povezava z XBOX in dodatno napajanje	Odpoved USB priključka	Ni pretoka podatkov med napravo in XBOX-om	10	2	8	Odpoved krmilnika	160

Slika 7.1. Funkcijska FMEA analiza stran 1

Item Name	Item Description	Failure Mode	Local Effect	Severity	Occurrence	Detection	Cause of Failure	RPN
Mikrofon	Zaznava izvora zvoka in zadušitev okoljskega šuma	Odpoved mikrofona	Mikrofon ne zaznava zvokov igralca	5	2	4	Fizična poškodba	40
Mikrofon	Zaznava izvora zvoka in zadušitev okoljskega šuma	Odpoved mikrofona	Mikrofon ne zaznava zvokov igralca	5	2	4	Okvara mikrofona	40
RGB kamera	Zajem barvne slike	Odpoved kamere	Onemogočen zajem barvne slike	8	2	5	Okvara senzorja	80
RGB kamera	Zajem barvne slike	Odpoved kamere	Onemogočen zajem barvne slike	8	2	5	Fizična poškodba	80
IR kamera	Zajem IR slike	Odpoved kamere	Onemogočen zajem IR slike	8	2	5	Okvara senzorja	80
IR kamera	Zajem IR slike	Odpoved kamere	Onemogočen zajem IR slike	8	2	5	Fizična poškodba	80

Slika 7.2. Funkcijska FMEA analiza stran 2

7.4. Komponentna FMEA analiza

Item Name	Item Description	Failure Mode	Local Effect	Severity	Occurrence	Detection	Cause of Failure	RPN
Kamere/senzorji	Zajem IR in barvne slike	Odpoved RGB kamere	Onemogočen zajem barvne slike	8	2	5	Fizična poškodba	80
Kamere/senzorji	Zajem IR in barvne slike	Odpoved RGB kamere	Onemogočen zajem barvne slike	8	2	5	Odpoved kamere	80
Kamere/senzorji	Zajem IR in barvne slike	Odpoved IR kamere	Onemogočen zajem IR slike	8	2	5	Odpoved kamere	80
Kamere/senzorji	Zajem IR in barvne slike	Odpoved IR kamere	Onemogočen zajem IR slike	8	2	5	Fizična poškodba	80
Mikrofon Wolfson Microelectronics	Zaznava izvora zvoka in zadušitev okoljskega šuma	Odpoved mikrofona	Mikrofon ne zaznava zvokov igralca	5	2	4	Fizična poškodba	40
USB 2.0 hub controller	Povezava z XBOX in dodatno napajanje	Odpoved USB priključka	Ni pretoka podatkov med napravo in XBOX-om	10	2	8	Odpoved krmilnika	160
USB 2.0 hub controller	Povezava z XBOX in dodatno napajanje	Odpoved USB priključka	Ni pretoka podatkov med napravo in XBOX-om	10	2	8	Fizična poškodba priključka	160
Procesor (CPU)	Centralna procesna enota	Odpoved procesorja	Onemogočeno procesiranje	10	1	8	Odpoved komponente	80
Procesor (CPU)	Centralna procesna enota	Odpoved procesorja	Onemogočeno procesiranje	10	1	8	Previsoka temperatura	80
Pomnilnik	Prostor za shranjevanje podatkov procesiranja	Odpoved flash pomnilnika	Onemogočena uporaba flash pomnilnika	10	3	9	Odpoved čipa	270
Pomnilnik	Prostor za shranjevanje podatkov procesiranja	Odpoved dinamičnega pomnilnika	Onemogočena uporaba dinamičnega pomnilnika	10	5	8	Odpoved čipa	400
Motor	Pozicioniranje kamer	Odpoved motorja	Napravne sledi uporabniku	8	7	7	Fizična poškodba	392
Motor	Pozicioniranje kamer	Odpoved motorja	Napravne sledi uporabniku	8	7	7	Obraba plastičnega kolesca	392
Motor	Pozicioniranje kamer	Odpoved motorja	Napravne sledi uporabniku	8	7	7	Mehanska poškodba	392

Slika 7.3. Komponentna FMEA analiza stran 1

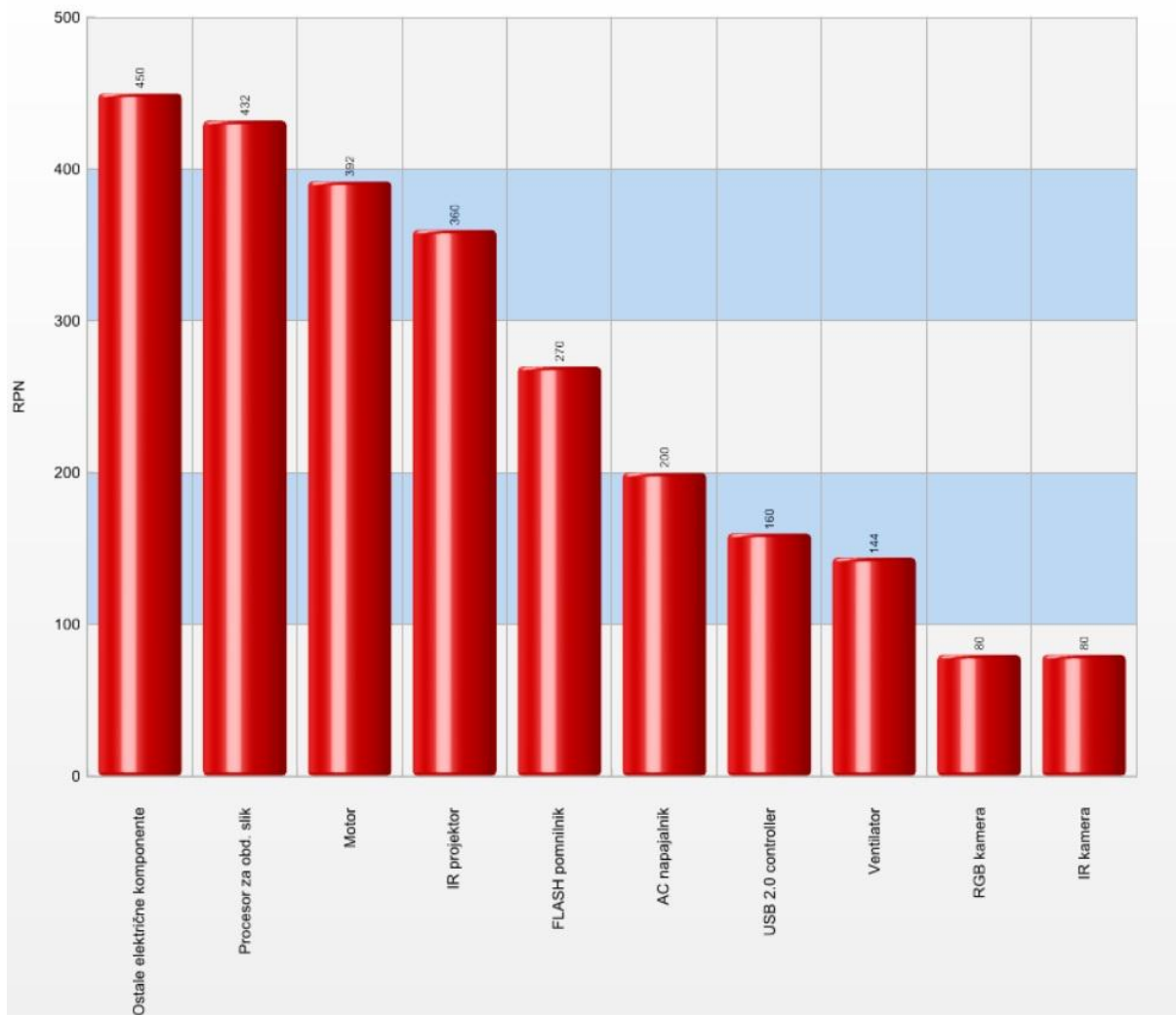
Item Name	Item Description	Failure Mode	Local Effect	Severity	Occurrence	Detection	Cause of Failure	RPN
Procesor za obdelavo slik	Procesiranje senzorskih podatkov	Odpoved procesorja	Onemogočeno procesiranje senzorskih podatkov	8	6	9	Odpoved komponente	432
Accelerometer	Informacija o poziciji igralca	Odpoved accelerometra	Napačna informacija o poziciji uporabnika	8	1	9	Odpoved komponente	72
AC napajalnik	Napajanje komponent	Odpoved napajalnika	Prekinitev napajanja komponent	10	5	4	Previsoka napetost	200
AC napajalnik	Napajanje komponent	Odpoved napajalnika	Prekinitev napajanja komponent	10	5	4	Odpoved vezja	200
Matična plošča	Povezovanje in kontrola komponent	Odpoved matične plošče	Onemogočena komunikacija med komponentami	10	1	8	Previsoka napetost	80
Matična plošča	Povezovanje in kontrola komponent	Odpoved matične plošče	Onemogočena komunikacija med komponentami	10	1	8	Odpoved vezja	80
Matična plošča	Povezovanje in kontrola komponent	Odpoved matične plošče	Onemogočena komunikacija med komponentami	10	1	8	Previsoka temperatura	80
Ventilator	Hlajenje sistema	Odpoved ventilatorja	Onemogočeno hlajenje naprave	6	4	6	Mehanska poškodba	144
IR projektor	Izdelava 3D IR slike	Odpoved projektorja	Onemogočena izdelava 3D slike	8	5	9	Odpoved komponente	360

Slika 7.4. Komponentna FMEA analiza stran 2

7.3. Ugotovitve

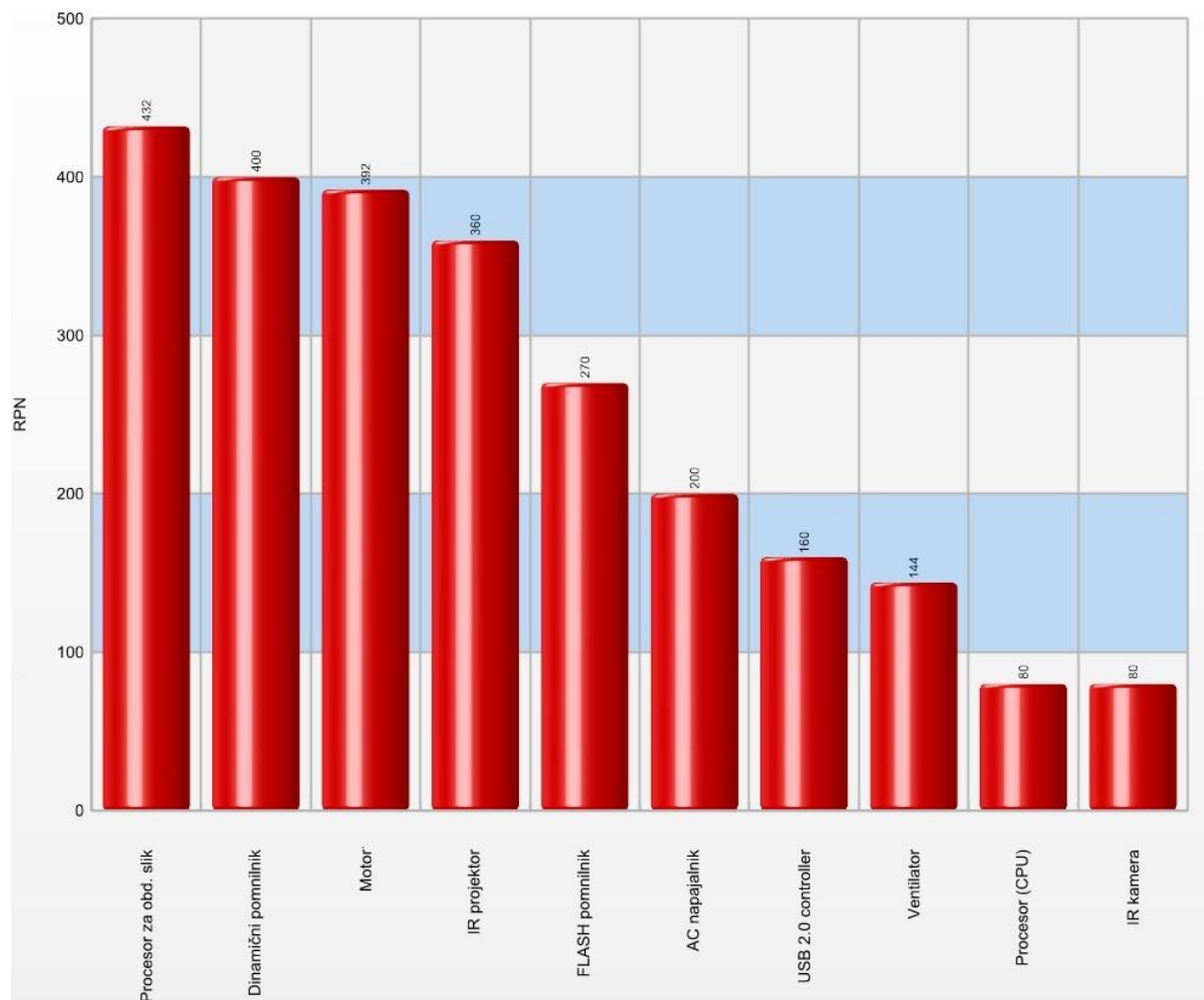
Kinect potrebuje za izvajanje svoje primarne funkcije popolno delovanje večine svojih komponent, naprava je manj občutljiva le na nedelovanje mikrofona, accelerometra in ventilatorja.

Pri funkcijski analizi je, kot je razvidno iz slike 7.5. najbolj kritična odpoved katerekoli električne komponente in procesorja za obdelavo slik. Zelo visoka je tudi stopnja tveganja motorja in IR projektorja. Razlog za to je, poleg resnosti posledic ob odpovedi komponente, tudi v zelo majhni verjetnosti pravočasnega odkritja odpovedi. Ob okvari katerekoli izmed naštetih komponent sistem ne more več izvajati svoje primarne funkcije, kar ima za posledico nedelovanje naprave. Nizko stopnjo tveganja predstavljata IR in RGB kameri, predvsem zaradi malo verjetne pojavitve okvare in večje verjetnosti pravočasne zaznave odpovedi komponente.



Slika 7.5. Top 10 RPN funkcijske analize

Komponentna analiza se osredotoča na posamezne komponente sistema, zato se rezultati nekoliko razlikujejo od rezultatov funkcijske analize. Največje tveganje predstavljajo procesor za obdelavo slik, dinamični pomnilnik, motor in IR projektor, ki imajo RPN vsaj 360 (slika 7.6). Podobno kot pri funkcijski analizi, tveganje povečujejo resnost posledic ob odpovedi komponente in težavnost pravočasnega odkritja odpovedi. Stopnja tveganja je nizka pri procesorju in matični plošči, zaradi zelo nizke verjetnosti odpovedi, oziroma velike zanesljivosti komponente. IR in RGB kamera imata nizko verjetnost pojavitve okvare in srednjo verjetnost pravočasnega odkritja napake, kar pomeni, da je tudi stopnja tveganja nizka, kljub resnosti posledic ob okvari.



Slika 7.6. Top 10 RPN komponentne analize

Iz rezultatov analize (velikost RPN) bi lahko sklepali, da bi lahko zelo zmanjšali stopnjo tveganja z zamenjavo najbolj rizičnih komponent. Ob natančnejši preučitvi parametrov, ki določajo RPN (S, O in D), pa ugotovimo, da so najbolj kritične komponente že sedaj precej zanesljive z nizko verjetnostjo odpovedi. Stopnjo tveganja zelo zvišujejo visoke vrednosti parametrov resnosti odpovedi (S) in težavnosti odkritja odpovedi (D), kar izhaja iz same zgradbe in funkcionalnosti naprave.

7.4. Viri

[1] PTC Windchill (Relax)

<http://www.ptc.com/products/windchill/quality>.

[2] Wikipedia. Wikipedia FMEA

http://en.wikipedia.org/wiki/Failure_mode_and_effects_analysis.