Dr Miloško Jevtović,
profesor, dipl inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

METRIKA KVALITETA SOFTVERA KORIŠĆENA KOD JEDNOG TELEKOMUNIKACIONOG TERMINALA

UDC: 681.323.06.001

Rezime:

Glavne karakteristike kvaliteta softvera definisane ISO/IEC standardima ne omogućavaju direktno merenje. U radu je analiziran problem merenja kvaliteta softvera kod jednog složenog telekomunikacionog terminala. Kvalitet softvera posmatran je sa stanovišta projektanta (definicija zahteva za kvalitet, procedure za pripremu vrednovanja i procedure vrednovanja). Primenjena metrika kvaliteta obuhvatila je: merenje vremena izvršenja programskih modula, određivanje ciklomatske složenosti po Mekkolovoj metodi i proveru funkcionalnosti pri simuliranom i realnom okruženju.

Ključne reči: softver terminala, kvalitet, karakteristike, metrika, rezultati.

SOFTWARE QUALITY METRIC USED IN A TELECOMMUNICATION TERMINAL

Summary:

This paper deals with software quality metric used during development of a new now-voice message terminal. Metrics analysis of the terminal source code was performed using MacCale's cyclomatic complexity. The cyclomatic complexity has been correlated to the number of expected errors in a software module.

Key words: terminal software, quality, characteristics, metric.

Uvod

Osnovne funkcije jednog novog telekomunikacionog terminala za poslovne informacije [1] realizovane su primenom programskog upravljanja. U funkcionalnom pogledu terminal zamenjuje više tipova terminalnih uređaja klasične izvedbe, kao što su: teleprinter, terminali za podatke klase 1 do 6 prema preporuci X.1, uređaji za automatsku detekciju i korekciju grešaka, grafički videoterminal i dr. Integracija funkcija klasičnih terminala uticala je na složenost i veličinu softvera. Izvorni kod, pisan na assembleru, ima 350000 linija. Primenjeno je modularno programiranje, a osnovne funkcije terminala

podržane su sa 20 programskih paketa. Pojedini programski paketi sadrže od 50 do 200 programskih modula. Tako, na primer, programski paket koji obezbeđuje funkcije grafičkog videoterminala sadrži 159 programskih modula (tabela 1).

Pored pomenutih elemenata za kvalitet softvera je značajno i to što je na njegovom razvoju i pisanju programa bilo angažovano oko 15 inženjera.

Zahtevi za kvalitet softvera

U prvim fazama razvoja terminala nisu precizno definisani zahtevi za kvalitet softvera. Oni su se, prvenstveno,

odnosili na sadržaj i kvalitet softverske dokumentacije i funkcionalnost [2]. Složen i obiman softver u prvim fazama testiranja kvaliteta telekomunikacionog terminala pokazao je neprihvatljiv nivo pouzdanosti, a relativno veliki broj grešaka ugrožavao je osnovne funkcije terminala [1]. Zbog toga je bilo neophodno da se prošire zahtevi za kvalitet softvera, pri čemu se traži:

— funkcionalnost svakog programskog paketa u simuliranom i realnom okruženju;

— vreme izvršenja svakog programskog paketa (koji obezbeđuje izvršenje nekog skupa funkcija terminala) mora biti kraće od trajanja jednog karaktera kodovanog standardnim ISO 7-bitskim kodom, pri prenosu brzinom 9,6 kb/s ili kraće od prenosa jednog karaktera kodovanog BCH kodom (15,5) pri prenosu brzinom 2,4 kb/s u duplesnoj komunikaciji;

— obezbeđenje tačnosti i sigurnosti u izvršavanju komunikacionih i lokalnih funkcija terminala;

— nisu dozvoljene softverske greške u izvršenju komunikacionih funkcija, a ukoliko do njih dođe treba obezbediti oporavljivost od grešaka;

— softverska dokumentacija treba da omogući vrednovanje kvaliteta softvera po određenim karakteristikama, kao što su pouzdanost, razumljivost, izmenljivost i dr.

Pomenuti zahtevi delom definišu zahteve za karakteristike kvaliteta softvera (funkcionalnost, pouzdanost, upotrebljivost, i dr.) slično zahtevima iz standarda ISO/IEC 9126 (sl. 1), ali ti zahtevi ne upućuju na metode merenja kvaliteta softvera, odnosno na to kako odabrati metriku. Pod metrikom se podrazumeva kvantitativna skala i metoda koja se koristi za određivanje vrednosti neke osobine datog softverskog proizvoda.

Tabela 1

Programski paketi terminala

Redni broj	Naziv programskog paketa	Broj softverskih modula
1	2	3
1.	Grafički LCD videoterminal	159
2.	Matrični štampač	192
3.	Centralni upravljački modul	200
4.	Lokalne funkcije terminala	156
5.	Procesor tekstualnih poruka	132
6.	Upravljanje fontovima, tipovima štamarskih slogova i azbukama	141
7.	Kodovanje/dekodovanje konvolucionim difuznim kodom (2,1)	139
8.	Sinhronizacija kodovanih signala	112
9.	Kodovanje-dekodovanje BCH kodovima (15,5 i (15,7)	146
10.	Upravljanje funkcijama čitača traka	127
11.	Upravljanje funkcijama bušača trake	139
12.	Funkcije paketskog terminala (X.25 nivoi 1, 2 i 3)	181
13.	Upravljanje komunikacijom u telegrafskoj mreži (signalizacija U.1B)	57
14.	Programski paket za zaštitu informacija (tekst, podaci) i kontrolu pristupa funkcijama	179
15.	Test-programi (ugrađen) za ispitivanje funkcionalnosti	89
16.	Kodovanje i dekodovanje BCH kodom (127,78) i učešljavanje	195
17.	Upravljanje komunikacionim protokolima	120
18.	Grafički i alfanumerički CRT terminali	156
19.	Programski paket za samotestiranje	50

Sl. 1 — Zahtevi iz standarda ISO/IEC 9126

Izbor metrike i definicija kriterijuma ocenjivanja

Model procesa vrednovanja kvaliteta softvera, primenjen na telekomunikacionom terminalu, uglavnom odgovara standardnom modelu [3] koji je prikazan na slici 2. Na izbor metrike, koja je u konkretnom slučaju primenjena za vrednovanje karakteristika kvaliteta, uticala su dva faktora:

— postojanje kompletne softverske dokumentacije za telekomunikacioni terminal,

— zahtevi da se greške u softveru praktično u celini eliminišu, a u slučaju pojave greške mora se obezbediti oporavljivost terminala.

Softverska dokumentacija, rađena prema standardima [2], pored ostalog, sadrži: stablo funkcija, stablo potprograma (modula), systemske dijagrame toka, detaljne dijagrame toka, listing izvornog koda i dr., za sve programske pakete telekomunikacionog terminala.

U lokalizaciji softverskih grešaka svakako je najvažnije da se utvrdi softverski modul u kome se javljaju ili se potencijalno mogu javiti softverske greške.

Imajući to u vidu, za ocenu kvaliteta softvera telekomunikacionog ter-

minala odabrana je Mekkolova (MacCall) metoda [4, 5], tzv. ciklomatske složenosti, zasnovana na teoriji grafova.

Ova metoda pruža mogućnost da se odredi stepen složenosti softvera, odnosno nekog softverskog proizvoda. Ciklomatska složenost (engleski termin: cyclomatic complexity) definiše se kao minimalan broj nezavisnih delova algoritamskog dijagrama toka koji se posmatra kao povezani graf. U takvom grafu blokovi obrade (P_i) i blokovi odlučivanja (D_i) (slika 3) predstavljaju čvorove, a linije koje ih povezuju predstavljaju grane grafa (L_i). Blok obrade (P_i) ima složenost 1, a blok odlučivanja (if/then) 2. To je jedna definicija složenosti, a moguće su i druge definicije u kojima se kao čvorovi u grafu broje samo blokovi odlučivanja.

Ciklomatska složenost izračunava se korišćenjem relacije:

$$V(G) = L_i - E_i + D_i$$

gde je:

$$E_i = P_i + D_i$$

P_i — čvor obrade,

D_i — čvor odlučivanja,

L_i — grana.

Sl. 2 — Model procesa vrednovanja kvaliteta softvera

Tako, na primer, programski modul, predstavljen dijagramom toka na slici 3a, ima složenost $V(G)=9-8+2=3$, a programski modul na slici 3b ima $V(G)=7-6+2=3$.

Algoritamski dijagrami toka, praktično primenjenih programskih modula u telekomunikacionom terminalu, znatno su složeniji od navedenih primera. Tako, na primer, programski modul OTPREMA NA LINIJU, prikazan na slici 4, ima ciklomatsku složenost:

$$V(G)=47-35+16=28$$

Ciklomatska složenost korelisana je brojem očekivanih grešaka u programskom modulu. Zbog toga se može uzeti kao pouzdana mera kvaliteta softvera. Broj grešaka raste sa složnošću dijagrama toka, odnosno sa porastom

njegove kompleksnosti. Ciklomatska složenost programskog modula jednaka 10 ili veća znači da u funkcionisanju takav modul predstavlja izvor kontinualnih problema. U vezi s tim, cilj je da se preprojektovanjem i redizajnirom modula smanji njegova složenost kadgod je to izvodljivo. U velikim programima ciklomatska složenost može se koristiti ne samo kao mera kvaliteta, nego i kao putokaz kako neki programski paket treba izdeliti na module i potprograme.

Drugi vid primene ciklomatske složenosti izveden je direktno iz njene definicije. Broj nezavisnih delova u nekom softverskom modulu, takođe, predstavlja minimalan broj test-segmenata u modulu koji zahtevaju testiranje. Prema tome, utvrđivanje ciklomatske

ske složenosti predstavlja polazni podatak za definisanje test-plana i procedura za ispitivanje određenog softverskog modula.

Rangiranje i definisanje kriteriju-

U opsegu vrednosti $V(G)$ od 1 do 10 moguće je postaviti i druge kriterijume, što zavisi od zahteva koji se postavljaju konstruktoru — programeru.

a)

P_i — čvor obrade
 D_j — čvor odlučivanja
 L_i — grana
 $P_i + D_j$ — ukupan broj čvorova

b)

Sl. 3 — Određivanje stepena složenosti softvera

ma za ocenjivanje, na osnovu ciklomat-ske složenosti, obavlja se prema grani-cama $V(G)$ koji zadovoljavaju odnosno ne zadovoljavaju u pogledu kvaliteta određenog programskog modula. Skup izmerenih vrednosti $V(G) = \{1, 2, 3, \dots, 10, 11, 12, \dots, N\}$ gde je N — ceo broj, deli se na rangove, pri čemu samo vrednost $V(G) > 10$ ne zadovoljava, što se može predstaviti izrazom:

$$V(G) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 \leq V(G) \leq 3, & \text{odlično} \\ 3 < V(G) \leq 6, & \text{dobro} \\ 6 < V(G) \leq 10, & \text{dovoljno} \\ V(G) > 10, & \text{loše — ne} \\ & \text{zadovoljava} \end{array} \right\} \quad \text{zadovoljava}$$

Merenje i ocenjivanje

Merenje i ocenjivanje kvaliteta softvera telekomunikacionog termina-la obavljeno je na nekoliko program-skih paketa, kod kojih je u funkcionisanju terminala bilo najviše grešaka, odnosno problema sa kvalitetom soft-vera. To su:

— centralni upravljački modul;

Sl. 4 — Dijagram toka programskog modula »Otprema na liniju«

Softverski moduli videoterminala

Redni broj	Naziv programskog modula terminala	Broj grana Li	Broj čvorova obrade Pi	Broj čvorova odluke Di	Ciklo-matska složenost V(G)
1	2	3	4	5	6
1.	Glavni program	27	11	6	16
2.	Štampanje kopije slike sa ekrana	20	15	3	5
3.	Funkcije koje služe za »setovanje« terminala	45	29	8	16
4.	Prikaz slike u grafici na štampaču	9	6	2	3
5.	Prikaz slike u grafičkom modu na ekranu	21	18	2	3
6.	Štampanje karaktera iz bafera	7	5	1	2
7.	Postavljanje funkcija (status) terminala	11	10	0	1
8.	Prikaz statusa terminala	13	11	1	2
9.	Inicijalno stanje E ² PROM-a	8	7	0	1
10.	Prikaz demonstracione slike na ekranu	15	13	1	2
11.	Slanje karaktera štampaču	20	11	5	9
12.	Štampanje znaka	11	10	1	1
13.	Promena intenziteta osvetljenosti LCD ekrana	5	4	0	1
14.	Programiranje funkcionalnih tastera	6	5	0	1
15.	Programiranje kontrolnih tastera	7	6	0	1
16.	Funkcije terminala u lokalu	10	6	2	4
17.	Lokalne alfanumeričke funkcije	9	6	2	5
18.	Grafičke funkcije LCD terminala u lokalu	15	10	2	5
19.	Predaja znakova sa tastature na liniju	21	10	5	11
20.	Prijem znakova sa linije, slanje na LCD ekran i štampanje	27	17	5	10
21.	Potprogram za izbor statusa	25	20	2	5
22.	Potprogram za prikaz statusa	13	10	1	3
23.	Upis funkcijskih tastera	7	5	1	2
24.	Pomeranje kursora nagore	10	7	1	3
25.	Pomeranje kursora nadole	9	7	1	2
26.	Predaja znakova štampaču	7	6	1	1
27.	Predaja znakova na liniju	19	14	4	5
28.	Predaja znakova displeju	6	5	1	1

1	2	3	4	5	6
29.	Prijem znakova sa tastature	5	4	1	1
30.	Prekidni program NMI	6	5	1	1
31.	Obrada znakova iz linijskog bafera	14	12	2	2
32.	Grafički mod rada	21	16	5	5
33.	Prijem znakova od LCD-a	5	4	1	1
34.	Obrada znakova iz centralne jedinice	17	12	5	5
35.	Otprema na liniju	47	35	16	26

— kodovanje — dekodovanje BCH kodovima (15,7) i (15,5);

— programski paket za zaštitu informacija;

— grafički LCD videoterminal.

Rezultati merenja ciklomatske složenosti ne razlikuju se mnogo između pojedinih programskih paketa. U tabeli 2 prikazani su rezultati merenja složenosti nekih softverskih modula programskog paketa grafičkog LCD videoterminala. Programski paket grafičkog LCD terminala ima ukupno 159 modula. Zahtevani kvalitet, tj. $V(G) \leq 10$, nisu zadovoljila 3 (tri) modula. U toku laboratorijskih i eksploatacionih ispitivanja telekomunikacionog terminala zaista su se pojavljivale greške u tim modulima. Uvažavajući rezultate merenja kvaliteta, pomenuti moduli su redizajnirani, odnosno preprojektovani, tako da je i kod njih $V(G) \leq 10$. Na osnovu sličnih rezultata, dobijenih kod preostala tri modula, u kojima su se, inače, često javljale softverske greške, izvršena je revizija, odnosno preprojektovanje modula, tako da je $V(G)$ svedeno u

zahtevane granice. Ispitivanja telekomunikacionog terminala, odnosno pomenutih modula u realnom i simuliranom okruženju (na razvojnom sistemu), pokazala su da zadovoljavaju zahtevani kvalitet, tj. da su otklonjene softverske greške.

Zaključak

Merenje ciklomatske složenosti softverskih modula jednog telekomunikacionog terminala dalo je realnu sliku o kvalitetu softvera koja je prethodno dobijena na osnovu iskustava pri laboratorijskim i eksploatacionim ispitivanjima pomenutog terminala. Pokazalo se da postoji dobra korelacija između ciklomatske složenosti i broja softverskih grešaka koje su se javljale na pomenutom uređaju. Primena ove metode moguća je samo ukoliko za dati programski paket, modul ili potprogram, postoji kompletna softverska dokumentacija. Primenjena metrika kvaliteta ukazala je na kritična mesta u softveru terminala i gde se potencijalno mogu očekivati softverske greške.

Literatura:

- [1] Jevtović, M.: Novi terminal za telegrafiju i podatke, Telekomunikacije, br. 3, 1990.
- [2] Standard SNO 6314, SNO 6315 i SNO 6316 — Kvalitet softvera i softverska dokumentacija.
- [3] Jugoslovenski standard: Vrednovanje softverskih proizvoda, Karakteristike kvaliteta i smernice za njihovu upotrebu, JUS/ISO/IEC 9126, 1996.
- [4] Sincler, G., Stockman: Software Measurement, Proceedings of, First European Seminar on Software Quality, Brussels, Belgium, 1988.
- [5] Sintic, A. John, Joner, F. Harry: Managing Software Quality, Journal of Electronic Defence, maj 1989. str. 36—55.