Zbornik radova Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad

UDK: 004:007
DOI: https://doi.org/10.24867/08BE35Maricic

INTEROPERABILNI ADAPTER ZA RAD SA *LDAP* SISTEMIMA

INTEROPERABLE ADAPTER FOR MANAGING LDAP SYSTEMS

Aleksandar Maričić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – *U ovom radu istražen je način korišćenja dva različita sistema informacione-bezbednosti – Microsoft Active Directory zasnovan na Windows platformi i OpenLDAP zasnovanog na Linux platformi, uočene su njihove sličnosti i razlike, razvijen je, implementiran i verifikovan interoperabilni adapter za rad sa ova dva sistema informacione-bezbednosti koji omogućuje korišćenje administratorske i korisničke funkcionalnosti.*

Ključne reči: *Informaciona-bezbednost, Interoperabilnost, Adapter, LDAP*

Abstract – *In this paper the way of using two different information security system is researched – Microsoft Active Directory based on Windows platform and OpenLDAP based on Linux platform, their similarities and differences are identified, the interoperable adapter for those two directory services was developed, implemented and verified with supporting administration and user-related functionalities.*

Keywords: *Information Security, Interoperability, Adapter, LDAP*

1 UVOD

Informaciona-bezbednost jedna od ključnih komponenti za uspešan razvoj i poslovanje kompanija. U savremenim informaciono-tehnološkim rešenjima zahteva se sve veća standardizacija, integracija i interoperabilnost rešenja koja omogućuju fleksibilan i ekonomski vođen odabir informaciono-tehnoloških (*eng.Information Technologies-IT*) komponenti kao i mogućnost što jednostavnije promene *IT* komponenti tokom eksploatacionog perioda.

Informaciono-bezbednosni sistem upravlja podacima o korisnicima, njihovim ličnim podacima, grupama kojima korisnici pripadaju, pravima pristupa i entitetima koji čuvaju podatke. Postoje različite informaciono-tehnološke platforme i nad njima zasnovana rešenja informacione-bezbednosti. U ovom istraživanju fokus je na dva različita informaciono-bezbednosna sistema – *Micorsoft Active Directory* (*eng.Active Directory-AD*), zasnovan na *Windows* operativnom sistemu (*eng. OS*) i *OpenLDAP*, zasnovan na *Linux OS* - u. Ovi bezbednosni sistemi se oslanjaju na – *Lightweight Directory Access Protocol* (*eng. LDAP*), ali i pored toga imaju brojne razlike koje se ogledaju u različitim tipovima entiteta, atributima, načinima povezivanja entiteta i u interfejsima za pristup njihovim bazama podataka.

NAPOMENA:
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Nemanja Popović, docent.

Prilikom migracije sa jedne platforme na drugu, ove razlike zahtevaju promenu svih linija koda koje su specifične za jednu od platformi. Što je informacioni sistem veći, to je broj specifičnih linija veći i promena je složenija. Za jednostavnu migraciju sa jednog *LDAP* sistema na drugi, potrebno je razviti konfigurabilni interoperabilni adapter koji će lokalizovati sve pozive funkcija ka sistemima informacione-bezbednosti (uključujući i one specifične) i obezbediti pristup ka njima kroz generički sloj, dok bi se *LDAP* sistem odredio postavkom konfiguracije na jednom mestu.

U ovom radu istraženi su principi funkcionisanja sistema informacione-bezbednosti *Microsoft Active Directory*, zasnovan na *Windows* platformi i *OpenLDAP*, zasnovan na *Linux* platformi, njihove postavke, biblioteke za pristup i za rad sa navedenim platformama. Identifikovane su funkcije i strukture podataka za rad sa navedenim sistemima, njihove sličnosti i razlike. Dizajniran je i implementiran konfigurabilni interoperabilni adapter koji omogućuje rad sa obe bezbednosne platforme kroz generički sloj, dok se odabir platforme i bezbednosnog sloja konfiguriše na jednom mestu. Definisano i postavljeno testno okruženje koje obuhvata *AD* i *OpenLDAP* server i razvijena je testna aplikacija, kojom je verifikovan rad adaptera.

Ovaj rad je organizovan na sledeći način: u prvom poglavlju dat je uvod. Drugo poglavlje daje kratak pregled teorijskih osnova informacione-bezbednosti. U trećem poglavlju predstavljeno je predloženo rešenje interoperabilnog adaptera. Verifikacija rešenja data je u poglavlju četiri. U petom poglavlju dat je zaključak. Literatura je navedena u šestom poglavlju

2 TEORIJSKE OSNOVE

Informaciona-bezbednost predstavlja vrlo široku i multidimenizonalnu oblast jedne organizacije koja obuhvata ljude, procese i tehnologije. Osnovni cilj informacione-bezbednosti je da zaštiti karakteristike informacija koje imaju vrednost za organizaciju [1]: **a)** Poverljivost – zaštita pristupa podacima od neautorizovanih korisnika, **b)** Integritet – zaštita od neautorizovanih izmena i brisanja podataka, **c)** Dostupnost – mogućnost korisnika da neometano pristupa za koje ima ovlašćenja.

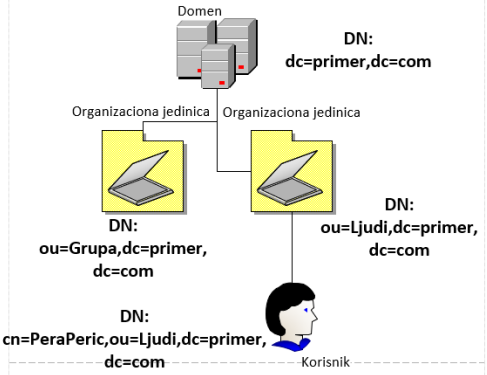
2.1 Kontrola pristupa

Kontrola pristupa oslanja se na pojmove subjekata, objekata, operacija i dozvola da se operacija izvrši. Subjekat je entitet koji ima aktivnu ulogu u sistemu bezbednosti, dokazuje svoj identitet, pristupa objektima i inicira prenos informacija do drugih objekata ili subjekata. Subjekat može da bude: autorizovani ili neautorizovani korisnik,

aplikacija, sistem ili mreža. Subjektu na nekoliko različitih načina može da se ograniči pristup objektu, a neka od tih ograničenja su: **a)** vreme pristupanja, **b)** lokacija autentifikacije subjekta, **c)** pristup van lokalne mreže, **d)** specijalna dodeljena prava pristupa. Objekat je entitet koji nema aktivnu ulogu kao subjekat. On prima ili čuva podatke, a objekat može da bude: aplikacija, mreža, fizički prostor za čuvanje memorije, a i sam podatak može da ima ulogu objekta [2]. Operacija predstavlja vrstu obrade informacije, dok dozvole predstavljaju pravila po kojima subjekat pristupa objektu. Svaki subjekat ima listu dozvola i ta lista je definisana u listi kontrole pristupa [2]. Kontrola pristupa definiše kojim objektima subjekat sme da pristupa, kakva su njegova prava i šta korisnik sme da radi sa tim objektima. Da bi se uspostavila potpuna kontrola pristupa, subjekat mora da prođe kroz tri faze: identifikacija, autentifikacija i autorizacija. Identifikacija subjekta je njegovo predstavljanje. Autentifikacija je dokazivanje identiteta korisnika. Postoje tri načina autentifikacije subjekta [2]: **a)** Nešto što subjekat zna (npr. lozinka), **b)** nešto što poseduje (npr. hardverski uređaj), **c)** nešto što jeste (npr. biometrijski otisak prsta). Autorizacija korisnika je mehanizam kojim se određuju privilegije subjekta i njegovi nivoi pristupa objektima. Autorizacija je moguća tek kada je subjekat identifikovan i autentifikovan. Evidentiranjem bezbednosno-informacionih događajaja se prate, zapisuju i čuvaju aktivnosti na mreži u sistemu [2].

2.2 *Lightweight Directory Access Protocol*

LDAP je industrijski protokol standard zasnovan na Internet Protokolu za pristup i izmenu distribuiranih podataka u bazi informacionih podataka koja čuva specifične i uređene informacije o objektima [3]. **Slog** predstavlja sve podatke o jednom entitetu. Svaki slog se sastoji od tri glavne komponente: jedinstveno ime (*eng.Distinguished Name - DN*), objektnih klasa i atributa. Slogovi su organizovani u strukturu stabla. Primer *LDAP* stabla sa jednim domenom, dve organizacione jedinice i jednim korisnikom se nalazi na Slici 1. Više stabala koji su sačinjeni od slogova čine šumu. **Jedinstveno ime** je atribut kojim se na jedinstven način identifikuje svaki slog. *DN* se sastoji od relativnog jedinstvenog imena – *Relative Distinguished Name* (*eng. RDN*) i putanje u stablu, gde se slog nalazi. **Atributi** predstavljaju osobine subjekata i objekata, imaju svoj tip i vrednost ili listu vrednosti. Slogovi se sastoje od atributa. **Klasa objekata** je specijalan atribut zajednički za slogove u bazi, jedinstveno identifikovan objektnim identifikatorom, definiše koji se atributi koriste u okviru jednog sloga [3].



Slika 1 – Primer *LDAP* stabla

2.3 *Microsoft Active Directory*

Predstavlja implementaciju *LDAP* protokola kompanije *Microsoft*. Prvi put je implementiran na *Windows 2000* operativnom sistemu, a danas se koristi na *Windows Server* operativnim sistemima (poslednja verzija je *Windows Server 2019*). *AD* pruža bazu informacione-bezbednosti i tehnološko rešenje kontrole pristupa koje se koriste u ovom radu. Ono omogućuje upravljanje korisnicima, grupama, organizacionim jedinicama, štampačima, aplikacijama i servisima [4]. Pored toga *AD* ima i razne druge funkcionalnosti koje prevazilaze obim ovog istraživanja.

2.4 OpenLDAP

Predstavlja implementaciju bezbednosnog servisa na *Linux* operativnom sistemu. *OpenLDAP* pruža bazu informacione-bezbednosti, koja može da upravlja korisnicima, grupama i organizacionim jedinicama. Osim rada sa ovim entitetima, koji spadaju u osnovnu šemu baze podataka, *OpenLDAP* pruža mogućnost proširenja šeme i samim tim se otvara mogućnost za proširenje funkcionalnosti. Prilikom instalacije *OpenLDAP* sistema, inicijalno su uključene tri šeme koje obezbeđuju osnovne definicije za najčešće korišćene ekstenzije[5]:
a) *Core.schema*,
b) *Cosine.schema*,
c) *Inetorgperson.schema*,

2.5 Interoperabilnost

U današnjem svetu raste potreba za složenim sistemima, koji su sačinjeni od više funkcionalnih celina. Svakom funkcionalnom celinom upravlja po jedan ili više servisa. Da bi sistem funkcionisao, a da korisnik ima osećaj kao da ga uslužuje jedan sistem, manji servisi moraju da funkcionišu skladno. Usklađenost ovih sistema je interoperabilnost. Postoje dve vrste interoperabilnosti [6]:
a) Sintaksna interoperabilnost – sistemi komuniciraju i razmenjuju podatke, čak iako im interfejsi ili programski jezici nisu isti.
b) Semantička interoperabilnost – razmenjeni tipovi podataka su razumljivi u oba sistema.

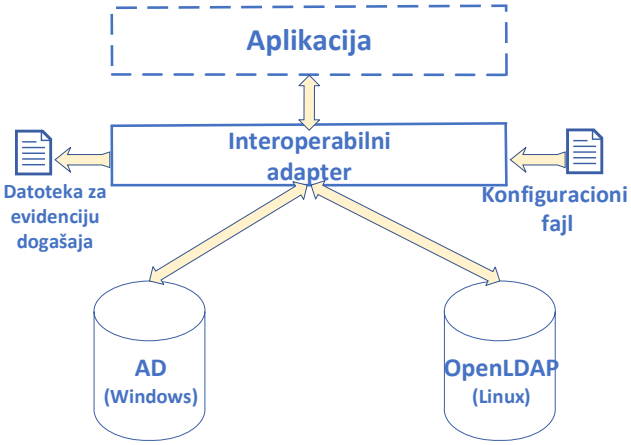
3 PREDLOŽENO REŠENJE INTEROPERABILNOG ADAPTERA

U ovom radu razvijen je interoperabilni adapter zasnovan na generičkom sloju, funkcionalan sa *AD* sistemom, na *Windows* i *OpenLDAP* sistemom na *Linux OS* platformi. Identifikovane su i istražene biblioteke za rad sa bezbednosno-informacionim sistemima funkcionalnostima koje nude i koje strukture podataka se koriste za razvijanje adaptera. Prilikom pokretanja adaptera konfiguriše se informaciono-bezbednosni sistem sa kojim adapter komunicira, a izmenom na samo jednom mestu se menja komunikacija ka drugom bezbednosnom sistemu, bez dodatnih izmena u postojećem kodu. Dizajn rešenja zasnovan je na Fabričkim dizajn paternom, koji od korisnika sakriva način pristupanja *AD* i *OpenLDAP* bezbednosnim sistemima.

3.1 Arhitektura rešenja

Arhitektura sistema, prikazana na Slici 2 se sastoji od sledećih komponenti: **a)** *AD* i *OpenLdap* sistemi,

b)aplikacija, **c)** konfiguracioni fajl, **d)** interoperabilni adapter, **e)** datoteka za evidenciju događaja.
AD* i *OpenLDAP su na slici prikazani kao dve baze podataka, zato što čuvaju informaciono-bezbednosne podatke. Implementirana je korisnička **aplikacija**, koja je povezana sa interoperabilnim adapterom i nudi korisnicima popunjavanje podataka za kreiranje novih, izlistavanje i modifikaciju postojećih slogova, pozivajući funkcije sa interoperabilnog adaptera. **Konfiguracioni fajl** sadrži neophodne podatke za pokretanje sistema, a to su: **a)** izbor bezbednosnog servisa, **b)** naziv ciljanog domena (npr. *primer.com*), **c)** *IP* adresa i port bezbednosnog sistema. **Interoperabilan adapter** je smešten na generičkom sloju i predstavlja centralnu komponentu sistema, zato što je povezan sa svim ostalim komponentama. Prilikom pokretanja sistema, iščitavaju se podaci iz konfiguracionog fajla i adapter uspostavlja konekciju sa željenim informaciono-bezbednosnim servisom. Kada se uspostavi konekcija, komande se šalju sa aplikacije, do adaptera, koji ih prosleđuje do bezbednosnog servisa, koji šalje odgovor nazad do adaptera. **Datoteka za evidenciju događaja** čuva zapis o poslednjem ulogovanom klijentu i vremenu kada se ulogovao.



Slika 2 – Arhitektura predloženog rešenja

3.2 Generički sloj

Interoperabilan adapter je zasnovan na generičkom sloju, funkcionalnom na različitim platformama *OS* - a. Da bi se postigla nezavisnost od platforme na koju se oslanja sistem, rešenje je implementirano na *.NET Core* radnom okruženju koje se sastoji od procesne virtualne mašine i kolekcije klasa i sam je nezavisan je od platforme *OS* - a na koju se oslanja.

3.3 Interoperabilni adapter

Za razvijanje interoperabilnog adaptera, prvo su istražene karakteristike bezbednosnih sistema: **a)** interfejsi za povezivanje sa *AD* i *OpenLDAP* bezbednosnim sistemima, **b)** tipovi podataka, **c)** način povezivanja podataka u informacionim bazama podataka, **d)** sličnosti i razlike tipova podataka i njihovih atributa između dva različita sistema. U sledećem koraku su istražene sličnosti i razlike dva bezbednosna sistema, razvijen je interoperabilan adapter koji je funkcionalan sa oba sistema. Promenom konfiguracije na samo jednom mestu može da se pristupi drugom sistemu.

3.4 Funkcionalnosti

AD u svojoj bazi podataka čuva informacije o korisnicima, grupama, računarima, kompjuterima, štampačima, aplikacijama i servisima. Za razliku od *AD*, *OpenLDAP* u svojoj osnovnoj šemi čuva podatke samo o korisnicima i grupama, pa su se prilikom implementacije rešenja realizovale funkcije za rad samo sa tim entitetima. Iako se imena entiteta na dva različita sistema poklapaju, imena tipova atributa su različita. Zato je izvršeno mapiranje atributa entiteta sa generičkog sloja, sa semantički jednakim atributima entiteta sa *AD* – a i *OpenLDAP* – a. Mapiranje je prikazano na *Tabeli 1* i *Tabeli 2*. U *Tabeli 1* se vidi mapiranje atributa korisnika, a u *Tabeli 2* mapiranje atributa grupe.

Tabela 1 - Mapiranje korisničkih atributa generičkog sloja na atribute na *AD* i *OpenLDAP* atribute korisnika

Generički korisnik	***AD* korisnik**	***OpenLDAP* korisnik**
username	*userPrincipalName*	*cn*
name	*givenName*	*givenName*
surname	*surname*	*sn*
password	*password*	*userPassword*
phoneNumber	*voiceTelephoneNumber*	*mobile*
emailAddress	*emailAddress*	*mail*
description	*description*	*description*
	Distinguished-Name	*Distinguished-Name*

Tabela 2 - Mapiranje grupnih atributa generičkog sloja na atribute na *AD* i *OpenLDAP* atribute grupe

Generička grupa	***AD* grupa**	***OpenLdap* grupa**
groupName	*name*	*cn*
Members<string>	*Members<Principal Collection>*	*Members <string>*
description	*description*	*description*
	Distinguished-Name	*Distinguished-Name*

Za prikazane entitete razvijene su dve grupe funkcija: administratorske i korisničke.
Administratorske funkcije (*Tabele 3 i 4*) obuhvataju dodavanje, modifikovanje i brisanje iz baze podataka.
Korisničke funkcije logovanje i proveru dozvole pristupa (*Tabela 5*).

Tabela 3 – Administratorske funkcije za manipulisanje korisnicima i grupama

Naziv funkcije	**Opis**
CreateUser	Kreiranje korisnika
DeleteUser	Brisanje korisnika
ChangerUserUsername	Izmena jedinstvenog imena korisnika
ChangeUserName	Izmena imena korisnika
ChangeUserSurname	Izmena prezimena korisnika
ChangeUserPassword	Izmena lozinke korisnika
ChangeUserEmail	Izmena adrese elektronske pošte korisnika
ChangeUserPhoneNumber	Izmena broja telefona korisnika
ChangeUserDescription	Izmena opisa korisnika
CreateGroup	Kreiranje grupe
ChangeGroupName	Izmena jedinstvenog imena grupe
DeleteGroup	Brisanje grupe

Tabela 4 – Administratorske funkcije

Naziv funkcije	**Opis**
AddUserToGroup	Dodavanje korisnika u grupu
AddGroupToAnotherGroup	Dodavanje grupe u drugu grupu
IsMemberOf	Proveravanje članstva
GetAllGroupMembers	Dobavljanje članova
CreateCustomPermission	Kreiranje nove dozvole
AssignCustomPermission	Dodeljivanje dozvole
ListAllUsers	Izlistavanje korisnika
ListAllGroups	Izlistavanje grupe

Tabela 5 – Korisničke funkcije

Naziv funkcije	**Opis**
Login	Logovanje
CheckPermission	Proveravanje dozvole

4 VERIFIKACIJA REŠENJA

4.1 Testno okruženje

Za testno okruženje u ovom istraživanju postavljeni su *Windows Server 2019* i *Linux* operativni sistem *Ubuntu 18.04*. Bezbednosni sistem *AD* je postavljen na *Windows Server OS*. Drugi sistem na kojem je testirano rešenje je *OpenLDAP*, verzija *2.4.48.*

Korišćene su i sledeće verzije programskih biblioteka:

a) *Novell.Directory.Ldap 3.1.0*,

b) *System.DirectoryServices 4.6.0*,

c) *System.DirectoryServices.AccountManagement 4.6.0*.

Za verifikaciju korišćen je *Microsoft.NETCore 2.1*.

4.2 Testiranje

Za verifikaciju rešenja, razvijena je korisnička aplikacija na programskom jeziku C# koja omogućuje unos korisničkih i grupnih podataka za kreiranje novih entiteta, pretragu korisnika za modifikovanje i brisanje entiteta. Implementirana je i testirana funkcionalnost za pristup i izmenu informaciono-bezbednosnog sistema. Korisnička aplikacija poziva funkcije sa generičkog sloja i prikazuje stanje *AD* i *OpenLDAP* baze informacionih podataka.

Za verifikaciju generičkog sloja testni slučaj je obuhvatio:

a) Kreiranje 50 novih korisnika i 5 novih grupa,

b) Učlanjenje korisnika u grupe,

c) Izmena atributa kod korisnika i grupa,

d) Logovanje korisnika,

e) Kreiranje i dodeljivanje dozvola pristupa,

f) Provera dozvole pristupa.

Uspešno su testirane sve funkcionalnosti na oba bezbednosna sistema, a rezultat je verifikovan izlistavanjem svih korisnika i grupa, proverom članstva u grupama, a za funkcije logovanja korisnika su verifikovani fajlovi za praćenje logovanje korisnika.

5 ZAKLJUČAK

U današnje vreme bezbednost predstavlja jedan od najbitnijih faktora za uspešan rad softvera i poslovanje *IT* kompanija. U ovom radu istraženi su *LDAP* bezbednosni sistemi za upravljanje informacionim podacima o korisnicima, grupama i njihovim vezama. Za razumevanje informaciono-bezbednosnih sistema, potrebno je bilo da se definišu sledeći koncepti bezbednosti: kontrola pristupa, pojmovi subjekta i objekta i osnovni pojmovi i uloga *LDAP* sistema. Za ovaj rad su izabrane dve različite implementacije prokola *LDAP*, *AD* zasnovan na *Windows* platformi i *OpenLDAP*, zasnovan na *Linux* platformi. Instraženi su interfejsi za pristupanje *LDAP* sistemima, dizajniran je i implementiran interoperabilan adapter koji je kompatibilan sa obe *LDAP* implementacije bezbednosnih sistema. Adapter se nalazi na generičkom sloju, funkcionalnom na oba *OS* – a. Kompanijama je omogućen izbor između platforme za rad sa informaciono-bezbednosnim sistemima i jednostavna promena platforme, sa kojom će funkcionalnosti za upravljanje informacionim podacima ostati nepromenjene.

Generički sloj se može proširiti i unaprediti na nekoliko načina. Jedan pravac daljeg istraživanje jeste da se omogući pristup još jednom informaciono-bezbednosnom sistemu. Dodatni sistem bi proširio opseg mogućih korisnika i usluga ovog rešenja. Drugi pravac bi bio da se omogući proširenje postojeće šeme na *AD* – u i *OpenLDAP* – u, čime bi novi tipovi entiteta kreirali u toku rada adaptera.

6 LITERATURA

[1] M. E. Whitman and H. J. Mattord, *Principles of Information Security Fourth Edition*, no. January 2015., Course Technology, 20 Channel Center Boston, MA 02210 USA, 2011.

[2] E. Harold F. Tripton, *Official (ISC) Guide To The SSCP CBK*. 1385., CRC Press-Taylor and Francis Group, 2011.

[3] S. Tuttle *et al.*, *Understanding LDAP Design and Implementation*, IBM RedBooks, 2006.

[4] B. Desmond, J. Richards, R. Allen, and A. Lowe-Norris, *Active Directory, 5th Edition*, vol. 91, no. 5. 2012, Published by O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472, April 2013.

[5] M. Butcher, *Mastering OpenLDAP - Configuring, Securing and Integrating Directory Services*., Packt Publishing Ltd. 32 Lincoln Road Olton Birmingham, B27 6PA, UK, 2007.

[6] Techopedia, "Interoperability.". Accessed on: Oct. 22, 2019. [Online]. Available: https://www.techopedia.com/definition/631/interoperability.

Kratka biografija:

Aleksandar Maričić rođen je 30.5.1995. godine u Zrenjaninu. Završio je Gimnaziju u Zrenjaninu 2014. godine. Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu je upisao 2014. godine, a Osnovne akademske studije završio je 2018. godine. Ispunio je sve obaveze i položio je sve ispite predviđene studijskim programom.