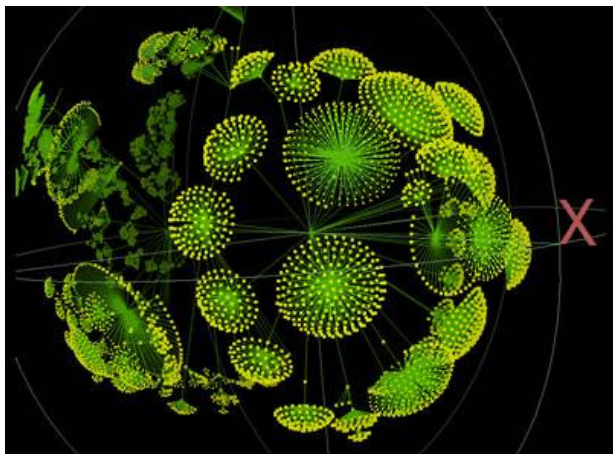


Analiza, modeliranje i simulacije kompleksnih mreža

Uvod

Postoji nekoliko definicija što su to kompleksni sustavi, no najčešće se opisuje kao znanost koja proučava kako veze između pojedinih dijelova utječu na kolektivno ponašanje sustava te kako sustav ulazi u interakciju i stvara veze s okolinom. Statistički opis sistema koji se mogu predstaviti strukturom kompleksne mreže daje uvid u bitna svojstva tih sistema.



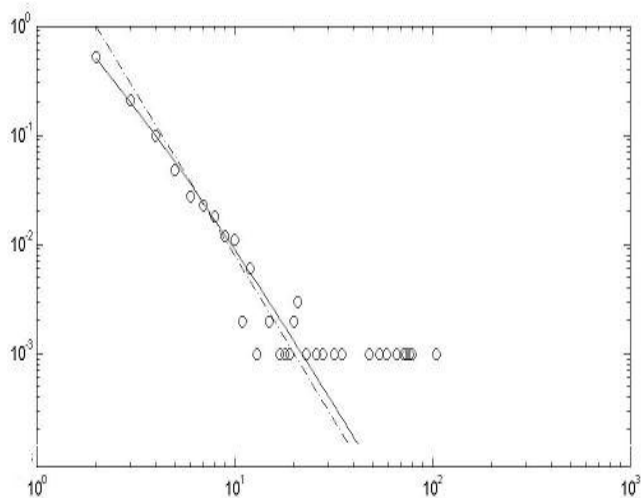
Slika 1: Vizualizacija kompleksne mreže

Kompleksna mreža predstavlja mrežu ili graf koji ima netrivialna topološka svojstva, kakva se ne pojavljuju u jednostavnim grafovima. Struktura im je kompleksnija nego u klasičnim slučajnim mrežama. Ta netrivialna svojstva su npr. distribucije s debelim repom (*engl. fat-tailed degree distribution*), visoki koeficijent grupiranja, korelacija stupnjeva, zajednice (*engl. Community*) i hijerarhijska struktura. Dva najpoznatija primjera kompleksnih mreža su „mreže bez skale” (*engl. Scale free network*) i „mreže malog svijeta” (*engl. small-world networks*).

Cilj

Cilj naše grupe bio je: naučiti osnove kompleksnih mreža te implementirati matematički model kreiranja Albert-Barabashi mreže u programskom jeziku C, napraviti matematički model širenja infektivnih agenata u kompleksnim mrežama, implementirati taj matematički model u programskom jeziku C te napraviti razne simulacije i analize u programskom paketu Matlab.

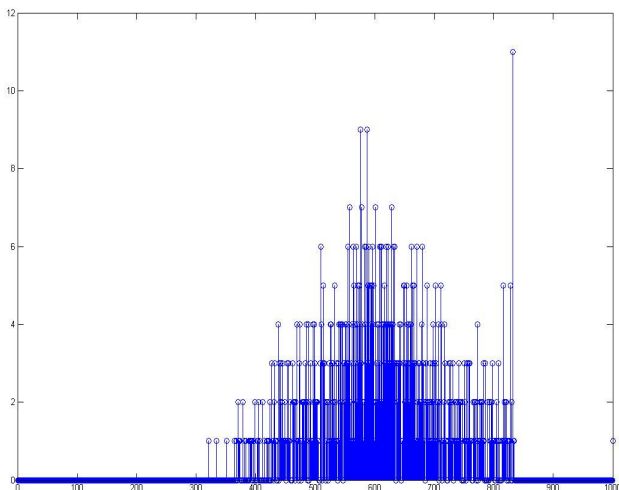
Rezultati



Slika 2: Distribucija stupnjeva AB mreže

U prvom dijelu projekta naučili smo osnove teorije kompleksnih mreža i savladali osnove programiranja u programskom jeziku C. Implementirali smo matematički model kreiranja Albert-Barabashi mreže u programskom jeziku C. U tom modelu na početku postoji jezgra od N_0 čvorova te na nju dinamički dodajemo nove čvorove u mrežu koji se mogu povezivati sa m veza pri svakoj iteraciji. Napravili smo distribuciju stupnjeva te mreže i vidjeli da je nagib u $\log(k)$ - $\log(p(k))$ grafu pravac koji ima nagib -3 , te zbog konačnog broja čvorova distribucija ima efekt “debelog repa”.

U drugom dijelu projekta naučili smo osnovne modele epidemiologije SIR, SEIR i druge modele. Koristili smo SEIR model u kojem svaka jedinka može biti podložna zarazi, zaražena, infektivna ili oporavljena. Također smo koristili određene vjerojatnosti koje omogućuju jedinkama prebacivanje između ta četiri odjeljka. Potom smo krenuli u izradu matematičkog modela širenja infektivnih agenata u kompleksnim mrežama. Implementirali smo taj model u programskom jeziku C i potom krenuli na analize u programskom paketu Matlab. Kao odzive sustava na početne uvjete koristili smo krivulju broja zaraženih u vremenu, vektore vjerojatnosti zaraze pojedinih čvorova te distribuciju vjerojatnosti zaraze čvorova.



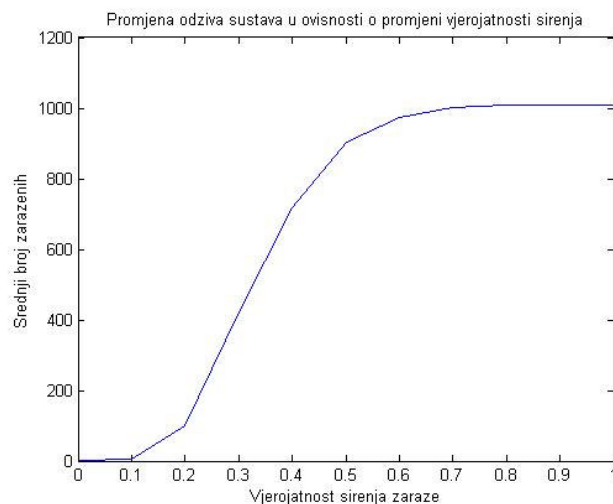
Slika 3. Distribucija vjerojatnosti zaraze čvorova

Simulacija br. 3 pokazuje kako se zaraza širi sporije i distribucija vjerojatnosti zaraze translata prema manjim vrijednostima ako se parametar inkubacije smanjuje. Kod određenih vrijednosti parametra inkubacije, širenja i oporavka zaraza se ne stigne znatno proširiti.

Simulacija br. 4 pokazuje kako se srednji broj zaraženih čvorova povećava ukoliko se parametar vjerojatnosti širenja zaraze povećava.

Proveli smo simulaciju br. 1. u kojoj smo ispitivali utjecaj širenja zaraze u ovisnosti o poziciji zaraženog čvora. Na temelju rezultata analize utvrdili smo da je veoma bitan utjecaj pozicije čvora od kojeg zaraza počinje te da brzina širenja ovisi o stupnju čvora ali i o drugim parametrima mreže – npr. o topologiji mreže.

Simulacija br. 2. pokazuje kako se zaraza širi brže i distribucija vjerojatnosti zaraze se translata prema većim vrijednostima ako se parametar vjerojatnosti širenja zaraze povećava.



Slika 4: Utjecaj promjene vjerojatnosti širenja

Reference

- [1] Piškorec Matija: Modeli rasta kompleksnih mreža, Seminarski rad, Fakultet Elektrotehnike i Računarstva, svibanj 2007
- [2] Antulov-Fantulin Nino: Analiza propagacije virusa u mrežama, Seminarski rad, Fakultet Elektrotehnike i Računarstva, svibanj 2007