

E-INFRASTRUCTURA RENAM – PLATFORMA INTEROPERABILĂ DE COLABORARE, RESURSE ȘI SERVICII INFORMAȚIONALE ÎN CERCETARE ȘI EDUCAȚIE

Doctor în științe tehnice **Petru BOGATENCOV**

Doctor în științe fizico-matematice **Grigore SECRIERU**

Asociația RENAM, Institutul de Matematică și Informatică al AȘM

Academician **Ion TIGHINEANU**

Academia de Științe a Moldovei

RENAM E-INFRASTRUCTURE – INTEROPERABLE PLATFORM FOR COLLABORATION, INFORMATION RESOURCES AND SERVICES IN RESEARCH AND EDUCATION

Summary. We report on the evolution of e-Infrastructures that designate a new generation of integrated information and communication technologies and services and is considered as a key factor in the development of science and education. The emphasis made on the analysis of the approaches and solutions developed within the RENAM e-Infrastructure to support the improvement of scientific and educational activities in universities and research institutions of the Republic of Moldova. These approaches focus on developing of the core aspects of regional and international connectivity such as providing access to GEANT Trans-European research and education infrastructure, regional and European distributed computer infrastructures. Described cross-border fiber optic infrastructure creation for connecting the Eastern Europe to the West, quality of services provided, promoting the services offered by research networks taking in account support and expanding research and educational collaboration in Europe. There will be discussed results of the regional projects supported by the European Commission in the field of e-infrastructures and modern services implementation.

Keywords: networking infrastructure, informational and computing resources, services for educational and research activities.

Rezumat. Prezentul articol este dedicat unui studiu al evoluției infrastructurilor electronice care desemnează o nouă generație de resurse și servicii integrate bazate pe tehnologiile informației și comunicațiilor, considerată a fi factorul-cheie pentru dezvoltarea științei și educației. Accentul se pune pe analiza abordărilor și soluțiilor lansate în cadrul e-Infrastructurii RENAM pentru a sprijini perfecționarea activităților științifice și educaționale în universitățile și instituțiile de cercetare din Republica Moldova. Aceste abordări se axează pe dezvoltarea aspectelor de bază ale conectivității regionale și internaționale, cum ar fi asigurarea accesului la infrastructura de cercetare și educație transnațională GEANT, operațiunile distribuite de calcul, calitatea serviciilor, promovarea rețelelor de cercetare ținând cont de capacitatea de extindere a colaborării în domeniul C & E cu o infrastructură de fibră optică transfrontalieră dezvoltată. Se descriu rezultatele scontate ale proiectelor regionale promovate de Comisia Europeană în domeniul infrastructurilor regionale și al implementării serviciilor moderne pentru cercetare și educație.

Cuvinte-cheie: infrastructura rețelelor de calculatoare, resurse informaționale și de calcul, servicii pentru activitățile educaționale și de cercetare.

INTRODUCERE

Odată cu progresul înregistrat în domeniul telecomunicațiilor, s-au creat condiții pentru apariția la începutul anilor 1970 a rețelelor de calculatoare și a infrastructurii Internet care a generat o dezvoltare vertiginoasă a spațiului digital cu penetrare în toate sferile activității umane. Problema colaborării la nivel național, regional și internațional în domeniul dezvoltării tehnologiilor informației și comunicațiilor (TIC) pentru a perfecționa activitățile de cercetare și educație devenise una prioritară.

Transformarea învățământului superior și a științei tradiționale în e-Educație și e-Știință este însoțită de necesități sporite de a avea acces, a procesa și a vizualiza cantități enorme de date care nu pot fi gestionate fără instrumente moderne de comunicare și de calcul. În ultimii ani, s-au făcut investiții semnificative în crearea infrastructurilor specializate, inclusiv în Rețelele Naționale de Cercetare și Educație (NREN – National Research and Education Networks) pentru furnizarea de servicii IT comunităților de cercetare și educație [1].

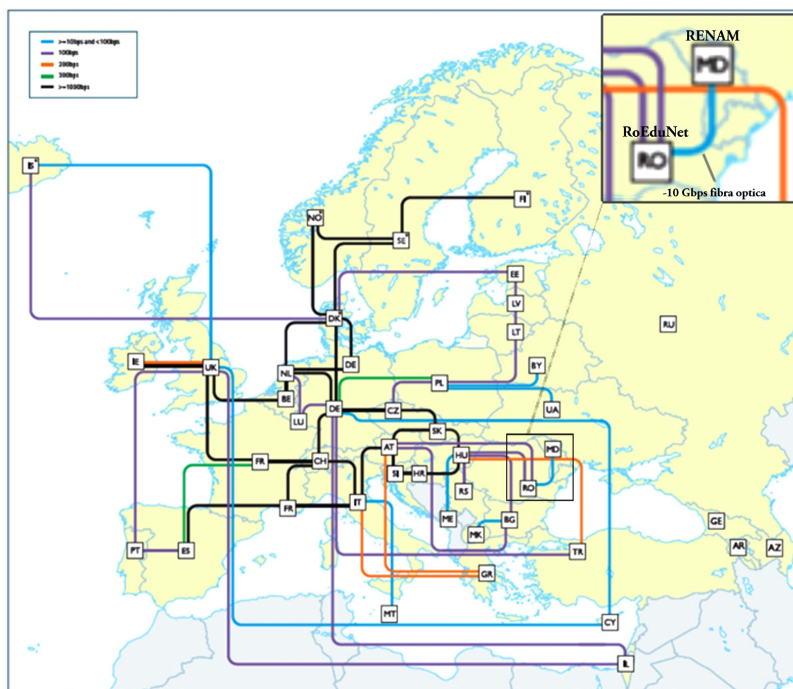


Figura 1. Topologia rețelei GÉANT

Comisia Europeană a inițiat edificarea unei infrastructuri comune de cercetare și educație paneuropeană începând cu anul 1993. Infrastructură paneuropeană de cercetare și educație are la bază rețeaua GÉANT (operator Asociația DANTE cu sediul la Cambridge, Marea Britanie) care interconectează rețelele naționale NREN europene. Funcționarea și dezvoltarea rețelei GÉANT este susținută de o serie de proiecte finanțate de UE cu participarea a 40 de parteneri reprezentați de 37 de NREN-uri europene și NORDUnet (integrând NREN-urile din Norvegia, Suedia, Finlanda, Danemarca și Islanda). În total, proiectul GEANT integrează 42 de NREN-uri, inclusiv cele din țările Parteneriatului Estic – Armenia, Azerbaidjan, Belarus, Georgia, Moldova și Ucraina. GÉANT oferă o infrastructură de rețea de vârf în bandă largă și servicii moderne care conectează peste 50 de milioane de utilizatori la 10 000 de instituții C&E din întreaga Europă. Actuala topologie a rețelei GÉANT este reprodusă în figura 1.

În prezent, infrastructurile electronice sunt vehicule esențiale pentru schimbul de informații, cunoștințe și date științifice. GÉANT reprezintă o structură organizatorică comună a Uniunii Europene și a rețelelor naționale NREN din țările europene. Infrastructura electronică, sau e-Infrastructura, presupune o combinare și interconectare a tehnologiilor, resurselor, comunicațiilor și structurilor organizaționale bazate pe tehnologia digitală, necesare pentru a promova cercetarea și educația modernă. Aceste infrastructuri sunt orientate spre a sprijini un mediu distribuit bazat pe rețele

în bandă largă cu viteze ridicate, computere distribuite, resurse HPC (High-Performance Computing; calcul performant) și depozite de date partajate. Actualmente, e-Infrastructura constituie un mediu nou de cercetare care oferă cercetătorilor resurse electronice accesibile, indiferent de timp și poziția geografică, și este un instrument unic pentru dezvoltarea de aplicații în colaborare la nivel național și internațional. e-Infrastructura modernă asigură schimburi de date și oferă servicii specifice pentru utilizatorii din diferite regiuni și țări [2].

O e-Infrastructură modernă de rețea joacă un rol tot mai activ în impulsivarea colaborării și cunoașterii. Implementarea și utilizarea pe scară largă a e-Infrastructurii este un pas important spre reducerea decalajului digital cu sprijinul semnificativ al domeniilor e-Științei și e-Educației. În general, e-Infrastructura și componentele sale principale aduc o contribuție esențială la realizarea conceptului ERA (European Research Area – „Spațiul European de Cercetare”) și obiectivelor strategiei "Digital Agenda for Europe" (Agenda Digitală a Europei).

Pe parcursul anilor 1996–1999, Academia de Științe a Moldovei (AȘM) și principalele universități din țară, cu suportul Consiliului științific NATO, au contribuit la crearea și dezvoltarea Rețelei Naționale de Cercetare și Educație din Moldova (RENAM), cu caracteristici specifice de NREN. În prezent, RENAM integrează rețelele universităților și ale instituțiilor de cercetare (AȘM, UTM, ASEM, USM etc.) și reprezintă unica rețea eligibilă din Moldova conectată la rețeaua paneuropeană GEANT (figura 2).

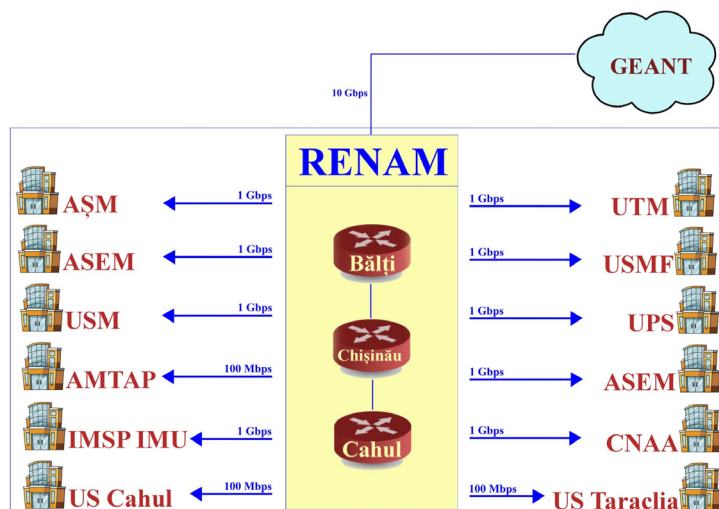


Figura 2. Instituțiile integrate în rețeaua RENAM

Cooperarea în domeniul educației și științei în Moldova, la fel ca și în țările UE, are drept scop modernizarea și dezvoltarea acestor segmente importante ale economiilor naționale pentru avansarea suportului lor în formarea unei societăți bazate pe cunoaștere. Piatra de temelie a promovării activității respective se bazează pe o puternică interacțiune a rețelelor naționale de cercetare și educație. Un exemplu relevant în acest sens oferă colaborarea moldo-română. De exemplu, au fost dezvoltate activ investigațiile comune și colaborarea educațională în Republica Moldova și România. Noi abordări necesită să fie elaborate și implementate în vederea facilitării schimbului de informații pentru comunitățile științifico-educative din ambele state. Aceasta presupune integrarea resurselor informaționale și de comunicare disponibile în cadrul a două NREN vecine. Astfel, au fost propuse și implementate un șir de inițiative pentru crearea unei conexiuni internaționale directe între două rețele științifico-educative: RENAM (Asociația Rețelei de Cercetare și Educație din Moldova) și RoEduNet (Rețeaua Română pentru Cercetare și Educație). Aceste rețele reprezintă infrastructuri deschise tuturor instituțiilor științifice, universităților, colegiilor etc. și acoperă întreg teritoriul celor două state.

Dezvoltarea e-Infrastructurii desemnează o nouă generație de resurse și servicii integrate, bazate pe TIC și este considerată factorul-cheie în vederea sprijinirii activităților educaționale și de cercetare. Un suport valoros pentru valorificarea acestui deziderat se atribuie rezultatelor așteptate de pe urma proiectelor susținute de Comisia Europeană în domeniul infrastructurilor regionale. Pentru Moldova este importantă anume dezvoltarea conexiunii externe a rețelei RENAM la rețeaua academică transeuropeană GEANT prin RoEduNet (România) și URAN (Ucraina).

ABORDĂRI ȘI SOLUȚII PENTRU DEZVOLTAREA CONEXIUNII RENAM – RoEduNet

În vederea sporirii cooperării academice, RENAM și RoEduNet au stabilit relații de parteneriat încă la începutul anilor 2000 pentru crearea de facilități de interacțiune directă. Ca urmare, a fost creată și dezvoltată conexiunea directă, stabilindu-se următoarele obiective principale:

- dezvoltarea conectivității și creșterea fiabilității funcționării infrastructurii comune între rețelele naționale de C & E ale țărilor vecine din Europa de Est;
- crearea condițiilor pentru stabilirea legăturilor directe între instituțiile de cercetare și educaționale din ambele țări;
- integrarea cercetării moldovenești și a comunității academice în spațiul informațional al Europei prin asigurarea accesului eficient și fiabil la rețeaua transeuropeană de cercetare și educație GEANT;
- crearea de facilități pentru dezvoltarea conținutului științific și educațional în limba română;
- îmbunătățirea condițiilor de colaborare pentru investigații comune, promovarea activității didactice și implementarea noilor tehnologii de prelucrare a datelor.

De-a lungul anilor, conexiunea directă RENAM – RoEduNet a trecut prin mai multe transformări. În perioada anilor 2001–2003, a fost realizat primul proiect „RENAM – RoEduNet Networks Direct link and Gateway Construction”, susținut de Consiliul științific NATO. Gateway-ul de comunicare creat a utilizat unitatea de comunicații fără fir radio a întreprinderilor de stat „Radiocomunicații Moldova” și a operatorului de comunicații din România JS „S.N. Radio-

comunicații”, așa cum se prezintă în figura 3. Această legătură externă directă a conectat nodul RENAM din Chișinău cu nodul RoEduNet din Iași la o capacitate limitată de doar 4 Mbps, asigurând și îmbunătățirea semnificativă a accesului la rețeaua GEANT pentru RENAM [3].

Pe parcursul realizării proiectului au fost analizate și propuse diferite soluții tehnice în vederea sporirii capacității gateway-ului. Acest lucru a permis creșterea, în anii 2003–2006, a capacității de până la 8, 16 și 34 Mbps prin utilizarea modem-urilor de microunde de nouă generație.

După ce a fost atinsă capacitatea maximă a echipamentului vechi de radioreleu, în septembrie 2006, RENAM a fost nevoit să anunțe o licitație pentru selecția unui nou operator de comunicații care ar putea oferi noi capacități și facilități prin canale radio-releu. În vederea creșterii în continuare a capacității gateway-urilor wireless, în 2006 a fost selectat un nou furnizor de comunicații – compania locală „StarNet” SRL din Republica Moldova.

Spre deosebire de furnizorii precedenți, noul furnizor de comunicații selectat și-a instalat propriile sisteme de radiodifuzare și putea oferi capacități STM-1 pentru a organiza o legătură directă între NREN-urile din Moldova și România. În 2007, Compania „StarNet” a început să ofere o capacitate de transmisie de date de 155 Mbps. Această capacitate a fost majorată în continuare până la 2x155 Mbps în 2008 și a fost operațională până la realizarea primei conexiuni optice directe în 2009. Concomitent, Compania „StarNet”, a oferit conexiunea la Internet prin radioreleu ca back-up pentru rețeaua RENAM.

De menționat că în perioada 2006–2007, RENAM a fost implicat în inițiativa regională care avea scopul să investigheze diverse sugestii adecvate pentru crearea infrastructurii optice regionale de integrare a altor NREN-uri în GEANT [4]. Această inițiativă a fost constituită ca proiect Gateway Optical Distributed

from Eastern Europe to GÉANT (Studiu Porta Optica) susținut de Comisia Europeană (proiect RI026617). În cursul realizării acestui proiect, a fost efectuată o investigație detaliată a unor soluții posibile de construire a rețelei bazate pe fibră optică pentru conectarea rețelelor de C & E a țărilor din partea europeană din fosta Uniune Sovietică (Moldova, Armenia, Azerbaidjan, Georgia, Estonia, Letonia, Lituania, Ucraina). Ca urmare a acestor investigații s-au elaborat recomandări pentru:

- construirea unor conexiuni transfrontaliere care să unească NREN-urile în vecinătate;
- stabilirea modalităților principale de organizare a conectării infrastructurii regionale legate de punctele de prezență (PoP – Points of Presence) GEANT.

Au fost întreprinse acțiuni speciale pentru activitățile de coordonare cu alte rețele regionale precum SEEREN, NorduNet etc. În urma acestor investigații, a fost posibilă propunerea integrării NREN-ului din Moldova – RENAM – în infrastructura regională din Europa de Sud-Est creată în cadrul proiectelor SEEREN / SEELIGHT.

Pe baza recomandărilor studiului "Porta Optica Study", pentru RENAM a fost elaborată ulterior o soluție detaliată a implementării conexiunilor prin fibră optică la RoEduNet – NREN (România), care permite, mai întâi, crearea conexiunii directe cu GEANT prin PoP din București, dezvoltată în cadrul proiectului SEEREN. Un alt rezultat al implementării proiectului de studiu "Porta Optica" este planul propus de creare a conexiunii directe RENAM cu Ucraina [5]. Dialogul a fost susținut între RENAM, Consiliul științific NATO, experții UE și RoEduNet pentru a sprijini proiectul de conectivitate regională între Moldova și România bazată pe tehnologia fibrei optice. Succesul obținut în realizarea proiectului a permis crearea unei platforme pentru planificarea și punerea în aplicare a unor noi conexiuni optice spre Ucraina și alte regiuni.

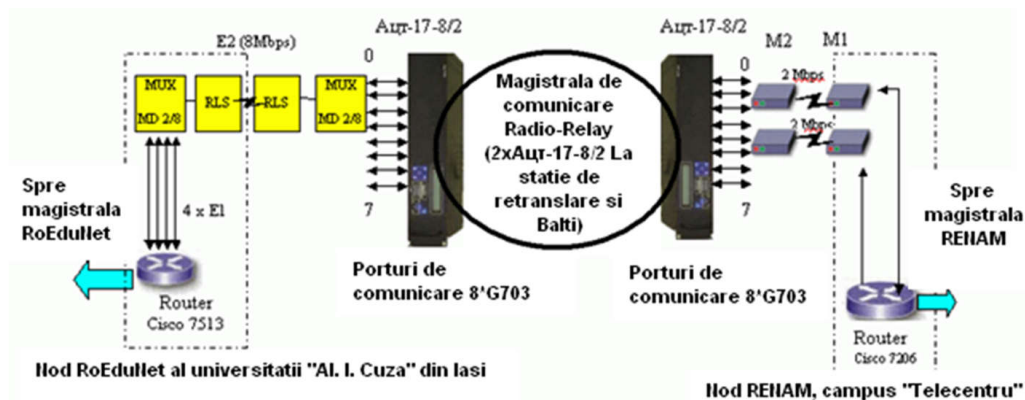


Figura 3. Conexiunea prin radio-releu RoEduNet – RENAM



Figura 4. Canalul optic de interconectare RENAM – RoEduNet, mai 2010

Perpetuarea noilor tehnologii și servicii de rețea performante, a sistemelor educaționale moderne, a noilor tehnologii și aplicații de învățământ la distanță necesită creșterea capacității legăturilor de comunicare interne și externe, utilizarea echipamentelor moderne de comunicații și lansarea noilor tehnologii de comunicații cu o calitate înaltă a serviciilor (QoS – Quality of Services). Modernizarea conexiunilor vitale urma să fie realizată în două etape: în prima etapă, modernizarea legăturii radio-relevu existente, care pe parcurs s-a confruntat cu multe restricții, iar în a doua etapă, construcția conexiunii transfrontaliere directe Chișinău – Iași de fibră optică (DF – Dark Fiber) [6].

Indubitabil, legătura prin DF este cea mai eficientă și durabilă, ce permite o modernizare permanentă și scalabilă a capacității de conectare. Pentru implementarea practică a conexiunii DF cu acoperirea financiară respectivă a fost elaborată și înaintată o nouă propunere de proiect integrată, cu câteva pachete de lucru specifice în cadrul Programului FP7. Bugetul proiectului a inclus o serie de componente separate care includeau sarcinile corespunzătoare ale pachetelor de lucru, iar aceste pachete complementare de lucru au fost cofinanțate din diverse surse financiare disponibile.

Programul de lucru al proiectului integrat includea următoarele activități principale:

- trasarea liniei DF de legătură între Chișinău și Iași (figura 4);
- specificarea, comandarea, instalarea și punerea în funcțiune a echipamentelor optice de transport de date;

- specificarea, comandarea, instalarea și punerea în funcțiune a echipamentelor de comunicații rutare și comutatoare (switching) pentru distribuția traficului;
- crearea segmentelor DF de ultimă milă în Chișinău și Iași.

Bugetul elaborat al proiectului pentru crearea legăturii optice prevedea un model de partajare a cheltuielilor, activând cinci surse majore de venituri financiare. Cheltuielile legate de instalarea cablului optic au fost parțial acoperite de proiectul FP7 SEE-GRID-SCI al CE [7], iar finanțarea suplimentară a fost furnizată de partenerul local compania StarNet. Contribuția semnificativă la construcția legăturii optice pe teritoriul României a fost asigurată de RoEduNet și organizația parteneră – Căile Ferate Române.

Achiziționarea echipamentului optic DWDM și a altor echipamente de comunicații de 10 Gbps a fost inclusă în proiectul NIG 982702 „Nou gateway RENAM – RoEduNet bazat pe implementarea tehnologiei CWDM, 2009-2010”, finanțat de Comitetul științific NATO.

Contribuția financiară suplimentară pentru achiziționarea echipamentelor de comunicații necesare a fost oferită de RENAM. De menționat că GEANT a donat pentru RENAM două rutere tip Juniper pentru dezvoltarea infrastructurii interne de distribuție a traficului extern.

În anul 2007, RENAM și RoEduNet au depus împreună o cerere la Asociația DANTE în care se solicitau parametrii capacității de trafic ce poate accesa RENAM în rețeaua GEANT prin RoEduNet. După confirmarea solicitării de către DANTE, proiectul propus de construcție a legăturii directe DF a fost perfectat pentru realizarea practică.

Condițiile de bază ale dezvoltării conectivității externe ale RENAM prin RoEduNet (justificarea echipamentelor, calendarul realizării legăturii DF etc.) au fost finalizate în anul 2008. Programul proiectului de creare a liniei optice RENAM – RoEduNet a fost îndeplinit cu succes la începutul anului 2010 și noua legătură optică a fost lansată oficial în prezența reprezentanților CE, NATO, Ministerului Educației al Republicii Moldova, AȘM, universităților la 20-21 mai 2010.

Crearea link-ului CBF (Cross Border Fiber) a oferit accesul efectiv la infrastructura și serviciile GEANT pentru întreaga comunitate de cercetare și educație din Moldova. Realizările proiectului au demonstrat un impact vădit, care constă în integrarea infrastructurii rețelei RENAM și a comunității științifico-educative naționale în spațiul informațional transeuropean și noile abilități de acces la o gamă largă de servicii disponibile în cadrul rețelei GEANT.

NOI OPORTUNITĂȚI DE DEZVOLTARE A CONEXIUNILOR CBF REGIONALE

Un nou dialog a continuat mai târziu în cadrul proiectului GN3plus. S-a urmărit investigarea soluțiilor pentru conectarea NREN-urilor din țările Parteneriatului Estic (EaP) la infrastructura de rețea GÉANT și sprijinirea elaborării unui proiect axat pe crearea de rețele regionale de cercetare și educație în Europa de Est [8]. Pe parcursul perfectării unui nou proiect de creare a rețelelor regionale, experții implicați au subliniat că utilizarea paradigmei "Dark Fiber" (DF) este soluția cea mai potrivită pentru implementarea infrastructurilor optice regionale. Acest concept a trebuit să fie bine înțeles pentru a evalua în mod adecvat aspectele economice și tehnice ale dezvoltării infrastructurii. În cadrul noului proiect, o atenție deosebită este acordată soluționării aspectelor de integrare eficientă a infrastructurii de rețea din țările EaP la GÉANT [8, 9].

S-au examinat diverse abordări ale dezvoltării infrastructurii regionale și integrarea acesteia în GÉANT. Figura 5 prezintă schema rețelei regionale propusă în conceptul noului proiect regional "EaPConnect", finanțat de UE și elaborat de experți ai NREN-urilor GEANT, CEENet și Parteneriatului Estic. Schema elaborată are avantajele clare:

- îndeplinește cerințele de conectivitate și capacitate ale tuturor NREN-urilor Parteneriatului Estic;
- oferă o creștere a capacității cu perspective de majorare pentru conectarea țărilor participante;
- traficul dintre NREN în Armenia, Azerbaidjan, Belarus, Georgia, Moldova și Ucraina merge direct prin conexiunile rețelei dedicate CBF.

Pentru RENAM, proiectul "EaPConnect" oferă posibilitatea de a extinde conectivitatea CBF regională de bază. Principalul rezultat așteptat al proiectului pentru RENAM constituie dezvoltarea infrastructurii regionale care include crearea și modernizarea canalelor optice spre România și spre Ucraina așa cum este prezentat în figura 5.

În acest context, în 2015, RENAM și RoEduNet au inițiat elaborarea unei noi soluții tehnice pentru modernizarea conexiunii CBF existente între NREN-urile din România și Moldova. Obiectivul principal al acestei inițiative este reingineria legăturii directe operate în vederea creșterii fiabilității, capacității și asigurarea scalabilității acesteia pentru o creștere viitoare. Implementarea soluției propuse vizează îmbunătățirea semnificativă a calității accesului la o gamă largă de servicii și resurse ale rețelei GEANT pentru instituțiile regionale de cercetare și educație.

Realizarea practică a proiectului EaPConnect finanțat de Comisia Europeană a început în a doua jumătate a anului 2015. La începutul anului 2016, un proiect tehnic nou pentru dezvoltarea conexiunii CBF între România și Moldova a fost elaborat de comun acord de către specialiștii RoEduNet și RENAM care a fost înaintat coordonatorului proiectului de la Asociația GEANT.

Interconectarea Moldova-România este concepută ca un segment important al proiectului EaPConnect și este prezentată ca parte a dezvoltării conectivității regionale care urmează să fie extinsă ca o variantă a interconectării GEANT și pentru întreaga rețea regională a Parteneriatului Estic. S-a acceptat că Ucraina, ca partener regional important în proiect, va sprijini construcția conexiunii directe CBF între Ucraina (UA)

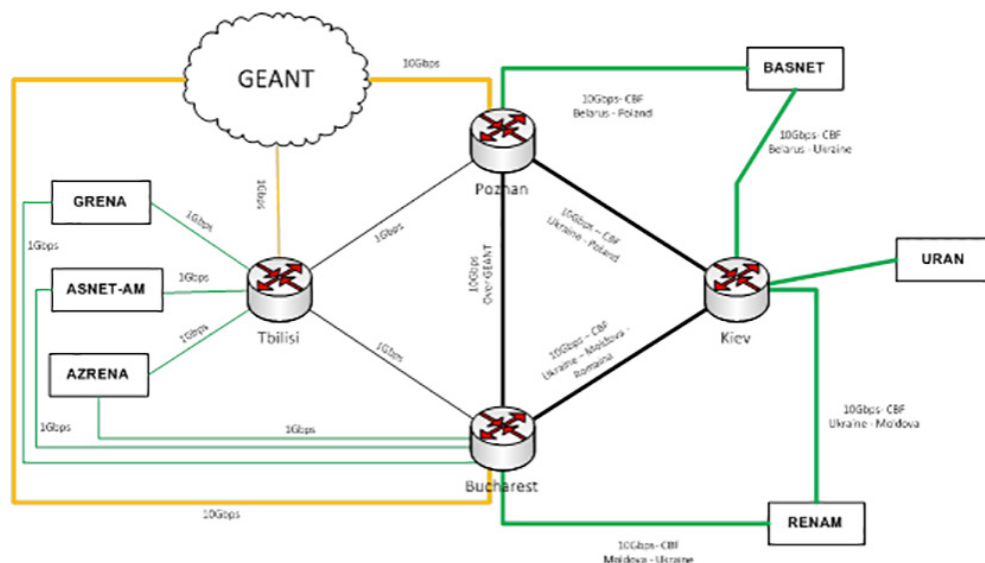


Figura 5. Schema rețelei regionale propusă de noul proiect regional "EaPConnect"

și Moldova (MD). Această conexiune ar putea fi în consecință stabilită prin utilizarea a două căi diferite – o posibilă opțiune fiind traseul de sud prin Odessa, iar al doilea poate fi traseul nordic.

Costurile generale ale noilor conexiuni CBF ar putea fi chiar mai mici decât cele prevăzute inițial în bugetul proiectului EaPConnect. Economia bugetului după aplicarea soluțiilor propuse și acceptate ar trebui să fie direcționată în continuare la dezvoltarea și punerea în aplicare a unor noi conexiuni regionale durabile. Situată geografic în Europa de Sud-Est, infrastructura de telecomunicații optice din Moldova oferă trei posibilități de soluții pentru conexiunile CBF cu implicarea României utilizând infrastructura optică internă disponibilă prin prisma conceptului de proiect EaPConnect [9,10]:

1. *Chișinău (MD) – Iași (RO)*. Dezvoltarea conexiunii optice care există fizic (proprietate RENAM) și operată în comun de către RENAM și RoEduNet. Conexiunea respectivă necesită dezvoltare (ținând seama de faptul că legătura dată funcționează din 2009) prin modernizarea echipamentului optic instalat, utilizând fondurile proiectului EaPConnect. Această soluție este aplicată pentru modernizarea echipamentelor Nortel 5200 DWDM;

2. *Chișinău (MD) – București (RO)* prin crearea unui nou link Chișinău (MD) – Galați (RO). S-au examinat opțiuni posibile și s-au început negocierile pentru construcția segmentelor optice, necesare pentru organizarea legăturilor de fibră optică pe traseul Chișinău – Cahul – Giurgiulești – Galați. Sunt operatori care au resurse optice existente și care pot oferi capacități necesare de infrastructură optică pentru a acoperi traseul Giurgiulești (MD) – Galați (RO). RoEduNet are propria infrastructură optică pentru realizarea conectivității Galați – București;

3. *Chișinău (MD) – Suceava (RO) via Criva (MD)*

și în continuare spre Cernăuți (UA). Ca traseu alternativ spre Criva (MD) și mai departe traversarea frontierei MD – UA, se ia în considerare opțiunea utilizării conexiunilor existente pentru crearea rutei Chișinău (MD) – Iași (RO) – Suceava (RO), care poate fi prelungită în continuare la Cernăuți (UA). Aceasta se explică prin faptul că în regiunea de nord a Republicii Moldova este un număr limitat de operatori și-i foarte complicat să se obțină în prezent soluții eficiente din punct de vedere al costurilor pentru închirierea sau achiziționarea de linii optice.

Pentru proiectarea tehnică a circuitelor optice Chișinău – București a fost formată o echipă de lucru în care au fost incluși specialiști din RoEduNet, RENAM și FelixTelecom (Compania de soluții optice din România). Echipa a pregătit specificațiile detaliate ale echipamentului DWDM pentru implementarea topologiei rețelei optice propuse. Soluția tehnică elaborată intenționează să conecteze RENAM PoP la Chișinău cu GEANT PoP din București cu două linkuri de 10 Gbps (figura 6):

- Circuit 1: Chișinău – Iași – București;
- Circuit 2: Chișinău – Galați – București.

Aceste două circuite vor utiliza linii optice diferite pentru a asigura continuitatea funcționării în cazul deteriorării unei legături optice sau a unui echipament de comunicație respectiv. Pentru organizarea legăturilor de comunicare, trebuie instalat noul echipament DWDM în nodul RENAM din Chișinău și în nodul RoEduNet conectat direct la GEANT PoP din București.

Conexiunea dintre cele două rețele este implementată în două locații RoEduNet din Iași și Galați (România). Pe teritoriul Republicii Moldova, RENAM va construi un nou segment optic Chișinău – Galați. Soluția elaborată presupune că fiecare dintre cele două segmente optice va fi echipat cu componente indepen-

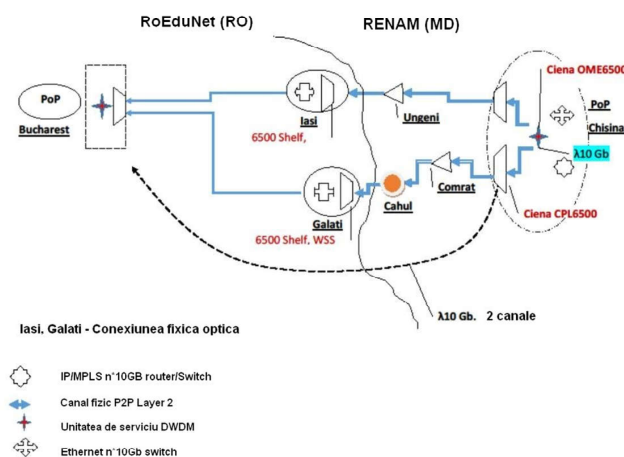


Figura 6. Structura logică a conexiunilor Chișinău – București

dente pentru organizarea transportului optic. Ambele circuite vor utiliza transpondere Ethernet de 10Gbps instalate la capetele fiecărui circuit.

S-au stabilit căile de regenerare necesare pentru a asigura funcționarea fiabilă a legăturilor optice. În soluțiile tehnice propuse, s-au precizat achiziționarea de routere, switch-uri, dispozitive DWDM, adică setul minim de echipamente de comunicații necesare care pot garanta funcționarea eficientă a infrastructurii de comunicații regionale create. Echipamentul propus va fi utilizat în prima etapă pentru asigurarea funcționării ambelor trasee a conexiunii RENAM – RoEduNet – GEANT. Dezvoltarea conexiunii CBF a rețelelor MD – UA este planificată pentru a doua etapă în cadrul proiectului EaPConnect.

CONCLUZII

Realizarea conexiunilor transfrontaliere de fibră optică planificate în proiectul EaPConnect conduce la creșterea semnificativă a conectivității externe a rețelei NREN în Moldova și în alte țări ale Parteneriatului Estic. În final, proiectul urmărește:

- înființarea și operarea unei rețele Internet în bandă largă cu o capacitate majoră pentru cercetare și educație (R & E) în șase țări ale Parteneriatului Estic: Armenia, Azerbaidjan, Belarus, Georgia, Moldova și Ucraina;
- integrarea rețelei naționale de cercetare și educație NREN-RENAM în spațiul rețelei paneuropene GEANT și diminuarea decalajului digital;
- facilitarea participării oamenilor de știință, studenților și cadrelor universitare locale la proiectele și colaborările la nivel european și mondial în domeniul C & E;
- promovarea serviciilor moderne TIC în învățământul superior și cercetare pentru a spori competitivitatea potențialului uman național.

RENAM furnizează e-Infrastructura rețelei în bandă largă ca platformă modernă pentru cercetare și educație în Moldova. Capacitatea ei este semnificativă pentru a servi o bază favorabilă a utilizatorilor din mediul academic și a asigura acordarea de servicii specializate pentru soluționarea unor probleme concrete de cercetare. Astfel, devine importantă convergența emergentă a infrastructurilor electronice ale universităților și instituțiilor de cercetare în sprijinul RENAM, ca platformă de comunicații națională. RENAM își dezvoltă în prezent infrastructura și operațiunile astfel încât să poată răspunde necesităților viitoare.

BIBLIOGRAFIE

1. A History of International Research Networking: The People who Made it Happen. Edited by Howard Davies, Beatrice Bressan. John Wiley & Sons, 2010, p. 317, ISBN 352732710X, 9783527327102.
2. Bogatencov P., Secrieru G., Degteariov N., Iliuha N. Scientific computing infrastructure and services in Moldova. Springer Link, Journal Physics of Particles and Nuclei Letters. Volume 13, Issue5, September 2016, p. 685-688, DOI: 10.1134/S1547477116050125, ISSN: 1547-4771 (Print) 1531-8567 (Online), ISI 0.42.
3. Peplow E., Rusu O.V., Bogatencov P., Secrieru G., Sidorenco V., Varzari B., Pascal V. RoEduNet-RENAM: a Project of fast Backbone Link between National Academic Networks of Romania and Moldova. Proceedings of the First RoEduNet Conference, April 18-19, 2002, Cluj-Napoca, Romania, p. 94-98.
4. Andries A., Altuhov A., Bogatencov P., Secrieru G., Sidorenco V. Prospects of regional fiber infrastructure development for research and education support. Abstracts of VI International Conference "Information Technologies – 2006", Chisinau, Republic of Moldova, 11-13 April 2006, p. 114-115.
5. Peplow E., Andrei E., Rusu O., Bogatencov P., Secrieru G., Sidorenco V. "NATO NIG Project of RENAM-RoEduNet Fiber Optic Channel." Proceedings of the 5th International RoEduNet IEEE Conference 2006. June 1-3, 2006, University of Sibiu, Romania, 2006, p.47-50.
6. Andries A., Bogatencov P., Peplow E., Rusu O., Secrieru G., Sidorenco V. Extension of regional and international connectivity of RENAM network. Abstracts of VIII International Conference "Information Technologies – 2008", 15-17 April 2008, Ch: MoldInfoNet, Chisinau, Republic of Moldova, p. 24-29.
7. SEE-GRID eInfrastructure for regional eScience - <http://www.see-grid-sci.eu>
8. Bogatencov P., Dombrougov M., Galagan V., Shkarupin V., Martynov E., Astsatryan A., Aliyev A., Kvatadze R., Tuzikov A. (2014), E-Infrastructures and E-Services in the Eastern Partnership Countries. "Networking in Education and Research", Proceedings of the 13th RoEduNet IEEE International Conference, Chisinau, Moldova, 11-12 September, 2014, p. 25-30, ISSN-L 2068-1038.
9. EaPConnect project: <https://www.eapconnect.eu/>
10. Bogatencov P., Secrieru G., Iliuha N. Network Architecture for the Development of Scientific Computing Infrastructure in Moldova: Current state and prospects of evolution. "Networking in Education and Research", Proceedings of the 12th RoEduNet IEEE International Conference, Constanta, Romania, 26-28 September, 2013, p. 7-12. ISSN-L 2068-1038.