

Tatiana Kováčiková – Martin Klimo \*

# ARCHITEKTÚRA A PROTOKOLY PRE BEZPEČNÉ SIETE BUDÚCICH GENERÁCIÍ

## ARCHITECTURE AND PROTOCOLS FOR ROBUST NGN

*Komunikačné siete hrajú v krízovom manažmente významnú úlohu z pohľadu infraštruktúry. Pre splnenie tejto úlohy je potrebné dosiahnuť, aby komunikačné siete boli dostatočne bezpečné. Bezpečnosť je jeden z aspektov, ktorý sa bude dotýkať aj sietí budúcich generácií (NGN - Next Generation Networks). Príspevok uvádza referenčný model architektúry a protokolov pre bezpečné NGN. Na základe charakteristík a požiadaviek kladených na riadiacu vrstvu, poukazuje na spôsob, akým môže byť riadiaca vrstva dekomponovaná a definuje tiež základné sieťové prvky, rozhrania a protokoly, ktoré by mohli byť použité pre ich vzájomnú spoluprácu. Na základe charakteristík a požiadaviek na vrstvu transportnú a vrstvu konektivity, ako aj použitím príkladov rôznych typov sietí a technológií, sa autori pokúsili definovať všeobecné funkcie vrstvy transportnej a vrstvy konektivity v sieti.*

### 1. Úvod

Komunikačné siete hrajú v krízovom manažmente významnú úlohu z pohľadu infraštruktúry. Pre splnenie tejto úlohy je potrebné dosiahnuť, aby komunikačné siete boli dostatočne bezpečné. Bezpečnosť je jeden z aspektov, ktorý sa bude dotýkať aj sietí budúcich generácií (NGN - Next Generation Networks).

Názov NGN sa zvyčajne používa v súvislosti so zmenami v infraštruktúre a poskytovaní služieb, ktoré sa začali v telekomunikačnom a IT priemysle [1]. Je však potrebné zdôrazniť tiež to, že pre NGN neexistuje presná definícia, pretože NGN neoznačuje žiadnu novú technológiu alebo typ siete, ale používa sa skôr ako „zastrešenie“, pojem, ktorým sa označuje vývoj a trendy po ére PSTN/ISDN/GSM.

Jednou zo základných charakteristík NGN je oddelenie služieb a sietí, čo umožňuje, aby mohli byť ponúkané samostatne a mohli sa vyvíjať nezávisle. Z tohto dôvodu je súčasťou navrhovanej architektúry NGN jednoznačné oddelenie funkcií potrebných pre realizáciu služieb a funkcií potrebných pre prenos. Potom ale medzi oboma funkciami musí existovať otvorené rozhranie. NGN umožňuje takýmto spôsobom poskytovanie existujúcich, ale aj nových služieb nezávisle od použitého typu siete a typu prístupu k danej službe.

Ďalšou dôležitou charakteristikou NGN je oddelenie vrstvy prenosu a vrstvy riadenia, ktoré komunikujú navzájom taktiež pro-

*Communication networks play an important infrastructural role in the crisis management. To fulfill this role, they have to be robust enough. The robustness is an aspect, which will have to be taken into account also in NGNs (Next Generation Networks). The paper introduces a reference model of the architecture and protocols for robust NGNs. Based on characteristics and requirements for the control architecture, it shows how the control layer can be decomposed, it identifies the basic network elements and the interfaces and protocols that might be used for their interworking. Based on the characteristics and requirements of transport and connectivity layers architecture, and using the examples of different network types and technologies, the authors try to identify the general functions of the transport and connectivity layers in the network.*

### 1. Introduction

Communication networks play an important infrastructural role in the crisis management. To fulfill this role, they have to be robust enough. The robustness is an aspect, which will have to be taken into account also in NGNs (Next Generation Networks).

The name NGN is usually given to the changes to the service provision infrastructures that have started in the telecom and IT industry [1]. What is necessary to be said is that no exact definition for NGN can be formulated, since NGN is not another new technology, nor new kind of single network, but rather an umbrella term to describe developments following the PSTN/ISDN/GSM era.

One of the main characteristics of NGN is the decoupling of services and networks, what allows them to be offered separately and to evolve independently. Therefore in the NGN architectures proposed, a clear separation between the functions for the services and the functions for the transport is done. An open interface is provided between both. NGN allows the provisioning of both existing and new services independently of the network and the access type used.

Another main characteristic of NGN is the decoupling of network transport and control layers, which interwork via open

\* Ing. Tatiana Kováčiková, PhD., doc. Ing. Martin Klimo, PhD.

Department of InfoCom Networks, Faculty of Management Science and Informatics, University of Žilina,

E-mail: tana@frkis.utc.sk, martin@frkis.utc.sk

stredníctvom otvorených rozhraní. Zatiaľ čo vrstva prenosu môže byť realizovaná rôznymi technológiami, vrstva riadenia je plne nezávislá od použitej technológie. Základnou úlohou NGN je poskytovať spoločné, jednotné a flexibilné prostredie pre poskytovanie rôznych typov služieb a aplikácií potrebných pre manažment siete prostredníctvom rôznych prenosových technológií. Koncepcia vrstiev, použitá pre návrh architektúry NGN, umožňuje operátorom zvoliť si vhodné transportné prvky a kombinovať ich s vhodným riadiacim softvérom.

## 2. Charakteristiky a požiadavky na riadiacu vrstvu NGN

Keďže v tejto časti príspevku sa zaoberáme hlavne vrstvou riadenia NGN, uvedieme si najprv niektoré vlastnosti a funkcie, ktoré musí riadenie v NGN zabezpečovať [2]:

- Transportná vrstva NGN je založená na paketových technológiách. Nezávisle od technológií však musí podporovať rôzne typy služieb vrátane ľubovoľnej kombinácie prenosu hlasu, videa a dát poskytovaných s rozličnými úrovňami QoS (Quality of Service).
- Vrstva riadenia je ovplyvnená potrebou podporovať vysokorychlostné multimediálne služby. Musí byť teda optimalizovaná tak, aby umožnila služby vyžadujúce zabezpečenie QoS na jednej strane, ale na druhej strane tiež dostatočne rýchla a spoľahlivá aspoň tak, ako signalizácia v PSTN.
- Vrstva riadenia musí byť otvorená tak, aby umožňovala jednoduchú integráciu nových služieb, vyvinutých buď poskytovateľmi služieb, „treťou stranou“, alebo dokonca samotnými koncovými používateľmi.
- NGN musí podporovať oba typy koncových zariadení, či už zariadenia existujúce alebo nové typy zariadení vyvinutých pre NGN. Pritom takéto nové typy koncových zariadení môžu byť oveľa inteligentnejšie ako tradičné jednoduché typy telefónov alebo dokonca multimediálne pracovné stanice. NGN koncové zariadenie poskytuje veľmi silnú počítačovú platformu pre to, aby v ňom mohla byť implementovaná logika a uchované niektoré dáta, pričom iné dáta, resp. logika môžu byť umiestnené na sieťových serveroch. Takto distribuované dáta a logika budú mať, zamozrejme, veľký vplyv na vrstvu riadenia.
- Hranica medzi funkciami riadenia a manažmentu sa postupne stráca a v NGN sa pravdepodobne úplne stratí. Je to z toho dôvodu, že nielen riadenie služby, ale aj funkcie manažmentu začínajú vyžadovať výkon funkcií v reálnom čase. Okrem toho funkcie súvisiace s manažmentom služby vyžadujú rovnaký stupeň spoľahlivosti ako funkcie riadenia služby. Preto je veľmi pravdepodobné, že funkcie riadenia a manažmentu v NGN budú podporované rovnakou architektúrou.
- Prvky riadenia v NGN potrebné pre riadenie relácií, médií, doručenia služieb, sieťových zdrojov a pod. môžu byť v sieti distribuované na rôznych miestach, dokonca v rámci rôznych sietí, a preto musia navzájom komunikovať prostredníctvom otvorených rozhraní. Pre potrebu komunikácie prvkov riadenia v sieti sú vyvíjané nové protokoly. Dôležitým aspektom, vplývajúcim na architektúru riadenia v NGN je aj nutnosť zabezpečenia vzájomnej spolupráce NGN s existujúcimi sieťami, ako PSTN (Public Switched Telephone Network), ISDN (Integrated Services Digital Network) a GSM (Global System Mobile).

interfaces. While transport relies on different technologies, control layer is independent. Its primary goal is to provide a common, unified, and flexible environment that can support multiple types of services and management applications over multiple types of transport. The concept of architectural layering gives carriers the possibility to choose the most appropriate transport elements and combine them with the most appropriate control software.

## 2. Characteristics and requirements of NGN control architecture

As this paragraph deals mainly with the NGN control layer, we will consider now some of the characteristics and functions the NGN control has to provide for [2]:

- The underlying transport network in NGN relies on packet-based technologies. Anyway, regardless to a technology, it has to support a variety of services involving any combination of voice, video and data, provided with different levels of QoS.
- The control layer architecture is affected by the need to support high-speed multimedia services. It has to be optimised for QoS-enabled services on one hand, but it has to stay fast and reliable like signalling in the PSTN on the other hand.
- The control layer has to be open in order to allow easy integration of new services developed either by service providers, or by third party service provider, or even by end users themselves.
- NGN has to support both existing and “NGN aware” end terminal devices. The latter ones can become far more sophisticated than the traditional low-functionality telephone sets or even multimedia workstations. The NGN end terminal devices will provide a strong computing platform for local execution of logic and storage data in conjunction with network-based servers. This will have, in turn, heavy impacts on the control layer.
- The boundary between control and management functions has been wiping away and probably will completely disappear in NGN. Not only service control, but also management functions are beginning to require real-time performance. Moreover, there are mainly service management functions that require the same level of reliability as service control. Thus, it is very likely that NGN management and control functions will be supported by the same architecture.
- In NGN the different control functional entities for policy, sessions, media, resources, service delivery, security, etc. control may be distributed over the infrastructure, including both existing and new networks and communicating over open interfaces. New protocols are being standardized to provide the communication between those functional entities. Interworking between NGN and existing networks such as PSTN, ISDN and GSM is another aspect that implies on the control architecture.

Na základe požiadaviek, kladených na riadiacu vrstvu NGN, môžeme naznačiť, ako by mala vyzerat' jej architektúra (obr. 1) [3]. Riadiaca vrstva NGN môže byť dekomponovaná na podvrstvu riadenia špecifických funkcií a charakteristík služby, povrstvu riadenia služieb/relácií a podvrstvu riadenia konektivity. Ďalšia dekompozícia môže byť urobená vnútri podvrstvy služieb. Oddelenie prístupu k službe, samotnej služby a komunikačnej relácie umožňuje to, že každý typ relácie môže byť spracovaný nezávisle od iných relácií. Takto je možné z jedného prístupu iniciovať viacero služieb a samotné komunikačné relácie môžu byť spracované nezávisle od globálnej služby, ktorej súčasťou tvoria. Delenie funkcií riadenia umožňuje vyvíjať nové typy služieb nezávisle od nižšie ležiacej vrstvy riadenia konektivity.

Ďalším aspektom otvorenej architektúry a rozhraní NGN je možnosť poskytnúť otvorené vývojové prostredie založené na aplikačnom programovacom rozhraní (API - Application Programming Interface). Toto zase umožní poskytovateľom služieb, vývojárom aplikácií z tretej strany, ale aj koncovým používateľom rýchlo a jednoducho vytvárať a implementovať aplikácie, vyplývajúce z ich konkrétnych potrieb. Tým, že poskytovatelia služieb získajú viac kontroly nad procesom zavádzania služieb, urýchli sa na jednej strane zavádzanie nových služieb a vznikne tiež možnosť opakovaného využitia prvkov už existujúcich aplikácií.

Vďaka distribuovanému spracovateľskému prostrediu NGN (DPE - Distributed Processing Environment), ktoré poskytuje „middleware“ pre možnosť vzájomnej komunikácie distribuovaných prvkov vrstvy služieb, riadenia a prenosu, je možné oddeliť inteligenciu siete od prvkov fyzickej siete. Takto môže byť inteligencia siete distribuovaná do najvhodnejších bodov v sieti, vrátane koncových zariadení. Sieťová inteligencia môže byť v zásade umiestnená buď na serveroch, na ktorých bežia programy a prvky potrebné pre danú službu, alebo na serveroch vyhradených pre špeciálne funkcie (ako sú napr. uzly riadenia služieb inteligentných sietí (SCP - Service Control Points), inteligentné periférne zariadenia a pod., alebo na okrajových zariadeniach tak, aby boli bližšie ku koncovým používateľom. Celá koncepcia je založená na tom, aby funkčné vlastnosti siete neboli viazané na fyzické sieťové prvky.

**Sieťové prvky:**

Na základe požiadaviek, ktorým musí architektúra riadiacej vrstvy NGN vyhovovať, môžeme teraz definovať jej sieťové prvky. V rámci ETSI (European Telecommunications Standards Institute) bola pre

Based on the requirements on the NGN control layer, we can look now at its architecture (Figure 1) [3]. The NGN control layer can be decomposed into feature control, service/session control, and connectivity control. Another decomposition can be done within the service control layer itself. The separation between access, service, and communications session control sublayers allows each type of session to be treated independently from the others. In this way, multiple service sessions can be started from a single access session and communications sessions can be treated separately from the overall service session they are part of. The separations mentioned above allow for services to be developed independently from underlying connectivity control.

Another aspect of NGN open architecture and interfaces is the possibility to provide for an open development environment based on an Application Programming Interface (API). This will enable service providers, third party application developers, and potentially end users to create and introduce applications based on their needs quickly and seamlessly. This

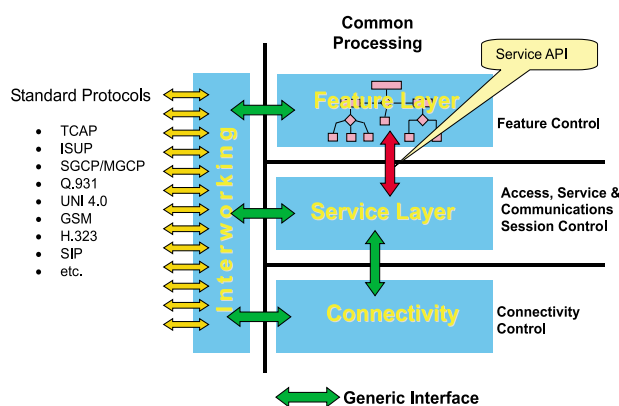
will accelerate the introduction of new services by giving service providers more control over the service introduction process and allow for the reuse of existing application components.

Thanks to the NGN Distributed Processing Environment (DPE) that provides a middleware infrastructure for the distributed components of the service, control and transport layers to communicate with each other, will uncouple the network intelligence from physical network elements. In this way, network intelligence can be distributed to the most suitable locations in the network, even to the end terminal devices. Network intelligence could reside in general purpose servers running the components needed for a particular service, on servers that perform specific

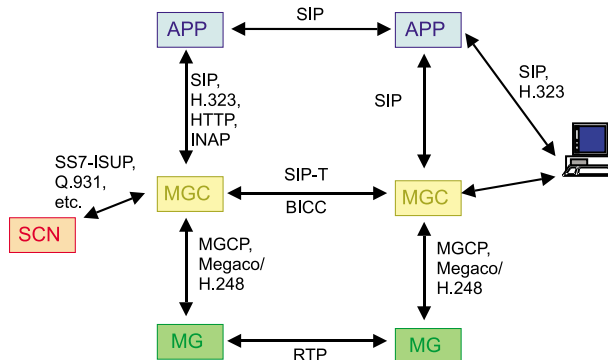
functions (e.g., IN Service Control Points - SCPs, Intelligent Peripherals, etc.), or on edge devices close to the consumer. Functional capabilities must not longer be coupled with the physical network elements.

**Network Elements:**

Based on the requirements that have to be met by NGN control architecture, we can now focus on the network elements the architecture is made up from. ETSI



Obr. 1. Architektúra riadiacej vrstvy  
Fig. 1. Control layer architecture



Obr. 2. NGN sieťové prvky, rozhrania a protokoly  
Fig. 2. NGN Network Elements, interfaces and protocols

implementáciu brány (gateway) navrhnutá distribuovaná architektúra, ktorá sa skladá z troch komponentov: „Media Gateway“ (MG), „Media Gateway Controller“ (MGC) a „Signalling Gateway“ (SG) [4].

#### Media Gateway

„Media Gateway“ robí konverziu informačného toku a protokolov z jedného typu siete na formát používaný v inej sieti. Väčšinou ide o konverziu formátu, v ktorom je informácia prenášaná v sieťach s prepojaním okruhov do formátu, ktorý používa paketová sieť. „Media Gateway“ zabezpečuje tiež všetky funkcie potrebné pre spracovanie informácie, ako zábrana ozveny, transkódovanie, resp. vysielanie rôznych tónov účastníkom. V prípade, že MG ukončuje signalizáciu pre riadenie spojenia z prístupovej siete, plní MG zároveň funkciu „Signalling Gateway“. MG teda môže na strane SCN (Switched Circuit Network) ukončovať signalizáciu typu SS7 alebo Q.931.

„Media Gateway“ zabezpečuje tiež funkcie súvisiace s klasifikáciou informačných tokov, napr. Prevádzkové a radiacie kontakty.

#### Signalling Gateway

„Signalling Gateway“ (SG) zabezpečuje konverziu transportných mechanizmov a formátu, v ktorom prichádza signalizácia, do transportných mechanizmov a formátu, v akom signalizácia odchádza. Môže existovať ako samostatná fyzická entita, alebo byť umiestnená v rámci tej istej entity ako funkcia MG. V prípade, že signalizáciu z prístupovej siete ukončuje MGC, je funkcia SG zbytočná. (prípád na obr. 2).

#### Media Gateway Controller (Softswitch, Call Agent, Call Server)

„Media Gateway Controller“ poskytuje všetky funkcie, potrebné pre riadenie spojenia, ako napr. smerovanie spojenia – smerovacie tabuľky, prevody adres, vyhľadávanie smerovacích informácií z externých zariadení, signalizáciu pre dané spojenie – vrátane schopnosti SG, zostavenie spojenia „treťou stranou“.

Poskytuje tiež rozhranie (prostredníctvom štandardného protokolu alebo otvoreného API (Application Programmable Interface) smerom k aplikačným serverom tak, aby bolo možné riadenie služby a rôznych spôsobov riadenia, ako riadenie AAA (Authentication, Authorization, Accounting), riadenie politiky QoS a pod.

#### Application Server

„Application Server“ (AS) je v podstate obdobou webových aplikačných serverov, ktorý riadi MGC. Aplikačné servery môžu riadiť aj iné radiacie jednotky sieťových prostriedkov NGN. Ich úloha je veľmi podobná funkcii SCF (Service Control Function) v IN (Intelligent Network) s tým rozdielom, že ich funkčnosť je rozšírená o nové sieťové scenáre.

Aplikačné servery musia podporovať vývoj nových služieb prostredníctvom API alebo skriptovacích jazykov, ako je CPL (Call Processing Language), resp. VoiceXML (Extensible Markup Language). Musia tiež poskytovať programovateľné rozhranie smerom k poskytovateľom služieb „tretej strany“. Aplikačné servery musia poskytovať tiež podporu pre databázy, v ktorých sa ukladajú dáta o účastníkoch a službách. Aplikačné servery by mali s MGC spolupracovať prostredníctvom štandardných protokolov alebo otvo-

(European Telecommunications Standards Institute) has proposed a distributed architecture for the Gateway implementation that is based on three components: Media Gateway, Media Gateway Controller and the Signalling Gateway [4].

#### Media Gateway

The Media Gateway converts media stream and framing protocols in one type of network to the format required in another type of network. Obviously, it provides conversion between circuit-switched resources and the packet network. The Media Gateway also provides the functions necessary for media handling, like echo cancellation, transcoding or tone sending. It should also provide a Signalling Gateway function, when it terminates call signalling from access networks. Thus, the Media Gateway may provide terminations such as SS7 or Q.931 on the SCN (Switched Circuit Network) side.

The Media Gateway provides media stream classification functions, e.g., control of traffic contracts.

#### Signalling Gateway

The Signalling Gateway converts the transport mechanism and formats of the incoming signalling to an appropriate ongoing signalling transport mechanism and formats. It can exist as a separate physical entity, or reside within the same entity as the Media Gateway function. In the case the Media Gateway Controller terminates signalling from an access network, its function is useless (the case in the Fig. 2).

#### Media Gateway Controller (Softswitch, Call Agent, Call Server)

The Media Gateway Controller provides the functions needed for call control, like call routing – routing tables, address translations, retrieval of routing information from external devices, call signalling process – including signalling gateway capability, third party call setup, event subscription.

It provides also an interface (a standard protocol or open API) towards Application Servers to enable service and policy control, like AAA policies, personalized QoS policies, etc.

#### Application Server

Application server is seen as the evolution of Web-based Application servers controlling Media Gateway Controllers. They can also control other NGN Resource Controllers. Their role is similar to the role of IN-Service Control Functions, extending their functionality to cover new network scenarios.

They have to provide support for developing services by means of APIs or scripting languages, like CPL or VoiceXML. They have to provide programmable interfaces to third party service providers. The Application servers have to provide database support to store subscriber and service data.

They should interwork with Media Gateway Controllers via standard protocols or open APIs. Examples of supported services are call routing, accounting, support for AAA and QoS policies, CUGs, etc.

rených API. Medzi služby podporované aplikačnými servermi patrí napr. smerovanie spojenia na základe určitých kritérií, odúčtovanie služby, podpora AAA a QoS alebo uzatvorených účastníckych skupín CUG (Closed User Group) atď.

#### Rozhrania a protokoly:

V nadväznosti na sieťové prvky definované v predchádzajúcom odseku je teraz možné definovať rozhrania a protokoly, prostredníctvom ktorých jednotlivé sieťové prvky riadiacej vrstvy NGN môžu komunikovať:

- Media Gateway – Media Gateway Controller: kandidátmi pre toto rozhranie sú protokoly MGCP a Megaco/H.248.
- Media Gateway Controller – Application Server: je možných niekoľko protokolov, napr. SIP (Session Initiation Protocol), H.323, HTTP (Hypertext Transfer Protocol), INAP (Intelligent Network Application Protocol), atď.
- Media Gateway Controller – Media Gateway Controller: pre toto rozhranie je možné použiť protokol SIP-T, alebo BICC (Bearer Independent Call Control).
- Application Server – Application Server: SIP, H.323, HTTP.

### 3. Charakteristiky a požiadavky na transportnú a spojovaciu vrstvu

V dnešných sieťach pracuje veľké množstvo sieťových technológií. Každá technológia podporuje určité sieťové funkcie. Ak sú takéto technológie súčasne použité v jednej sieti, niektoré funkcie môžu byť zdvojené, alebo dokonca strojené. Príkladom môže byť štruktúra IP – over – asynchronous transfer mode (ATM) – over – synchronous digital hierarchy (SDH) – over – optical transport network (OTN). Aby sme zabránili vzniku takýchto „prevrstvených“ štruktúr, je potrebné rozdeliť sieťové funkcie do príslušných sieťových vrstiev. Vrstvy siete, ktoré navrhujeme definovať, sú na obr. 3.

#### Control layer

Základnou úlohou transportnej vrstvy je prenos signálu z jedného bodu do iného vzdialeného bodu bez skreslenia. Táto úloha sa študuje odkedy po prvýkrát bol použitý elektrický prúd na prenos informácie. Dnešný stav technológie umožňuje, že žiadna jednotlivá aplikácia nedokáže využiť celú šírku pásma prenosového kanála. Preto poskytuje transportná vrstva aj funkciu multiplexu, ktorá rieši problém súčasného prenosu viacerých signálov tým istým kanálom. Toto riešenie je známe od doby vynálezu multitónovej telegrafie ako modulácia. Pojem modulácie môže byť zovšeobecnený na princíp multiplexu. Vysvetlíme si ho na obr. 4. Predpokladajme, že máme podobné signály z dvoch zdrojov. Ak by tieto signály boli prenášané súčasne tým istým kanálom (komunikačným prostredím), v kanáli by sa zmiešali tak, že by ich nebolo možné od seba oddeliť do výstupov kanálu. Aby sme takémuto zmiešaniu signálov zabránili, budeme každý signál pred jeho vyslaním modulovať, t. j. každému signálu vtláčime jedi-

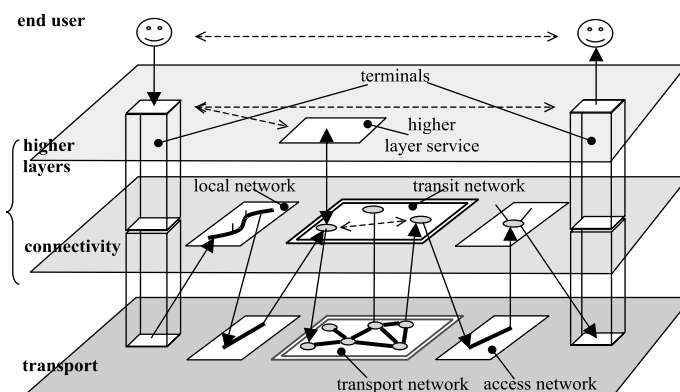
#### Interfaces and protocols:

Based on the Network elements defined in the previous section, the interfaces and protocols for NGN control layer can be given:

- Media Gateway – Media Gateway Controller: MGCP and Megaco/H.248 are the two main protocol at this interface.
- Media Gateway Controller – Application Server: more protocols are possible, including SIP, H.323, HTTP, INAP, etc.
- Media Gateway Controller – Media Gateway Controller: SIP-T, or BICC are the two possible protocols that might be used at this interface
- Application Server – Application Server: SIP, H.323, HTTP

### 3. Characteristics and requirements of transport and connectivity layers architecture

There are many different technologies in today's networks. Each kind of technology support some network functions, and if these technologies support one network solution, some functionalities may be doubled or even tripled. As an example we can take IP – over – asynchronous transfer mode (ATM) – over – synchronous digital hierarchy (SDH) – over – optical transport network (OTN) structure. To avoid such as “over-layered” structure, it is necessary to merge network function to the appropriate network layers. Layer architecture, which is proposed in this paragraph, is shown on hypothetical network at Fig. 3.



Obr. 3. Horizontálne vrstvený model siete  
Fig. 3. Horizontally layered network model

#### Control layer

The basic task of the transport layer is to transmit signal from one point to the distant point without distortion. This task is studied since electrical current was used for information transmission for the first time. Today we have situation, when no single real application can use all the bandwidth of the channel. Then the transport layer performs also the multiplexing function, i.e. solves the problem how to transmit simultaneously many signals over the same channel. Solution has been known as modulation since first multi-tone telegraph systems. This principle may be generalized to the multiplexing principle. We will follow Fig. 4 to explain the idea. Let us suppose similar signals from two users.

nečnú vlastnosť, ktorú nazveme návestím. Tieto návestia sa nesmú prekryvať, teda musia umožňovať oddelenie signálov.

Realizácia návestí závisí od stavu rozvoja technológie a my dúfame, že dnes mnohé z nich sú ešte neznáme. Napriek tomu sa pokúsime o ich klasifikáciu. Signálom môže byť vtláčená fyzikálna vlastnosť alebo logická štruktúra. Často používanou fyzikálnou vlastnosťou je rozsah frekvencií obsiahnutých v signáli, tak ako ho poznáme z klasických modulačných techník (AM, PhM, FM), alebo z vlnového multiplexu (WDM) v optických systémoch. Neškôr vyvinuté systémy vtláčali signálom logickú štruktúru. Použijeme terminológiu teórie kódovania a rozdelíme tieto príznaky na blokové a konvolučné. Pri blokových príznakoch, samotný príznak je viditeľný a signál sa dá rozdeliť na časť príznakovú a časť, ktorá obsahuje prenášanú informáciu. Ak je použité konvolučné návestie, potom na oddelenie návestia od signálu je potrebný nejaký algoritmus. Príklady známych návestí a ich klasifikácie ukazuje tabuľka 1.

Všetky návestia môžu byť vzájomne kombinované a vytvoriť tak nový typ návestia. Označovanie signálov návestiami je prvým krokom v procese multiplexu a budeme ho všeobecne nazývať moduláciou. Ak sú signály označené disjunktívnymi návestiami, potom môžu byť zmiešané a vyslané do kanála. Na prijímacej strane by potom mali byť signály oddeliteľné. Toto vydeľovanie signálu budeme vo všeobecnosti nazývať filtráciou a jej výsledkom je jeden signál, ktorý dostaneme zo zmesi signálov v kanáli.

Tento signál je ešte stále označený návestím, takže v ďalšom kroku musíme návestie zo signálu odstrániť. Tento proces nazveme demoduláciou. Po nej by signál mal mať rovnaký tvar ako originálny signál. Proces pozostávajúci z modulácie a zmiešavania modulovaných signálov nazveme multiplexom, proces pozostávajúci z filtrácie a demodulácie nazveme demultiplexom. Tento princíp multiplexu a demultiplexu je znázornený na obr. 5.

Zvláštny druh návestia dostaneme, ak je signál vysielaný len cez určitú časť priestoru. Môžeme to dosiahnuť vedeniami resp. vlákňami, alebo smerovanými rádiovými spojkami. V tomto prípade filtre nie sú potrebné a uvedená schéma je podstatne jednoduchšia.

Z uvedeného vyplýva, že transportná vrstva by mala prenášať signály od viacerých zdrojov k viacerým prijímačom bez skreslenia cez spoločné

When these signals are transmitted to the same channel (communication environment), the signals are mismatched and there is no way how to select one signal on the channel output. To avoid this mismatching, each signal before sending to the channel is modulated, i.e. each signal is stamped by unique property, which is called label. These labels have to be no overlapped, which means separability of the signals.

Labels depend on technology state of art, and we hope that many of them are unknown today. Anyhow we try to classify them. Signals may be stamped by physical property or by logical structure. Broadly used physical property is a spectral location of the signal known from classical modulation techniques (AM, PhM, FM) or wavelength division multiplexing (WDM) in optical systems. More recent labels stamp a logical structure to the signal. Using coding theory terminology we will distinguish block labels and convolution labels. In block labels, the labels are visible and the signal can be divided to the label part and carried information. If convolution label is used, label is not visible and some algorithm is needed to separate the label from the signal. Examples of known labels are given in Table 1.

All kinds of labels can be combined to the new type of label. Signal labelling is the first step in the multiplexing process and we will call it generally as a modulation. If signals are labelled by no overlapping labels, they may be mixed and sent to the channel. On a receiving side, there should be labelled signals separated. We will call this separation process generally filtering, and result of this process is one signal obtained from the signal mixture in the channel.

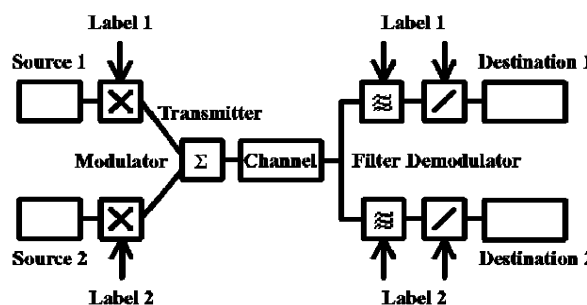
The signal is still labelled, then the next step is removing label out of signal. We will call it demodulation (delabelling). After demodulation the signal should have the same waveform as the original one. The process consisting of modulation and mixing is called a multiplexing, process consisting of filtering and demodulation is called demultiplexing. These multiplexing and demultiplexing principle are shown at Fig. 5.

Príklady návestí multiplexu  
Examples of multiplexing labels

Tab. 1  
Table 1

Type of label		System	Label
Physical		FDM, WDM	frequency
		TDM	time location
		GSM	frequency + time location
Combined		SDH	number + frequency
		IPoWDM	address + frequency
Logical	Block	IP	address, label (MPLS)
		ATM	VPI + VCI number
	Concolutional	CDMA	code

### Basic Transmission Chain



Obr. 4. Princíp multiplexu a demultiplexu  
Fig. 4. Multiplexing and demultiplexing principle

Special kind of labelling is obtained, if the signal is transmitted only through a separated part of space. It can be achieved by wires and fibres, or by relay radio links. In this case filters are missing and the scheme is much simpler.

Summarizing the above written the transport layer should transmit signals from many sources to many destinations without distortion over common communication

komunikačné prostredie. Ako vidíme, čas pritom nehrá žiadnu úlohu a predpokladáme, že systém plní úlohu priebežne, t. j. zdroje generujú signály neustále do tých istých prijímačov. Záverom sa pokúsme o definíciu transportnej vrstvy.

*Definícia:* Transportná vrstva je časť komunikačného systému, v ktorej sa priradenie príznakov vstupom v čase nemení.

Nie je našou snahou v tomto článku dať úplnú množinu definícií, preto definíciu komunikačného systému neuvádzame a nechávame ju na intuitívnu predstavu. Definícia hovorí, že na každom vstupe predpokladáme stále toky informácie a jedinou úlohou transportnej vrstvy je preniesť individuálne toky zo vstupov cez spoločný kanál na odpovedajúce výstupy bez skreslenia. Obvykle sú výstupy od vstupov vzdialené a uvedená definícia explicitne priraduje transportnej vrstve funkciu spoľahlivého a bezchybného prenosu. Aké vlastnosti spôsobuje pevné priradenie návěstí v transportnej vrstve? Musíme rozlíšiť dva prípady:

- ak veľkosť vstupného toku je veľmi nerovnomerná, potom kapacita transportnej vrstvy nie je plne využitá, pretože voľnú kapacitu nie je možné priradiť inému zdroju bez zmeny návestia. Preto je prirodzené očakávať, kapacita transportnej vrstvy v prístupových sieťach bude využitá veľmi zle.
- Iná situácia je v chrbticových sieťach. Zákon štatistickej stálosti umožňuje pevné priradenie návěstí jednotlivým vstupom a tak bude hrať transportná vrstva oveľa dôležitejšiu úlohu.

Ako sme teda uviedli, ak by sa nepožila žiadna iná sieťová funkcia, využitie transportnej vrstvy v prístupových a okrajových sieťach by bolo veľmi zlé. Aby sme tomu zabránili, vytvára sa spojovacia vrstva, ktorej hlavnou úlohou je riadiť prístup náhodne vznikajúcich požiadaviek na jednotlivé vstupy transportnej vrstvy. Rozdelíme spojovaciu vrstvu na dve podvrstvy: prepojovaciu a signalizačnú (vrstvou manažmentu sa v tejto časti nebudeme zaoberať). Najskôr začneme vysvetlením funkcie prepojovacej podvrstvy.

Predpokladajme konfiguráciu podľa obr. 5. Do prepojovacej vrstvy (prepojovací uzol) sú pripojené dve vstupné transportné vrstvy (linky IL1 a IL2) a dve výstupné transportné vrstvy (linky OL1 a OL2). Všetky transportné vrstvy používajú rovnaké 3 príznaky, teda celá konfigurácia používa len tieto 3 príznaky. Úlohou prepojovacej vrstvy je preniesť signál zo vstupnej linky na správnu výstupnú linku. Aby sa zabránilo zmiešaniu signálov, je nutné návestia signálov zmeniť. Preto sa prenos signálov riadi prepojovacou tabuľkou, v ktorej je každej kombinácii návestia a vstupnej linky priradená kombinácia návestia a výstupnej linky. Signál pri vstupe do prepojovacej vrstvy je označený pred vstupom do vyrovnávacej pamäte podľa mena linky (napr. v našom obrázku biela alebo

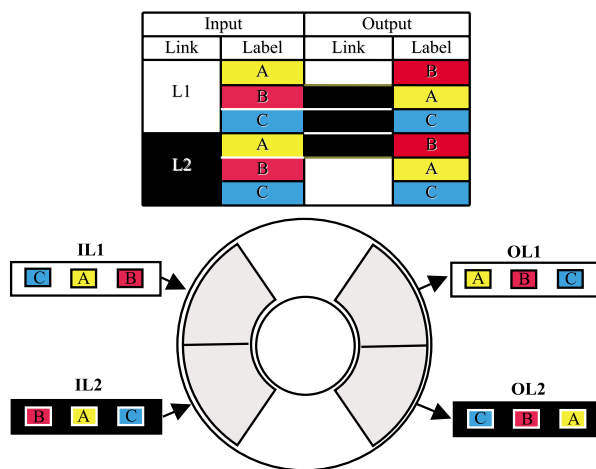
environment. As you can see time plays no role and we assume that this functionality is fulfilled continuously, i.e. sources produce continuously signals to the same destinations. Concluding this part the definition of the transport layer is given:

*Definition:* The transport layer is a part of a communication system in which label mapping to the inputs is fixed.

The aim of the paper is not to give a closed set of definitions, and then a definition of communication system is omitted and left for intuitive understanding. The definition says, that fixed flows in each input are assumed, and the only role of the transport layer is to deliver individual signals from sources to destinations over the common channel. Usually sources are far from destinations and this definition implicitly assigns functionality of reliable and distortion (error) free transmission to the transport layer.

What means assumption of a fixed label mapping in the transport layer? We should distinguish two cases. If the input flow is far from the constant shape, the capacity of the transport layer is not fully utilised, because it is impossible to assign free capacity to another source without label change. Then it is natural expecting the transport layer in access networks to be utilised very poorly. Another situation can be found in core networks. Due to the law of statistical stability, fixed label mapping to the inputs may be really implemented and the transport layer will play much more important role.

As we have mentioned above, exploitation of the transport layer in access and edge networks is very poor if no other communication functionality is used. To avoid this, the connectivity layer is introduced and its main role is to manage random requests for transmission in individual inputs. Let us divide the connectivity layer to switching and signalling sublayers (management sublayer is omitted in this chapter). Let us explain the function of the switching sublayer first.



Obr. 5. Princíp prepojovania

Fig. 5. Switching principle

Let us suppose the configuration as shown in Fig. 5. Two incoming transport sublayers (links IL1, IL2) and two outgoing transport sublayers (links OL1, OL2) are connected to the switching layer (switching node). Each transport layer uses the same labels, i.e. the whole configuration uses only 3 labels. A task of the switching level is to take signal from the input link and forward it to the proper output link. To avoid mismatching of signals in the output link, it is necessary to change their labels. Therefore, signals forwarding

is controlled by a switching table, in which a unique combination of the output link and label is assigned for each combination of

čierna). V ďalšom kroku je signál na výstupe vyrovnávacej pamäte identifikovaný podľa mena linky a návestia signálu a postúpi do centrálnej prepojovacej matice, ktorá podľa toho prečíta z prepojovacej tabuľky meno výstupnej linky a nové návestia signálu. Podľa mena výstupnej linky je signál poslaný do príslušnej vyrovnávacej pamäte výstupnej linky, z ktorej sa vysiela signál s novým návěstím do výstupnej linky (transportnej vrstvy). Na rozdiel od transportnej vrstvy, kde je priradenie vstupov k výstupom pevné, v prepojovacej vrstve je priradenie výstupov k vstupom dané prepojovacou tabuľkou, ktorá nie je pevná a môže sa meniť. Táto vlastnosť sa využije vtedy, keď jeden prenos signálu je ukončený a príde požiadavka na prenos iného signálu. Vidíme, že prepojovacia vrstva vytvára stavový automat, v ktorom prenos signálu závisí od stavu prepojovacej tabuľky. To umožňuje veľkú redukciu objemu prenášanej riadiacej informácie a umožňuje vysokú efektívnosť využívania návěstí.

Ako sme spomenuli, v prípade, že sa prenos jedného signálu ukončí alebo príde požiadavka na prenos nového signálu, prepojovacia tabuľka vyžaduje obnovu stavu. Jedinou možnosťou, ako obnovu prepojovacej tabuľky urobiť, je preniesť túto informáciu do tabuľky. Ako vidíme, obnova prepojovacej tabuľky vytvára potrebu prenosu nového signálu, ktorý opäť musí byť prenášaný cez prepojovacia a transportnú vrstvu komunikačnej siete. Tým sa problém prepojovania začína cykliť, pretože doručenie obnovovacej informácie do prepojovacej tabuľky vyžaduje novú prepojovacia tabuľku, tá vyžaduje svoje obnovenie atď. Preto spojovacia vrstva vyžaduje novú podvrstvu, ktorú nazývame signalizačnou. Jej hlavnou úlohou je obnova prepojovacích tabuliek. Aby sa zabránilo cyklickému obnove prepojovacích tabuliek, ktoré sme vyššie spomenuli, signalizačná podvrstva musí používať na prepojovanie signálov pevné prepojovacie tabuľky. To znamená, že návestia je jedinečné pre každý cieľový uzol, alebo inými slovami – označenie cieľového uzla je samotným návěstím. Tento spôsob prepojovania signálov sa nazýva smerovanie. Teda signalizačná podvrstva vyžaduje smerovanie, alebo ak by sme boli trochu provokujúci, internet s protokolom IPv4 nie je nič iné ako signalizačná sieť. Ďalšie funkcie signalizačnej podvrstvy spomenieme neskôr, teraz sa pokúsme o definíciu.

*Definícia:* Spojovacia vrstva je časť komunikačného systému, v ktorej sa priradenie vstupov k jednotlivým výstupom môže v čase meniť. Prepojovanie je funkcia spojovacej vrstvy, ktorá premiestňuje signál zo vstupu na výstup a mení jeho návestia podľa prepojovacej tabuľky. Smerovanie je funkcia spojovacej vrstvy, ktorá premiestňuje signál zo vstupu na výstup podľa smerovacej tabuľky bez zmeny návěstia signálu.

Všeobecne platí, že návestia požívané spojovacou vrstvou môžu byť rovnakého druhu ako návestia v transportnej vrstve, viete si však predstaviť, aké by bolo nehospodárne použitie fyzikálnych návěstí pre smerovanie, aby sme zabránili zmiešaniu signálov smerovaných k tom u istému cieľu v jednej linke. Preto sa pre smerovanie používajú len logické príznaky. Podľa nášho názoru je smerovanie vhodné pre siete s menším objemom dát alebo s vysokým pomerom množstva prenášanej informácie k množstvu informácie v návestiach. Tak je to napríklad v signalizačnej podvrstve, kde sa údaje generujú prevažne na začiatkoch a koncoch spojení. Najmä hlasový signál v telefónii však vyžaduje prenos malých kusov informácie, aby nedošlo k zhoršeniu kvality kvôli vysokému oneskoreniu. V tomto

the input link and label. When the signal enters the switching layer, it is stamped in an input queue by a link name (black or white in our example). In the next step, a signal identified by the link name and the label enters a central switching matrix, which reads out from the switching table the output link name and the new label. Using this output link name, the signal is forwarded to the proper output link buffer, from which the signal with its label is sent to the output link (transport layer). In the contrast to the transport layer, where the input – output mapping is fixed, the input – output mapping in the switching layer is given by the switching table, which is not fixed and may be changed. This property is used, when transmission of some signals is finished and a new demand for signal transmission occurs. We can see that the switching layer is a state automaton, where forwarding depends on a switching table state. This allows high reduction of management information transmission and it provides high efficiency in label economy.

As it was mentioned, switching table needs updating when transmission of some signals is finished or there is a new demand for signal transmission. The only way how to update the switching table is to deliver this information to the table. As we can see, a switching table updating generates a new signal, which has to be transmitted over the transport and connectivity layers. Here, the switching process starts looping because to deliver the information to the switching table new switching tables are needed, etc. This is why the connectivity layer needs a new sublayer, which is called the signalling sublayer. Switching tables updating is the main task for this sublayer. To avoid the switching tables looping mentioned above, a signalling sublayer has to use signal forwarding with fixed switching tables. It means that the label has to be unique for each destination, or, in other words, the destination name is the label itself. This kind of signal delivering is known as routing. That means that a signalling sublayer needs routing, or to be provocative – the Internet with IPv4 is a signalling network. Other function of the signalling sublayer will be given later, now a definition of the connectivity layer follows.

*Definition:* The connectivity layer is a part of a communication system in which label mapping to the inputs is not fixed. Switching is a function of the connectivity layer which forwards signals from the inputs to the outputs and changes the signal label according a switching table. Routing is a function of the connectivity layer which forwards signals from the inputs to outputs according a routing table without change of signal labels.

Generally speaking the labels for the connectivity layer may be the same as for the transport layer, anyhow you can imagine, that using physical labels for routing will be extremely wasteful because it is necessary to avoid a mixture of different flows routed to the same destination over the same link. For this reason recent routing mechanisms use only logical block labels. In our opinion routing is really suitable to be used only in networks with small data volume, like in the signalling sublayer, where data are mainly generated by beginning and end events in the user data transmission. Especially voice signals in telephony service need to transmit small pieces of signals to avoid quality degradation due to high latency. In this case, mass telephony over any network is possible

prípade hromadná telefónia (po ľubovoľnej sieti) je možná len vtedy, ak sa dosiahne vysoká hospodárnosť v používaní príznakov, t. j. ak pre spojovanie hlasu bude použitá prepojovacia podvrstva a smerovanie bude využité len pre signalizáciu. To znamená, že dáta s nižším objemom v porovnaní s riadiacou informáciou a požadujúce prenos v reálnom čase by mali používať spojovo orientované služby prenosu. Na druhej strane služby typu „always on“ by mali mať vysoký pomer prenášanej informácie v porovnaní s informáciou v návěstí. Potom môžu byť tieto služby nespojovo orientované a môžu používať signalizačnú podvrstvu aj na prenos informácie aplikácie.

Napriek tomu, že sme definovali transportnú, spojovaciu vrstvu či prepojovaciu, signalizačnú podvrstvu, nebudeme tu špekulovať o tom, čo je prenosový alebo spojovací (prepojovací, smerovací) systém. Je pravdou, že každý z týchto systémov viac-menej obsahuje obidve funkcie – prenos aj spojovanie. Napríklad súčasné optické spojovacie systémy s mikro elektromechanickými prvkami sú viac prenosovými ako spojovacími systémami. Dokonca optické systémy s crossconnect prvkami používajúcimi OEO prepojovanie patria medzi prenosové systémy, hoci samotné crossconnect prvky patria do spojovacej vrstvy. Preto pre hrubé rozlíšenie prenosových a spojovacích (prepojovacích/smerovacích) môže byť použité časové hľadisko. Ak priradenie návěstia jednotlivému signálovému prvku sa mení pre každý signálový prvok alebo spojenie, potom budeme systém nazývať spojovacím (prepojovačom/smerovačom). Ak je toto priradenie nemenné po dlhšiu dobu (medzi dvoma zásahmi manažmentu siete), potom nazveme systém prenosovým. Toto hrubé delenie môže byť užitočné na to, aby sme sa vyhli znásobeniu základných komunikačných funkcií. Bez ohľadu na hierarchiu, je zaujímavé poznamenať, že napríklad z uvedeného pohľadu je MPLS prenosovým systémom. Nechávame na čitateľov aby zväžili čo sú prevažujúce základné komunikačné funkcie systémov LAN, MAN, ATM, MPLS, MPS, RSVP, SDH, WDM atď. v rôznych úlohách, konfiguráciách alebo topológiách.

only if high label economy will be achieved, i.e. only if the voice connectivity will pass over the transport and switching layers, and the routing layer will be kept for signalling only. It means that real time application with higher application data volume comparing to signalling data volume should be connection oriented. On the other hand “always on” services should have a high ratio of application data comparing to the label data. Then the service may be connection less and may use the signalling sublayer for application data delivering.

Despite defining transport/connectivity layers or switching/signalling sublayers, we are not going to speculate what is a transport system or connection (switching, routing) system. It is true that each of these systems contains more or less both – the transport and connectivity layer. Recent optical switches with micro electro-mechanical systems are more transmission systems than switching systems. Even optical systems with crossconnects using OEO switching belong to transmission systems even when the crossconnect itself belongs to the switching layer. A thumb rule for distinguishing between transport and connection (switching/routing) systems may be a time scale. If the individual signal unit label mapping to the inputs may be different for each signal unit or session, then we will call the system a switch or router. If this mapping is constant for a longer period (between two network management actions), we will call the system a transport system. Also this thumb rule may be useful to avoid multiplying of a basic communication function. Without questioning of a hierarchy role, it is interesting to realize that, for example, MPLS is from our perspective a transport system. It is left to readers to debate what is the basic functionality of LAN, MAN, ATM, MPLS, MPS, RSVP, SDH, WDM, etc. in different roles, configuration or topologies.

#### Literatúra - References:

- [1] Report from the ETSI 38th General Assembly meeting, Next Generation Starter Group, Nice, November 2001
- [2] ABDI, R. Modaresi, BellSouth Science and Technology, Seshadri Mohan, Converse Network Systems: „Control and Management in Next-Generation Networks: Challenges and Opportunities”, IEEE Communication Magazine, October 2000
- [3] J.C. CRIMI: „Next Generation Networks Services:” A Telcordia Technologies White Paper, [http://www.telcordia.com/events/download\\_pdf.html](http://www.telcordia.com/events/download_pdf.html)
- [4] PAOLO FALCARIN, PATRICIA LAGO: Politecnico di Torino, Alessandra Andretto, Carlo Alberto Licciardi, Telecom Italia Lab: „Next Generation Networks: the service offering standpoint”, [www.iec.org/events/2002/inip-wf/presentations/licciardi\\_carlo.pdf](http://www.iec.org/events/2002/inip-wf/presentations/licciardi_carlo.pdf)