

Příloha č. 1 zadávací dokumentace **Technická dokumentace**

Popis sítě CESNET2 a požadavky na předmět plnění

Obsah

Obsah	1
1. Úvod.....	2
2. Popis páteřní sítě CESNET2	2
2.1 Optická přenosová vrstva DWDM ONS15454 MSTP.....	3
2.2 IP/MPLS vrstva sítě CESNET2.....	6
2.2.1 Aktuální konfigurace směrovačů CRS-3/16 v duálním uzlu Praha	12
2.2.2 Aktuální konfigurace směrovačů CRS-3/16 v uzlu Brno II.	14
2.2.3 Aktuální konfigurace směrovačů CRS-3/16 v uzlu Hradec Králové	15
2.2.4 PE směrovače Alcatel-Lucent 7750 SR-12E pro přístupové uzly sítě CESNET2	17
3. Požadavky na předmět plnění - dodávky	21
3.1 Harmonogram dodávek.....	21
3.2 Základní požadavky na technické parametry PE směrovačů:.....	21
3.2.1 Požadované konfigurace jednotlivých směrovačů:.....	22
3.2.1.1 PE směrovač pro uzel Jihlava	22
3.2.1.2 PE směrovač pro uzel Ústí n. Labem.....	23
3.2.1.3 PE směrovač pro uzel Most.....	23
3.2.2 L2/L3 přístupové přepínače	24
3.3 Management systém terabitových směrovačů a přepínačů	25
3.4 Ostatní požadavky na dodávku zařízení	25
3.5 Požadavky na dokumentaci.....	25
4. Požadavky na předmět plnění – služby.....	26
5. Požadované parametry a vlastnosti zařízení a management systému.....	26
5.1 Požadované parametry a vlastnosti PE směrovačů	26
5.2 Požadované parametry a vlastnosti L2/L3 přepínačů.....	29
6. Související požadavky	31

1. Úvod

Informace a údaje uvedené v jednotlivých částech této technické dokumentace vymezují závazné požadavky zadavatele na plnění veřejné zakázky Dodávka PE směrovačů do IP/MPLS uzlů sítě CESNET2 v lokalitách Jihlava, Ústí nad Labem a Most (Projekt eIGeR). Tyto požadavky je uchazeč povinen plně respektovat při zpracování nabídky.

2. Popis páteřní sítě CESNET2

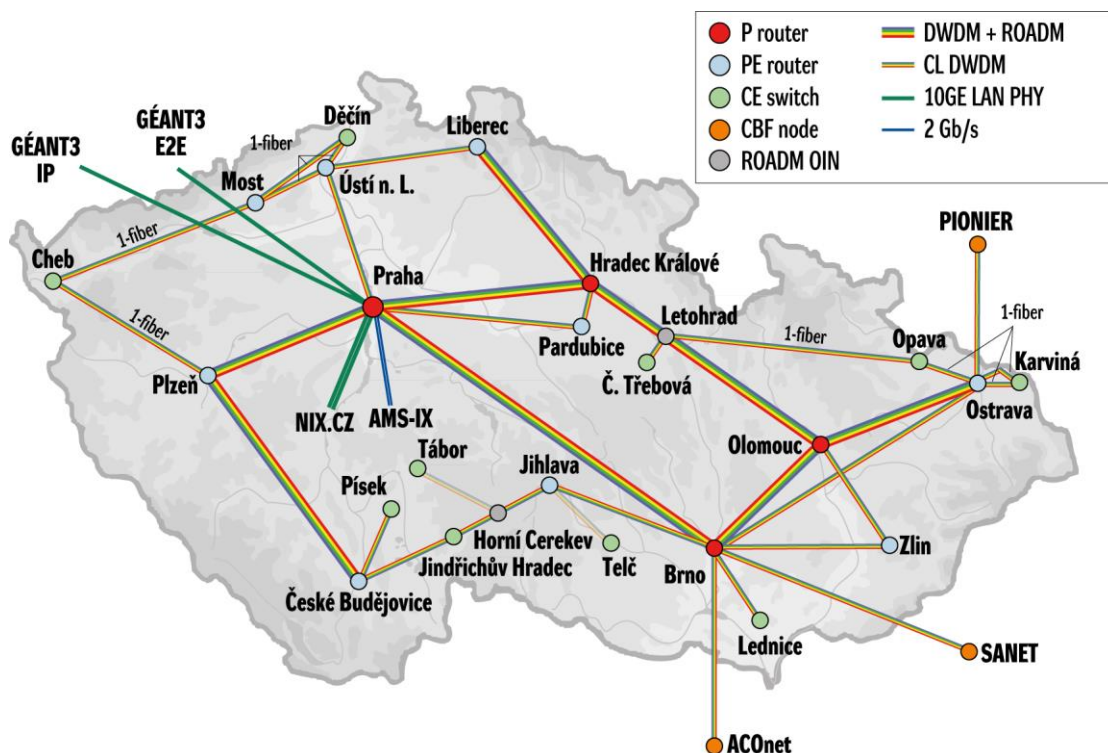
Základem páteřní sítě CESNET2 je infrastruktura pronajatých optických vláken odpovídajících standardu ITU-T G.652 osazených technologií DWDM (viz Obrázek 1), která umožňuje jak budování dostatečně propustné a spolehlivé IP/MPLS vrstvy sítě pro standardní internetovou komunikaci, tak vytváření vyhrazených kanálů či sítí pro potřeby náročných datových přenosů a nových aplikací (například komunikace s experimentálním vědeckým zařízením v reálném čase).

Optická přenosová vrstva DWDM využívá dva typy technologií s podporou optických přenosových kanálů o kapacitě 1-100 Gb/s a 1-40 Gb/s:

- Hlavní optický transportní systém DWDM Cisco ONS15454 MSTP na dvouvláknových trasách; podpora přenosových kanálů o kapacitě 1-100 Gb/s
- OpenDWDM systémy založené na programovatelných optických zesilovačích (Cesnet CzechLight family), který hlavní DWDM systém doplňuje. OpenDWDM systém využíváme na optických trasách, kde je potřeba malý počet optických přenosových kanálů a kde by velký DWDM systém byl neekonomický; podpora přenosových kanálů o kapacitě 1-10 Gb/s (některé úseky jsou navrženy až pro 40 Gb/s)

Připojení koncových zařízení (směrovače, prepínače) do optického přenosového systému OpenDWDM je realizováno „barevným“ DWDM rozhraním s využitím výměnné optiky DWDM s podporou DOM (DWDM Xenpak, DWDM GBIC, DWDM XFP, DWDM SFP se 100GHz rozestupem kanálů dle ITU-T), který je v těchto zařízeních přímo nainstalován.

Hlavní optický přenosový systém ONS 15454 MSTP využívá rozestup optických přenosových kanálů 50 GHz. Koncová zařízení musí podporovat výměnná optická rozhraní s 50 GHz rozestupem. Standardní způsob připojení je realizován pomocí transpondérů nebo muxpondérů a šedým rozhraním v koncových zařízeních. Pro kratší přenosové kanály lze rovněž využít výměnná optická rozhraní v koncových zařízeních. Tato rozhraní začínají být dostupná i pro 50 GHz rozestup kanálů. Terabitové směrovače CRS-3/16 v uzlech hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě Praha I., Praha II., Brno II, Hradec Králové a Olomouc rovněž využívají laditelná DWDM rozhraní (pásmo C, 50 GHz rozestup kanálů dle ITU-T), která umožňují přímé zakončení optických přenosových kanálů přímo ve směrovačích (tj. bez nutnosti použít transpondéry v DWDM systému).



Obrázek 1 Aktuální topologie optické přenosové vrstvy DWDM

2.1 Optická přenosová vrstva DWDM ONS15454 MSTP

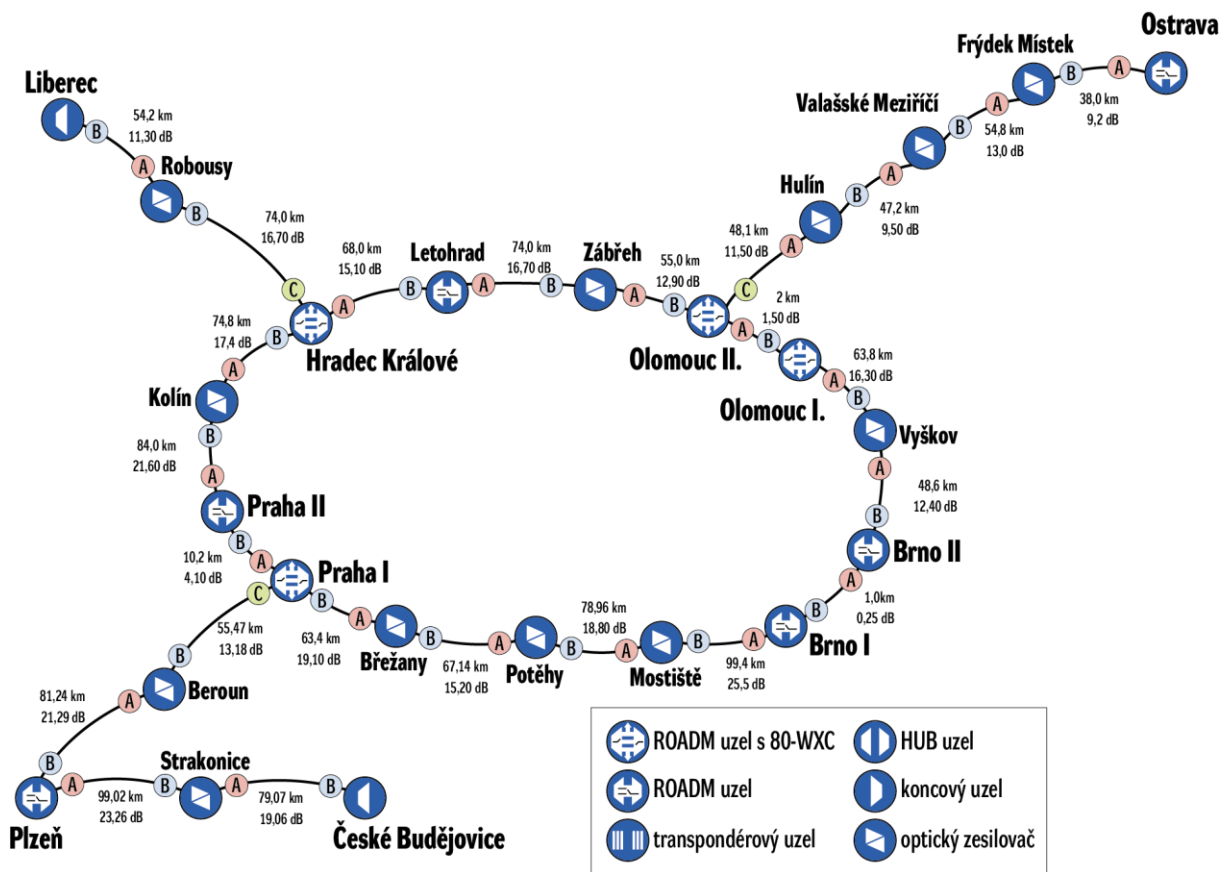
Hlavní jádro optické transportní sítě DWDM (viz. Obrázek 2) je vybudováno na technologii CISCO ONS 15454 MSTP a umožňuje flexibilní vytváření optických přenosových kanálů mezi jednotlivými ROADM uzly. Koncepčně je hlavní jádro DWDM sítě postaveno jako ucelený optický transportní systém (optické přenosové kanály nevyžadují finančně náročnou OEO konverzi při průchodu systémem) s centrálním řídicím a dohledovým systémem. ROADM uzly, které zajišťují vkládání/odbočování/průchod optických kanálů, jsou umístěny v uzlech sítě CESNET2. Optická transportní síť DWDM podporuje přenosové kanály Point-to-Point na L0-L1 vrstvě, L2/DWDM Point-to-Point a „Multi-Point protected“ okruhy. Rovněž umožňuje přenos „cizích“ optických přenosových kanálů, které začínají či končí mimo tento DWDM systém („alien“ wavelength support).

Vícecestnou ROADM funkcionalitu v uzlech Praha, Hradec Králové a Olomouc zajišťují speciální patch panely (15454-PP-MESH-8) a 15454-80-WXC-C (Wavelength Cross Connect) moduly, které umožňují propojení výhradně na optické úrovni (tj. bez nutnosti OEO konverze). V těchto uzlech je rovněž využíván multishelf management, kdy několik fyzických chassis je řízeno a dohledováno jako jediný logický celek.

DWDM síť obsahuje 24 uzlů ONS15454 MSTP (celkem 37 chassis):

- 4 x 8-směrné WXC uzly; tyto uzly jsou řešené jako 33% omnidirectional
- 1 x 4-směrný WXC uzel; tento uzel je řešen jako omnidirectional
- 3 x terminálové uzly
- 4 x 2-směrné ROADM uzly (two-way)
- 12 x OLA (zesilovací uzly)

Provozovaná verze SW je 9.6.0. Management sítě a performance monitoring zajišťuje SW Cisco Prime Optical identické verze 9.6.0. Celý DWDM systém je zároveň monitorován SNMP měřícím systémem G3 (včetně optických parametrů), který je rozvíjen v rámci výzkumných aktivit zadavatele a je pro monitorování DWDM systému přizpůsoben.



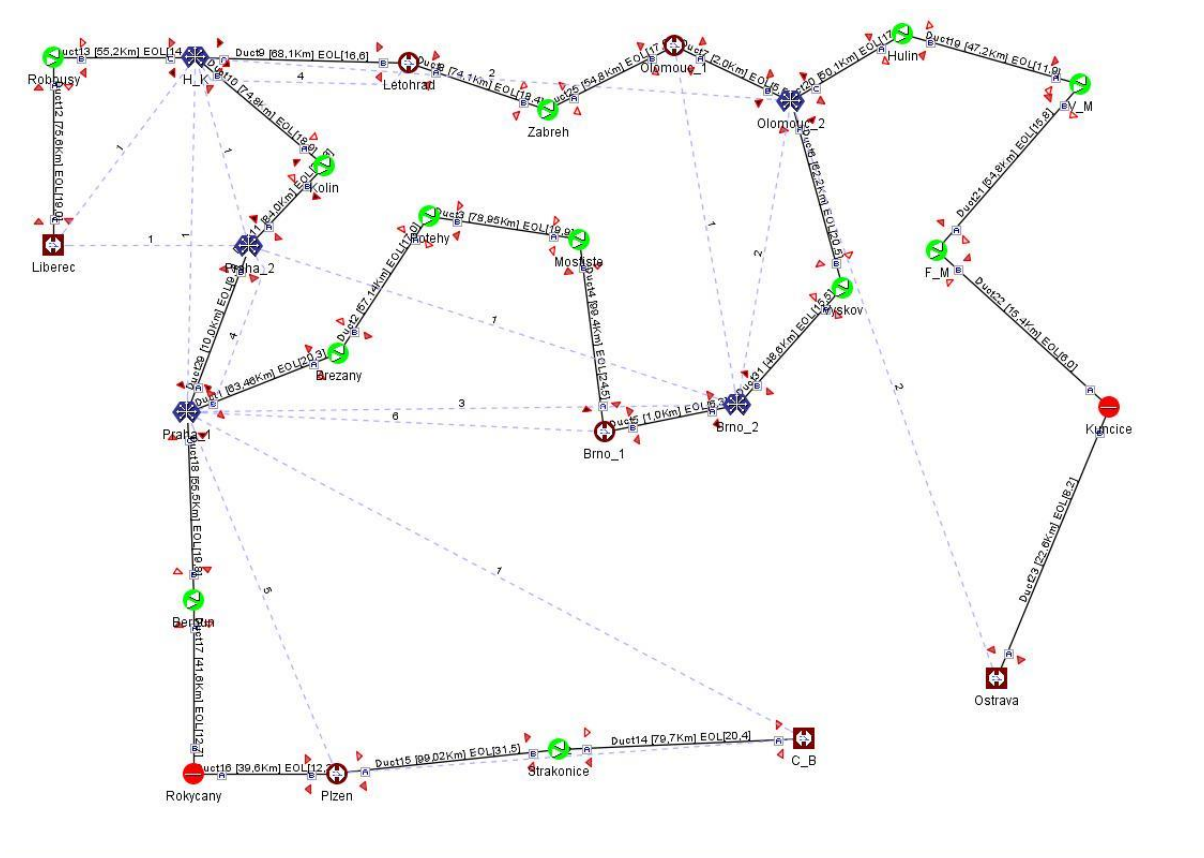
Obrázek 2 Optický přenosový systém DWDM ONS15454 MSTP

V rámci realizace projektů Rozšíření národní informační infrastruktury pro VaV v regionech (eIGer) (OP VaVpI, viz <http://www.cesnet.cz/projekt/eiger/>) a Velká infrastruktura CESNET (VI CESNET, viz <http://www.cesnet.cz/projekt/vi/>) byla v roce 2011 zahájena celková rekonstrukce optického přenosového systému DWDM a hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě. Základním cílem rekonstrukce DWDM sítě je náhrada zastaralých a již nevyhovujících komponent technologicky pokročilejšími, které umožní rozšíření kapacity přenosového systému až na 80 přenosových kanálů s 50 GHz rozestupem o přenosových kapacitách 1-40 Gb/s a podporou přenosu 100 Gb/s kanálů.

Plán rekonstrukce a povýšení DWDM sítě vychází z provedených simulací současně provozované DWDM sítě s využitím CTP 9.6 (Cisco Transport Planner). Simulace přestavby sítě vychází z těchto předpokladů (viz. Obrázek 3):

- Náhrada stávajících 40-WXC a 32-WSS 80-ti kanálovým řešením s 50 GHz rozestupem optických přenosových kanálů
- Současná podpora stávajících 1 Gb/s a 10 Gb/s přenosových kanálů a nových o kapacitách 40-100 Gb/s

- Rozšíření kapacity propojovacích uzlů Praha, Hradec Králové a Brno II ze 4 na 8 degrees
- Využití omnidirectional add/drop topologie v Praze, Hradci Králové a Brně (pro cca. 30% kapacity systému), která pro tuto část kanálů umožní flexibilní a směrově nezávislou konfiguraci
- Využití IPoDWDM technologie v páteřních směrovačích (v tomto případě nepotřebujeme drahé transpondéry a optické kanály jsou zakončeny na DWDM rozhraní směrovače); optické parametry rozhraní jsou zohledněny v návrhu DWDM sítě
- Přenos kanálů o kapacitě 1-40 Gb/s v rámci celého systému (v případě IPoDWDM předpokládáme modulaci DPSK a pokročilejší) a podpora koherentních 100 Gb/s kanálů
- Projektovaná chybovost BER lepší než 10^{-15} , délka přenosových kanálů do cca. 1500 km
- Podpora laditelných XFP (pásmo C, 50 GHz spacing)
- Maximální využití stávajících komponent při úpravách osazení optických tras (DCU jednotky, optické zesilovače) pro snížení celkových nákladů
- Využití všech používaných management systémů (CTM, G3 měřicí systém) bez nutnosti náhrady či větších úprav
- Optický přenosový systém DWDM je jednotným funkčním celkem na plně optické úrovni a umožňuje efektivní konfiguraci optických přenosových kanálů mezi libovolnými uzly DWDM sítě z centrálního management systému Cisco Prime Optical



Obrázek 3 Plánovaná topologie DWDM sítě (výstup z CTP9.6)

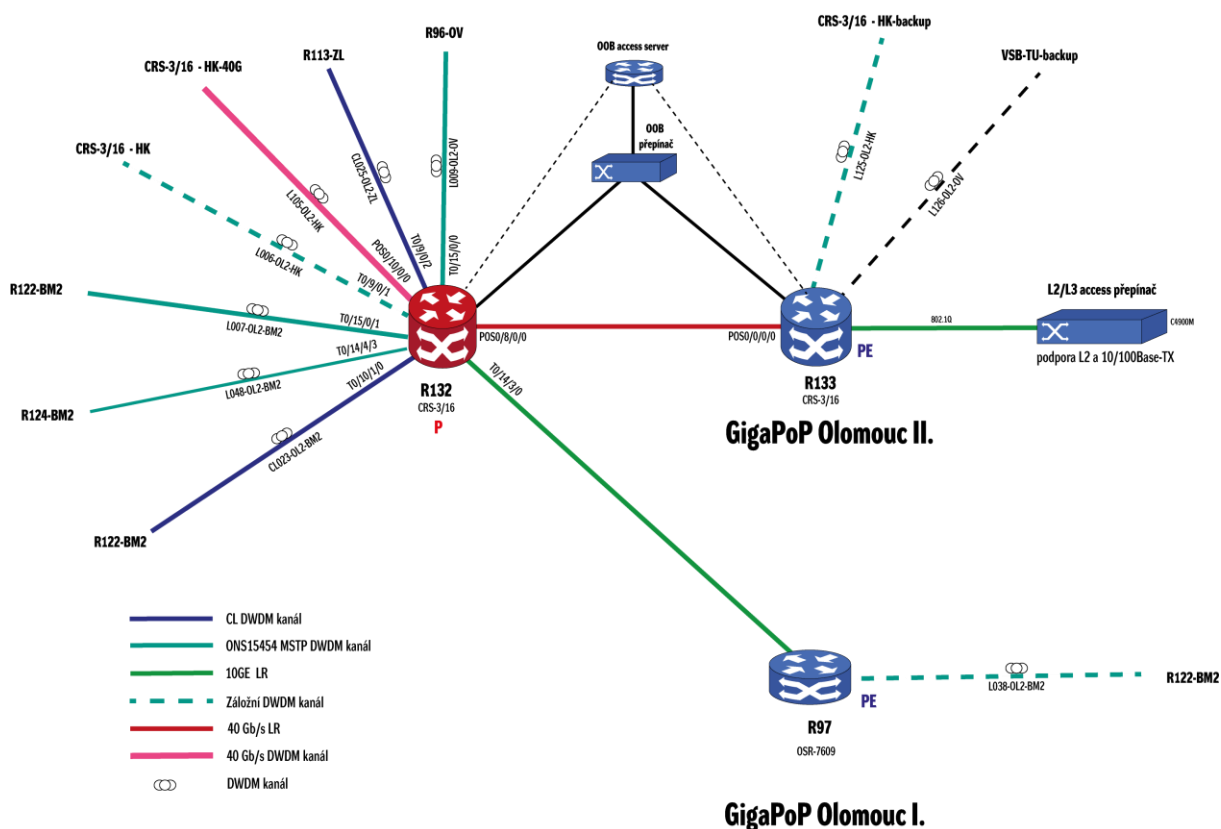
V roce 2012 byla přestavba DWDM systému ONS 15454 MSTP kompletně dokončena v souladu s plány projektu.

2.2 IP/MPLS vrstva sítě CESNET2

IP/MPLS vrstva sítě CESNET2 je v současné době postavena nad optickou přenosovou topologií a využívá část optických přenosových kanálů (viz Obrázek 6). Páteřní směrovače hlavního jádra IP/MPLS sítě (v MPLS vrstvě sítě zastávají funkci P směrovačů) jsou umístěny v hlavních DWDM uzlech kruhové topologie optické přenosové sítě Praha, Brno, Olomouc a Hradec Králové. Na těchto směrovačích jsou zakončeny páteřní 10 Gb/s, 40 Gb/s a 100 Gb/s okruhy (optické přenosové kanály DWDM).

Hlavní jádro IP/MPLS vrstvy sítě je postaveno na jednotné technologii Cisco CRS-3/16 (Praha I., Praha II., Brno II., Hradec Králové a Olomouc II.). Technologie CRS-3/16 podporuje 100 Gb/s (skutečná propustnost na slot je 140 Gb/s). Zároveň byla zahájena první etapa migrace hlavního jádra sítě na 100GE s využitím 100GE DWDM rozhraní ve směrovačích CRS-3/16. Tuto migraci plánujeme dokončit v polovině roku 2013.

Typická topologie IP/MPLS uzlu hlavního jádra IP/MPLS vrstvy sítě je uvedena na Obrázek 4 (uzel Olomouc).



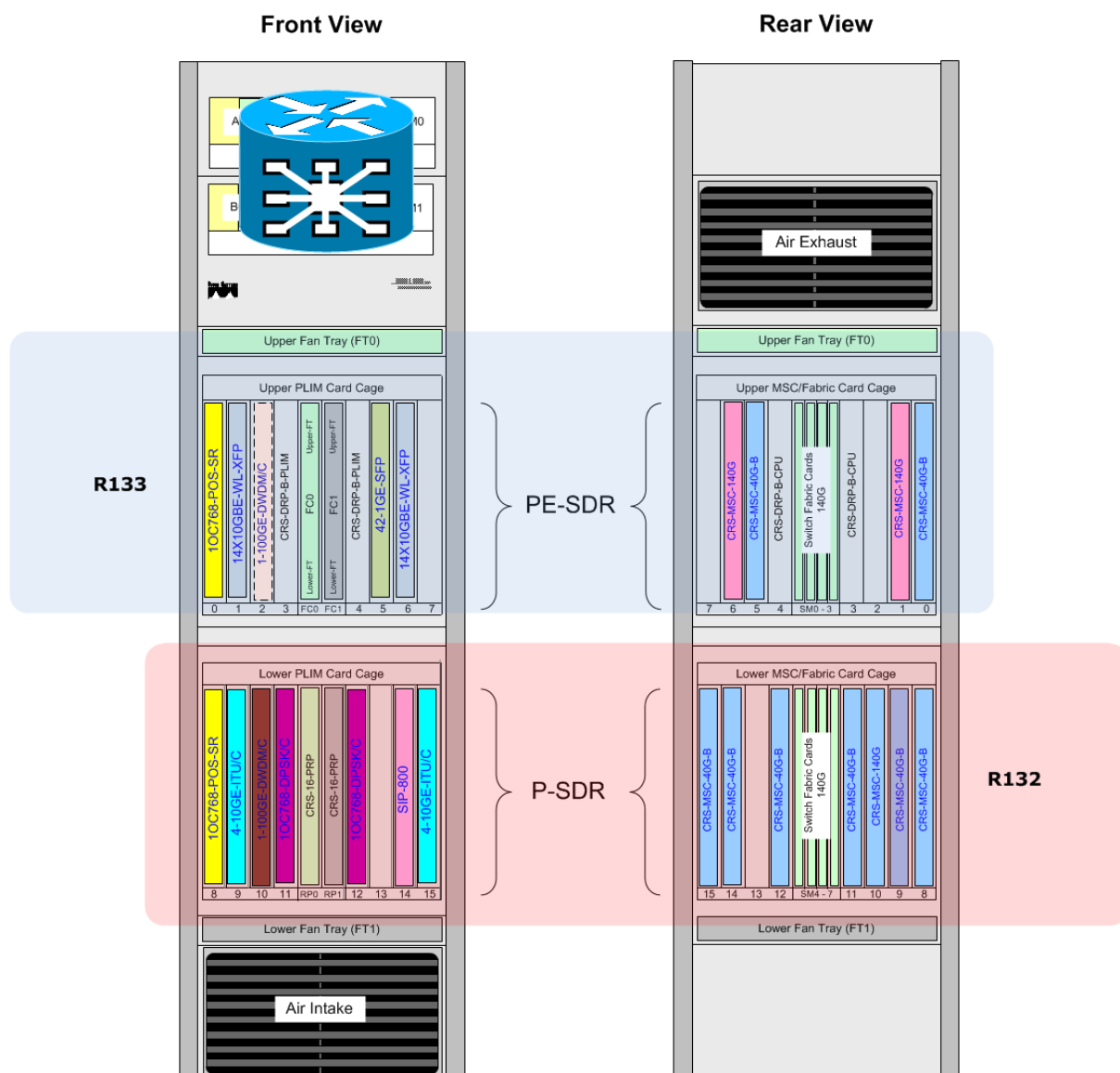
Obrázek 4 Typická konfigurace IP/MPLS uzlu hlavního jádra sítě

Páteřní směrovač řady CRS-3/16 je s využitím technologie SDR (Secure Domain Routers) rozdělen na dvě fyzicky zcela oddělené části:

- P směrovač jádra sítě (označen červeně), na kterém jsou zakončeny optické přenosové okruhy DWDM s využitím IPoDWDM technologie (plně laditelné přes 80 kanálů s 50 GHz rozestupem)

- PE přístupový směrovač (označen modře) slouží pro připojování účastníků sítě CESNET2 a zajišťují veškeré služby páteřní sítě (IPv4/IPv6 unicast/multicast, MPLS VPN, QoS, MPLS-TE a další)

Směrovač CRS-3/16 nepodporuje L2 funkcionalitu (nelze používat 802.1Q trunky mezi porty směrovače) ani pomalejší rozhraní 10 a 100 Mb/s, které se využívají na stávajících OSR7609. Proto je každý uzel vybaven přístupovým L2/L3 přepínačem C4900M. Nedílnou součástí je rovněž unifikovaný OOB management (OOB přepínač C3560E a OOB access-server C2921).



Obrázek 5 Aktuální konfigurace CRS-3/16 v uzlu Olomouc II.

Typizované osazení směrovače jádra sítě řady CRS je uvedeno na Obrázek 5 (uzel Olomouc II.). Horní část směrovače je osazena DRP procesory a vytváří tak přístupovou část směrovače PE pro připojování účastníků sítě CESNET2. Dolní část je osazena řídicími procesory celého směrovacího systému PRP a vytváří tak směrovač jádra sítě P. PE a P sekce směrovače jsou propojeny vyhrazenými OC768 rozhraními (sloty 0 a 8). V letošním roce budeme postupně toto propojení nahrazovat 100GE rozhraními. Používané rozdělení

na PE a P část s využitím SDR technologie nám umožňuje flexibilně přiřazovat jednotlivé sloty (bez ovlivnění funkce směrovače) mezi logickými částmi směrovače.

V P části směrovače využíváme IPoDWDM páteřní rozhraní 10GE a OC768, která umožňují přímé zakončení optických přenosových kanálů přímo na portech směrovače (tj. bez nutnosti konverze na šedý signál s nutností použít dodatečné transpondéry/muxpondéry v DWDM systému). Toto řešení přináší vyšší spolehlivost a lepší dynamické vlastnosti sítě (odpadají transpondéry/muxpondéry, které provádějí OEO konverzi) a je rovněž ekonomicky výhodné (o cca. 25% nižší náklady na jeden DWDM kanál).

Typicky používané komponenty a karty rozhraní jsou uvedeny v následující Tabulka 1.

Označení výrobce	Popis	Počet ks
CRS-16-RP-B	Cisco CRS-1 Series 16 Slots Route Processor revision B	2
CRS-DRP-B-CPU	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor CPU Module	2
CRS-DRP-B-PLIM	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor PLIM Module	2
XC-RPK9-04.01	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2
XC-L3VPN-1S	Cisco CRS-1 Series L3VPN 1-Slot License	2
CRS-MSC-40G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Service Card revision B 40G	8
CRS-MSC-140G	Cisco CRS Series Modular Services Card 140G	3
CRS1-SIP-800	Cisco Carrier Routing System SPA Interface Processor Card	1
14X10GBE-WL-XFP	Cisco CRS Series 14x10GbE LAN/WAN-PHY Interface Modul	2
42-1GE	Cisco CRS-1 Series 42X1GE Interface Module	1
SPA-1X10GE-L-V2	Cisco 1-Port 10GE LAN-PHY Shared Port Adapter	3
SPA-8X1GE-V2	Cisco 8-Port Gigabit Ethernet Shared Port Adapter	1
4-10GE-ITU/C	Cisco CRS-1 4x10GE (C-band) DWDM PLIM	2
1OC768-POS-SR	Cisco CRS-1 Series 1xOC768/STM256 POS Interface Module/SR	2
1OC768-DPSK/C	Cisco CRS-1 1xOC768 DPSK+ (C-band) DWDM PLIM	2
1-100GE-DWDM/C=	Cisco CRS Series 1x100GE Integrated DWDM Interface Module	1

Tabulka 1 Osazení směrovače CRS-3/16 v uzlu Olomouc II.

V ostatních uzlech sítě jsou umístěny přístupové směrovače řady OSR 7609 (v IP/MPLS vrstvě sítě zastávají funkci PE směrovačů) pro připojování koncových účastníků a zajišťují veškeré služby páteřní sítě (MPLS, EoMPLS, IPv4/IPv6 unicast a multicast směrování, NetFlow v9 statistiky).

Ve funkci PE/6PE směrovačů používáme CISCO OSR7609 a OSR7609-S s procesory SUP720-3BXL a RSP720-3CXL a 4portovými 10GE LAN PHY rozhraními (směrovače obsahují rovněž karty 1GE rozhraní a další nezbytné komponenty). Používaná 10GE LAN rozhraní nepodporují pokročilejší služby MPLS sítě jako je VPLS a mají i řadu HW omezení v oblasti QoS. Plnohodnotnou funkcionalitu poskytují Carrier Ethernet LAN/WAN 10GE rozhraní, která využíváme jen pro potřeby reálných projektů (např. MetaCentrum).

Každý PE/6PE je duálně připojen pomocí 10GE šedého nebo DWDM rozhraní (výměnná optika v pásmu C, 100 GHz rozestup kanálů) na P směrovače jádra sítě. Pro zvýšení odolnosti PE/6PE uzlu proti poruše síťové karty ve směrovači jsou jednotlivé okruhy zakončeny na rozhraních různých síťových karet.

V menších uzlech, které nejsou přímou součástí IP/MPLS páteřní části sítě a nepodporují IP/MPLS, jsou v provozu L2/L3 přístupové gigabitové přepínače Catalyst 3750 (zastávají funkci CE zařízení v MPLS vrstvě sítě). Mezi těmito přepínači a nadřazenými PE směrovači jsou používány VLAN se značkováním 802.1Q. Tyto VLAN jsou používány pro point-to-point propojení a rovněž i pro distribuci L2 Ethernet služeb koncovým účastníkům těchto malých uzlů (propojení páteřních EoMPLS tunelů do příslušných VLAN).

Jako interní směrovací protokol (IGP) v rámci IP/MPLS sítě zadavatel používá vyhrazený protokol OSPFv2, který je nakonfigurován na všech P a PE směrovačích. Vlastní směrování adresových bloků sítě účastníků zajišťuje interní BGP protokol (iBGP), který je aktivován mezi všemi přístupovými PE směrovači a využívá samostatné route-reflectory. Stejně route-reflectory využívá iMBGP (interní Multicast BGP) a rovněž i unicast IPv6 BGP protokol. Směrování IPv4 a IPv6 unicastu je zajišťováno přes MPLS (pakety obsahují MPLS značky) a směrovače jsou využívány v tzv. dual-stack režimu PE/6PE (současná podpora IPv4 a IPv6). Šíření IPv4/IPv6 multicastu (skupinově orientované vysílání) je zajišťováno bez MPLS značek.

V síti CESNET2 provozuje zadavatel architekturu QoS DiffServ domény typu "point-to-cloud" bez rozlišení cíle (destination unaware). Technika E-LSP (Exp-based Label Switched Path) nad páteřní IP/MPLS infrastrukturou v tzv. "short pipe" tunelovacím režimu IP/MPLS, v němž je při průchodu IP/MPLS páteří zachovávána původní hodnota DSCP transportovaných IP paketů (DSCP transparency). QoS DiffServ doména CESNET2 splňuje pro tranzitní provoz dohodnutý provozní profil QoS pro jednotlivé třídy služeb (tj. typicky využívá EF a AF PHB pro jednotlivé třídy tak, aby byly zajištěny základní kvantitativní a kvalitativní parametry jako minimální zaručená šířka pásma, zpoždění, rozptyl zpoždění, ztrátovost apod.). V případě nezahlnené páteřní sítě mohou některé QoS třídy navíc využívat zbývající pásmo nad rámec své minimální zaručené šířky pásma (proporcionálně v poměru svých vah). Samozřejmostí implementace QoS v síti CESNET2 je úplná kompatibilita s QoS službami Premium IP (PIP) a Less than Best Effort (LBE) podporovanými v síti GÉANT.

Konfigurace IP/MPLS je založena na protokolu LDP (RFC 3036, RFC 3037 a RFC 3815). V rámci sítě CESNET2 provozuje zadavatel L2 VPN, point-to-point typu EoMPLS Ethernet services (port mode nebo VLAN based mode; RFC 4906 a typu VPLS multipoint Ethernet services (RFC 4762). Vysokou dostupnost MPLS-TE tunelů zajišťujeme pomocí mechanismu Fast Reroute s automatickou tvorbou záložních TE tunelů (RFC 4090), který umožňuje rychlé přesměrování v řádech desítek milisekund. Pro zajištění superrychlé konvergence síťových protokolů v redundantní páteřní IP/MPLS síti je využíván protokol

BFD (RFC 5881, který podporuje v současné implementaci směrovací protokoly OSPF a BGP.

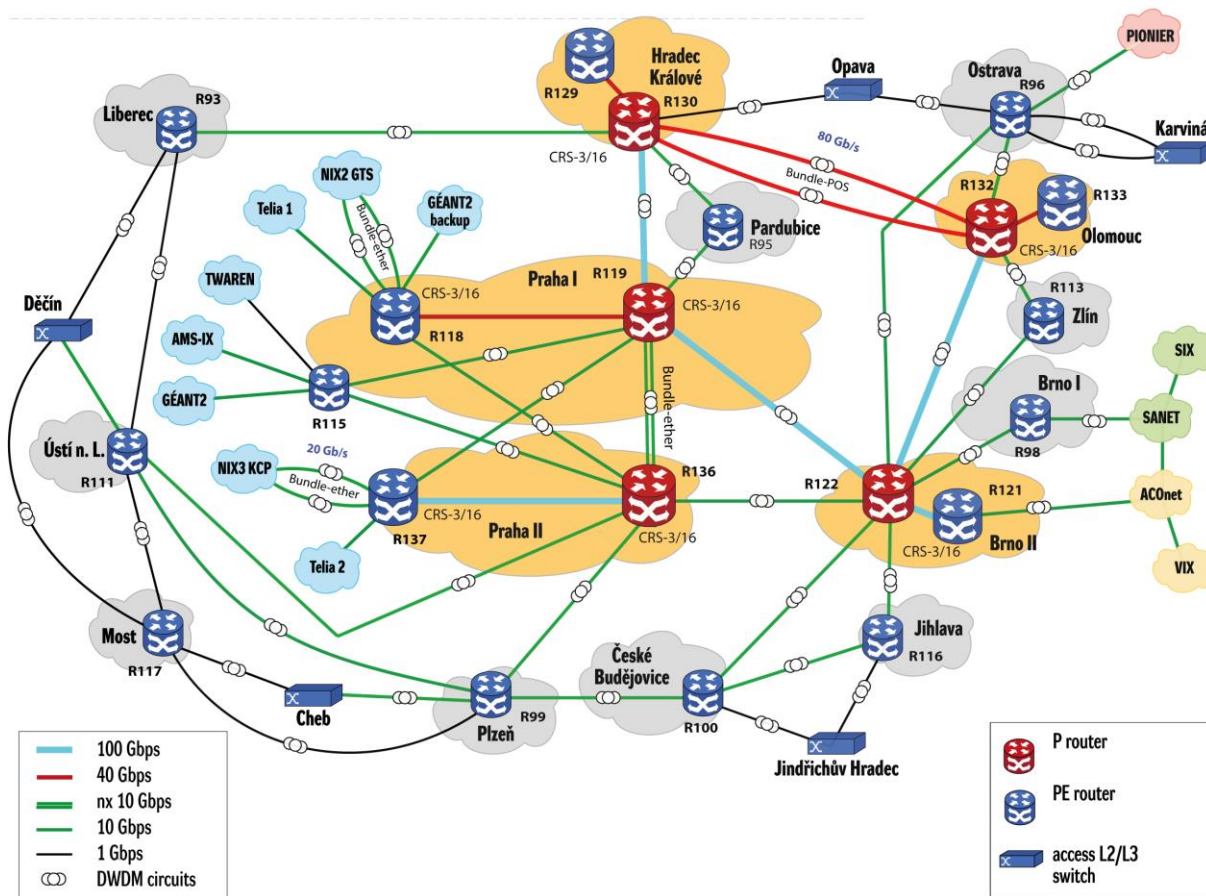
Pro ochranu páteřních směrovačů používáme CoPP (Control Plane Policing). Snižuje možnost napadení, narušení funkčnosti a pomáhá bránit směrovač před DoS útoky. CoPP umožňuje nakonfigurovat QoS filtry pro kontrolu provozu. Omezením provozu, kterým se zabývá přímo procesor směrovače, chrání procesor před nadměrným zatížením. Na páteřních směrovačích je definováno celkem 5 základních tříd provozu:

- interní směrování (OSPF, iBGP, PIM, MSDP, IGMP, BFD);
- externí směrování (eBGP, PIM, IGMP, SAP);
- správa sítě (Telnet, SSH, SNMP, TFTP, NTP, TACACS+, DNS);
- testování dostupnosti (ICMP echo);
- nežádoucí provoz (zakazuje veškerý nežádoucí provoz).

V prvních třech třídách je vymezeno pásmo pro povolený provoz. Ve čtvrté třídě je provoz překračující povolenou šířku pásma zahozen a v páté třídě je zakázáno vše ostatní.

Pro detekci útoků a síťových anomálií provozujeme systém Arbor PeakFlow SP. Tento systém využívá informací z BGP spojení s hraničními směrovači, NetFlow v9 exportu a SNMP.

Pro zabezpečení přístupu na směrovače (Authentication, Authorization, Accounting) používáme TACACS+ protokol s autorizací a logováním příkazů.



Obrázek 6 Základní topologie IP/MPLS vrstvy sítě CESNET2

Základní management páteřní sítě zajišťuje systém HP OV NNMi 9.x. Pro management směrovačů a přepínačů Cisco je využíván Prime LMS4.2 (zálohování a správa konfigurací, aj.). Pokročilejší síťový management pro komplexní správu Carrier Ethernet a MPLS VPN služeb jsme v této etapě nepožadovali, neboť s ohledem na otevřené výběrové na PE směrovače do dalších uzlů nebyla známa nová technologie. Tento management má smysl pouze v případě jednotné technologie, neboť každý výrobce má svůj systém určený jen pro jeho technologii. Technologie jiného výrobce tímto management systémem nelze řídit a sledovat. Jeho pořízení by bylo neefektivní, neboť bychom nedosáhli komplexní a efektivní správy celé sítě jako jednotného funkčního celku.

Monitoring a sledování dostupnosti jednotlivých služeb sítě CESNET2 (jako je DNS, mail, www, aj.) zajišťuje systém Nagios.

Pro sledování vlastní infrastruktury sítě (aktivních prvků, zátěže datových okruhů a další) využívá zadavatel vlastní měřicí systém G3, který je vyvíjen a rozvíjen v rámci výzkumných projektů. Základním zdrojem informací pro tento měřicí systém je SNMP protokol (SNMP v2/v3).

Sledování provozu sítě zajišťuje zadavatel vlastním systémem FTAS (Flow-based Traffic Analysis System). Tento systém zpracovává NetFlow v9 statistiky z 6PE/PE směrovačů páteřní sítě a provádí detailní analýzu interního a externího provozu sítě včetně detekce anomálií síťového provozu.

Externí konektivitu zajišťují uzly Praha, Brno a Ostrava, ve kterých jsou umístěny hlavní internet peering PE/6PE směrovače a P směrovače (v uzlu Ostrava není P-směrovač). Uzel Praha je logicky zdvojen a obsahuje dvojici vzájemně zálohovaných PE/6PE a P směrovačů (R118, R119, R114 a R136), mezi které jsou rozdělena veškerá hlavní a záložní připojení. PE/6PE směrovače R118 a R114 jsou zároveň internet peering směrovači s připojením na upstream poskytovatele připojení do Internetu Telia a mají plné internet tabulky (cca. 320 000 IPv4 a 2300 IPv6 prefixů). Rovněž jsou na nich zakončeny 2x 10GE přístupové okruhy do NIXu (peeringové centrum v CZ) a 10GE připojení na panevropskou výzkumnou síť GÉANT3. Síť GÉANT3 poskytuje propojení s evropskými NREN, výzkumnými sítěmi Internet2 a řadou dalších výzkumných sítí na úrovni protokolů IPv4 a IPv6 unicast i multicast a rovněž i přístup do některých evropských peeringových center (VIX, D-GIX, AMS-IX).

2.2.1 Aktuální konfigurace směrovačů CRS-3/16 v duálním uzlu Praha

Aktuální fyzické konfigurace směrovačů řady CRS, jejich osazení kartami rozhraní a rozdělení směrovačů CRS-3/16 v uzlech Praha I. a Praha II. na logické PE a P směrovače jsou uvedeny v Tabulka 2 a Tabulka 3.

V letošním roce plánuje sdružení CESNET dokončit plně funkční a homogenní duální uzel na úrovni PE a P vrstvy sítě CESNET2. Pro splnění tohoto záměru byl CRS-1/16 v uzlu Praha I povýšen na podporu 100GE (povýšení přepínací matice na 140G a povýšení řídicích procesorů; vznikne tak CRS-3/16) a CRS-3/16 v uzlu Praha II. bylo rozšířeno o další karty rozhraní tak, aby bylo možné vytvořit oba PE a P směrovače v rámci systému stejným způsobem jako v uzlu Praha I. Na nový PE směrovač R135 probíhá migrace připojení z již nevyhovujícího peering směrovače R114 řady OSR7609-S. Hlavní externí a peeringová připojení jsou zakončena v uzlu Praha I. a záložní v uzlu Praha II.

Oba směrovače CRS-3/16 se aktivně podílejí na provozu sítě CESNET2 (v obou uzlech je připojena řada účastníků sítě); z tohoto důvodu jde o duální hlavní uzel sítě. V rámci optimalizace duálního uzlu Praha sdružení CESNET přepokládá rovněž přesuny některých síťových rozhraní mezi oběma směrovači tak, aby bylo dosaženo efektivního stavu celého uzlu a optimálního rozdělení zakončení páteřních a přípojných rozhraní. Zejména propojení páteřních okruhů mezi oběma směrovači je pro spolehlivost celého uzlu velmi důležitá; z tohoto důvodu jsou oba uzly propojeny nezávislými optickými trasami osazenými nezávislými DWDM technologiemi (ONS15454 MSTP a CL DWDM). Vzájemná propojení PE a P směrovačů v obou uzlech jsou plně redundantní.

Páteřní směrovač v uzlu Praha I CRS-3/16 byl povýšen a doplněn v roce 2012. Základní konfigurace směrovače je uvedena v následující Tabulka 2. Aktuální verze operačního systému je IOS-XR-4.2.3.

Tabulka 2 Základní konfigurace CRS-3/16 v uzlu Praha I.

Označení výrobce	Popis	Počet ks
CRS-16-PRP-6G	Cisco CRS-1 Series 16 Slots Route Processor revision B	2

CRS-DRP-B-CPU	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor CPU Module	2
CRS-DRP-B-PLIM	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor PLIM Module	2
XC-RPK9-04.21	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2
XC-L3VPN-1S	Cisco CRS-1 Series L3VPN 1-Slot License	2
CRS-MSC-140G	Cisco CRS-1 Series Modular Service Card 140G	3
CRS-MSC-40G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Service Card revision B 40G	9
CRS-MSC-20G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Services Card revision B 20G	1
14X10GBE-WL-XFP	Cisco CRS Series 14x10GbE LAN/WAN-PHY Interface Module	1
CRS1-SIP-800	Cisco Carrier Routing System SPA Interface Processor Card	6
SPA-1X10GE-L-V2	Cisco 1-Port 10GE LAN-PHY Shared Port Adapter	18
SPA-8X1GE-V2	Cisco 8-Port Gigabit Ethernet Shared Port Adapter	3
4-10GE-ITU/C	Cisco CRS-1 4x10GE (C-band) DWDM PLIM	2
10C768-POS-SR	Cisco CRS-1 Series 1xOC768/STM256 POS Interface Module/SR	2
1-100GE-DWDM/C=	Cisco CRS Series 1x100GE Integrated DWDM Interface Module	2

Detailní popis používaného HW s SW vybavení lze nalézt na stránkách výrobce směrovačů

http://www.cisco.com/en/US/products/ps5763/products_data_sheets_list.html.

Tabulka 3 Základní konfigurace CRS-3/16 v uzlu Praha II

Označení výrobce	Popis	Počet ks
CRS-16-PRP-6G	Cisco CRS Series 16 Slots 6 GB Performance Route Processor	2
XC-RP-PXK9-04.21	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2
CRS-DRP-B-CPU	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor CPU Module	2
CRS-DRP-B-PLIM	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor PLIM Module	2
CRS-MSC-40G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Service Card revision B 40G	3

CRS-MSC-140G	Cisco CRS Series Modular Services Card 140G	4
4-10GE-ITU/C	Cisco CRS-1 4x10GE (C-band) DWDM PLIM	2
1X100GBE=	Cisco CRS Series 1X100GbE Interface Module	2
CFP-100G-LR4	100GBASE-LR4 CFP Module	2
42-1GE	Cisco CRS-1 Series 42X1GE Interface Module	1
14X10GBE-WL-XFP	Cisco CRS Series 14x10GbE LAN/WAN-PHY Interface Module	1
DWDM-XFP-C=	10G Multirate C Band Tunable DWDM XFP	1

2.2.2 Aktuální konfigurace směrovačů CRS-3/16 v uzlu Brno II.

Páteční směrovač v uzlu Brno II CRS-1/16 byl pořízen v roce 2009 (propustnost 40 Gb/s na slot) a povýšen v roce 2012 na podporu 100GE. Základní konfigurace směrovače je uvedena v následující Tabulka 4. Aktuální verze operačního systému je IOS-XR-4.2.3.

Tabulka 4 Aktuální osazení CRS-1/16 v uzlu Brno II

Označení výrobce	Popis	Počet ks
CRS-16-PRP-6G	Cisco CRS Series 16 Slots 6 GB Performance Route Processor	2
CRS-DRP-B-CPU	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor CPU Module	2
CRS-DRP-B-PLIM	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor PLIM Module	2
XC-RPK9-04.21	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2
XC-L3VPN-1S	Cisco CRS-1 Series L3VPN 1-Slot License	2
CRS-MSC-140G	Cisco CRS Series Modular Services Card 140G	5
CRS-MSC-40G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Service Card revision B 40G	7
CRS-MSC-20G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Services Card revision B 20G	1
CRS1-SIP-800	Cisco Carrier Routing System SPA Interface Processor Card	5
SPA-1X10GE-L-V2	Cisco 1-Port 10GE LAN-PHY Shared Port Adapter	16
SPA-8X1GE-V2	Cisco 8-Port Gigabit Ethernet Shared Port Adapter	2
4-10GE-ITU/C	Cisco CRS-1 4x10GE (C-band) DWDM PLIM	2

10C768-DPSK/C	Cisco CRS-1 1xOC768 DPSK+ (C-band) DWDM PLIM	1
1X100GBE=	Cisco CRS Series 1X100GbE Interface Module	2
CFP-100G-LR4	100GBASE-LR4 CFP Module	2
DWDM-XFP-C=	10G Multirate C Band Tunable DWDM XFP	5
1-100GE-DWDM/C=	Cisco CRS Series 1x100GE Integrated DWDM Interface Module	2

2.2.3 Aktuální konfigurace směrovačů CRS-3/16 v uzlu Hradec Králové

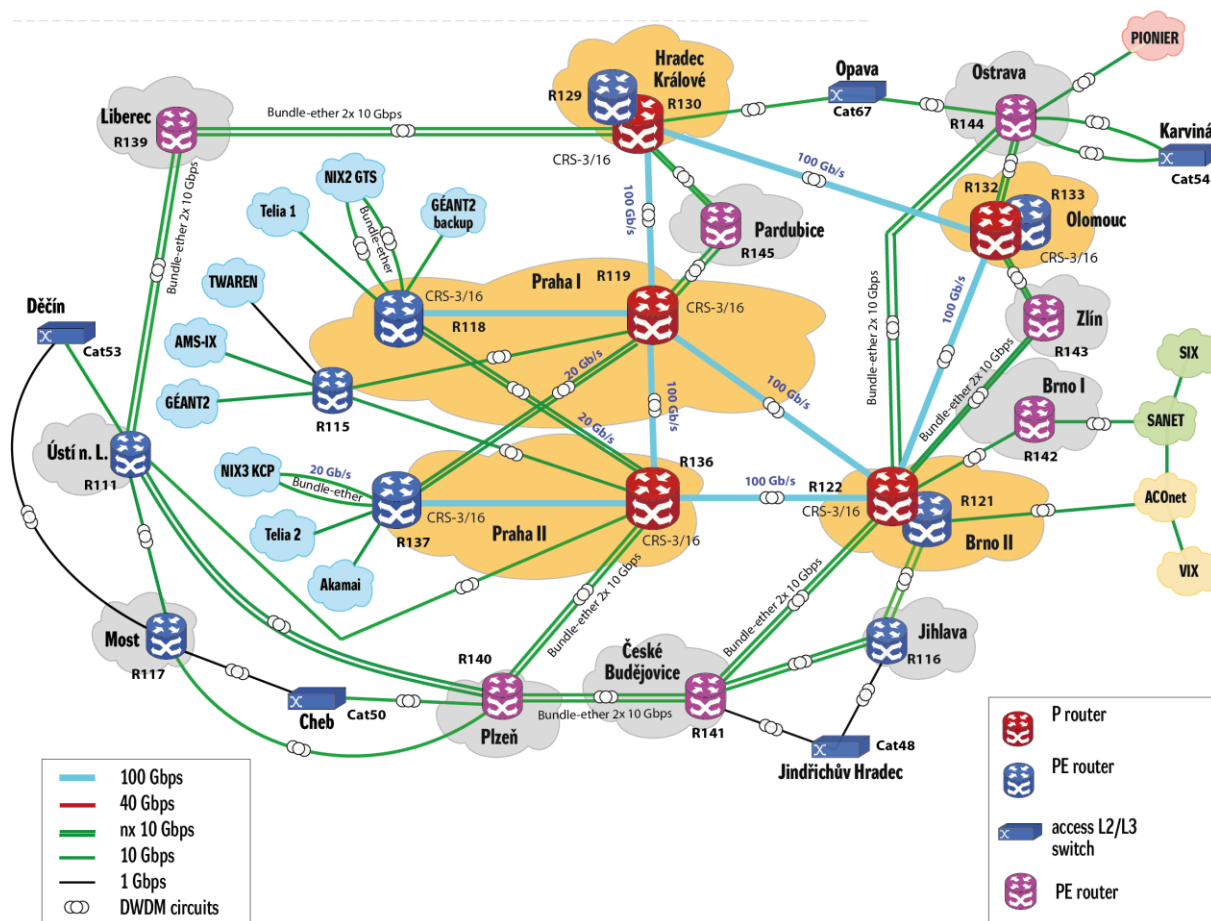
Směrovač jádra sítě v uzlu Hradec Králové byl pořízen v roce 2011. Jeho HW konfigurace je založena na nejnovějších komponentách a podporuje propustnost/slot 100 Gb/s (skutečná propustnost dosahuje 140 Gb/s). Základní konfigurace směrovače je uvedena v Tabulka 5. Směrovač využívá nové výkonné procesory PRP-16G a nové karty rozhraní 42-1GE a 14X10GBE-WL-XFP, které mají vyšší hustotu osazení portů a rovněž dosahují příznivější ceny za 1 GE či 10GE port oproti předchozímu řešení s SIP-800 procesory a SPA adaptéry. Novější a výkonnější karty rozhraní předpokládáme využívat pro další rozšíření konfigurací směrovačů.

Tabulka 5 Aktuální konfigurace CRS-3/16 v uzlu Hradec Králové

Označení výrobce	Popis	Počet ks
CRS-16-RP-B	Cisco CRS-1 Series 16 Slots Route Processor revision B	2
CRS-DRP-B-CPU	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor CPU Module	2
CRS-DRP-B-PLIM	Cisco CRS-1 Distributed Route Processor PLIM Module	2
XC-RPK9-04.21	Cisco IOS XR IP/MPLS Core Software 3DES	2
XC-L3VPN-1S	Cisco CRS-1 Series L3VPN 1-Slot License	2
CRS-MS-C-40G-B	Cisco CRS-1 Series Modular Service Card revision B 40G	9
CRS-MS-C-140G	Cisco CRS Series Modular Services Card 140G	3
CRS1-SIP-800	Cisco Carrier Routing System SPA Interface Processor Card	1
14X10GBE-WL-XFP	Cisco CRS Series 14x10GbE LAN/WAN-PHY Interface Modul	2
42-1GE	Cisco CRS-1 Series 42X1GE Interface Module	1
SPA-1X10GE-L-V2	Cisco 1-Port 10GE LAN-PHY Shared Port Adapter	3
SPA-8X1GE-V2	Cisco 8-Port Gigabit Ethernet Shared Port Adapter	1

4-10GE-ITU/C	Cisco CRS-1 4x10GE (C-band) DWDM PLIM	2
10C768-POS-SR	Cisco CRS-1 Series 1xOC768/STM256 POS Interface Module/SR	2
10C768-DPSK/C	Cisco CRS-1 1xOC768 DPSK+ (C-band) DWDM PLIM	2
1-100GE-DWDM/C=	Cisco CRS Series 1x100GE Integrated DWDM Interface Module	1

Plánované povýšení jádra sítě CESNET2 na přenosové kapacity 100 Gb/s bylo zahájeno v roce 2012 a bude dokončeno ve 2. pololetí 2013. Na Obrázek 7 je uvedena plánovaná topologie v polovině roku 2013.



Obrázek 7 Plánovaná topologie sítě CESNET2 a dokončení hlavního jádra na 100GE DWDM v pol. 2013

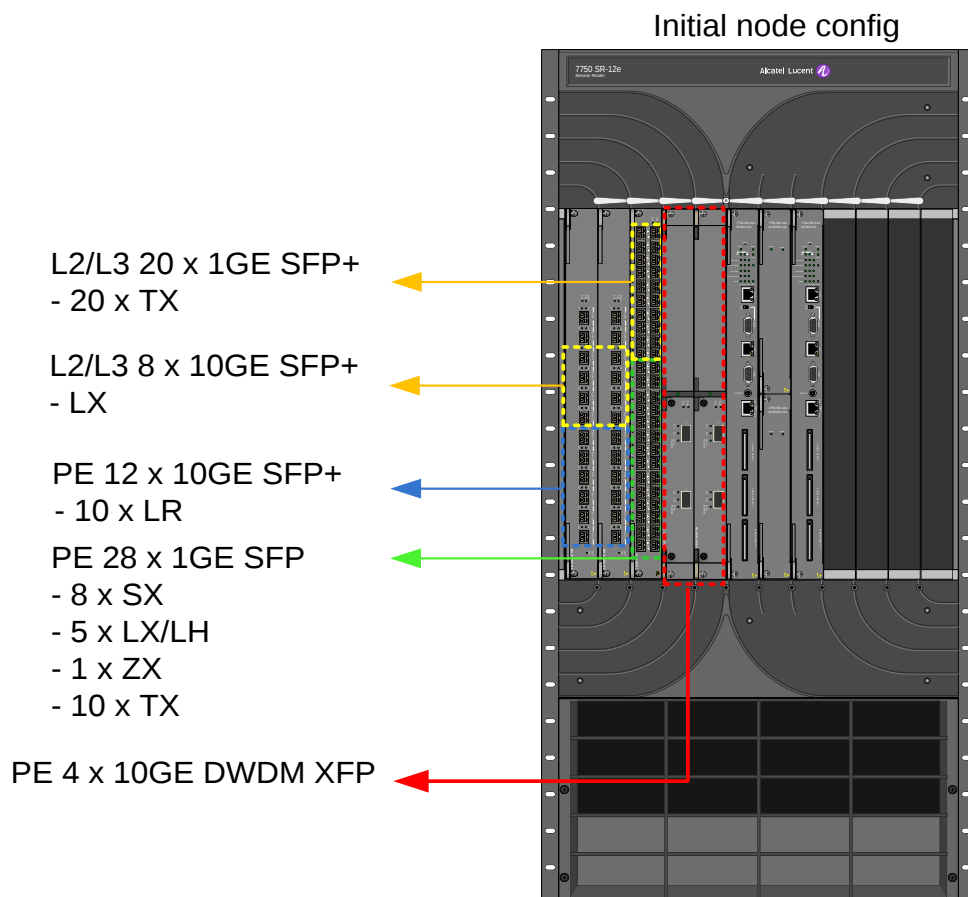
2.2.4 PE směrovače Alcatel-Lucent 7750 SR-12E pro přístupové uzly sítě CESNET2

Nedílnou součástí přestavby sítě CESNET2 je implementace výkonných terabitových PE směrovačů v dalších uzlech sítě Liberec, Plzeň, České Budějovice, Brno I., Zlín, Ostrava a Pardubice (na Obrázek 7 vyznačeny fialově). Ve výběrovém řízení na tyto PE směrovače zvítězila technologie Alcatel-Lucent 7750 SR-12E s propustností 200 Gb/s na každý slot.

Tyto směrovače disponují následujícími základními funkčními vlastnostmi:

- Plně zálohované řešení s podporou výměny SW za provozu
- Neblokující spínací matrice
- Duální podpora IPv4 a IPv6
- Dostupnost 1GE, 10 GE, 40 GE a 100 GE rozhraní
- Směrovací protokoly IS-IS, OSPFv2, OSPFv3, RIPv1, RIPv2 a BGP-4
- BFD pro veškeré směrovací protokoly a rozhraní
- MPLS protokoly LDP, RSVP-TE
 - FRR a Secondary Path
- L2VPN služby E-Line (E-pipe), E-LAN (VPLS), E-Tree (H-VPLS)
 - T-LDP, BGP, H-VPLS s PBB
 - Podpora přenosu FR, ATM a TDM
- L3VPN signalizované prostřednictvím BGP
- IGMP, PIM-SM a PIM-SSM
- Implementace QoS, ACL, řízení a odesílání provozu v HW
 - Bez dopadů na výkonnost IP směrovače
- Podpora Ethernet OAM dle standardů 802.1ah, 802.1ag a Y.1713
- Synchronní Ethernet a 1588v2
- Non-Stop Routing, Non-Stop Forwarding a Non-Stop Services

Základní konfigurace do všech lokalit jsou obdobné (liší se jen počtem a typy osazených rozhraní). Konfigurace směrovačů jsou plně zálohované a plní funkci IP/MPLS PE směrovače a L2/L3 LAN přepínače. Směrovače 7750 SR-12E jsou vybaveny dvěma řídícími a spínacími deskami SF/CPM-4 umístěnými ve slotech 6 a 8. Zařízení 7750 SR-12E je dále vybaveno přídatnými spínacími maticemi MiniSFM pro zajištění deklarované propustnosti 200 Gbps na jeden komunikační slot. Typická sestava směrovače je uvedena a přehled osazených komponent jsou uvedeny na Obrázek 8 a v Tabulka 6:



Obrázek 8 Osazení směrovače do lokality Liberec

Tabulka 6 Osazení PE směrovače Alcatel 7750 SR12E

Site		Phase 1
		Liberec
P/N	Description	QTY
3HE07164AA	BNDL - 7750 SR12e Chassis Bundle	1
3HE00107LA	OS - 7750 SR-7/12/12e R10.0 OS LICENSE	1
3HE07166AA	SFM - 7750 SR SFM4-12e	1
3HE07158AA	IMM 7x50 12-PT 10GE MultiCore SFP+ L3HQ	2
3HE06428AA	IMM - 7x50 48-PT GE SFP - L3HQ	1
3HE06318AA	IOM - 7750 SR IOM3-XP-B	2
3HE03685AA	MDA - 7750 SR 2-PT 10G MDA-XP - XFP	2
3HE06290AA	RTU - 7x50 IMM 50G FULL VPRN LIC	1
3HE06292AA	RTU - 7x50 IMM 100G FULL VPRN LIC	2
3HE00027CA	SFP - GIGE SX - LC ROHS 6/6 DDM -40/85C	8
3HE00028CA	SFP - GIGE LX - LC ROHS 6/6 DDM -40/85C	5
3HE00029CA	SFP - GIGE ZX - LC ROHS 6/6 DDM -40/85C	1
3HE00062CB	SFP - GIGE BASE-T RJ45 R6/6 DDM -40/85C	30
3HE04823AA	SFP+ 10GE LR - LC ROHS6/6 0/70C	18
3HE04999CA	XFP - 10G DWDM TUNABLE - LC R6/6 0/70C	4

Směrovače disponují pouze 48 VDC napájecími zdroji a budou doplněny usměrňovači pro využití zálohovaného napájení 230 VAC, které je v uzlech Cesnetu dostupné.

Nedílnou součástí dodávky směrovačů je i dohledový systém 5620 SAM. Tento systém nabízí propracovanou sadu nástrojů primárně vyvinutých pro ovládání IP/MPLS, Ethernetových služeb typu E-LAN, E-Line nebo E-Tree, tak i L3VPN a jiných IP orientovaných funkcí.

Dohledový systém 5620 SAM se skládá z následujících komponent

- **5620 SAM-E** – Element Manager – zajišťuje tradiční FCAPS funkcionalitu správy koncových elementů
- **5620 SAM-P** – Configuration Manager – zajišťuje síťovou konfiguraci, nastavení služeb a zákaznickou správu
- **5620 SAM-A** – Assurance Manager – Zajišťuje vytváření topologií sítí, služeb a správu ovládacích nástrojů

Dohledový systém 5620 SAM primárně využívá protokol SNMPv2 nebo SNMPv3 pro sběr událostí z koncových síťových zařízení. Uvedené události jsou zasílány jako SNMP trapy nebo notifikace a zobrazeny na GUI rozhraní, zároveň i ukládány do relační databáze pro další zpracování.

Vlastní aplikace dohledového systému 5620 SAM pro správu síťových elementů se nazývá 5620 SAM-E a zajišťuje následující funkce

- Mediace
- Správu zařízení

- Inventář a reporty
- Bezpečnostní dohled
- Příkazový řádek (Telnet/SSHv1/SSHv2) pro zajištění vzdáleného přístupu
- Zabezpečený přenos souborů za účelem zálohy a obnovy informací v každém síťovém elementu
- Ovládání zařízení
- Sběr statistik
- Politiku alarmů

Tento dohledový systém podporuje pouze technologii Alcatel-Lucent a není možné jej využít pro management druhé části IP/MPLS vrstvy sítě založené na technologii Cisco CRS-3/16, která využívá Cisco Prime LMS 4.2. V rámci instalace bylo rovněž nutné přizpůsobit ostatní používané dohledové a statistické prostředky sítě CESNET2 i pro technologii Alcatel-Lucent (HP OV NNMI, Nagios, G3, FTAS, inventory management a další). Tyto prostředky musí v současné době podporovat obě používané technologie v páteřní síti CESNET2, což přináší vyšší náročnost na správu všech systémů. Z tohoto i dalších zejména ekonomických důvodů zadavatel požaduje do zbývajících uzlů Jihlava, Ústí n. Labem a Most použít na přístupové vrstvě PE zařízení plně kompatibilní a interoperabilní s alespoň jednou ze stávajících technologií, které jsou v síti CESNET2 použity (Cisco CRS-3 a/nebo Alcatel-Lucent 7750 SR-12E). Více technologií na jedné přístupové vrstvě PE je náročnější na správu a provozování, zajištění a udržení interoperability a dostupnosti všech služeb při budoucích upgradech jednotlivých technologií. Rovněž nám přináší omezení při změnách a úpravách síťové topologie, neboť nelze využít uvolněná síťová rozhraní jedné technologie v technologii další tam, kde jsou potřeba. V tomto případě se výrazně zvyšuje ekonomická náročnost, neboť potřebná rozhraní je nutno v plném počtu pořizovat. Management PE vrstvy sítě složené z více technologií vyžaduje další netriviální kapacity na správu a udržování více management systémů (každá technologie má svůj specifický management systém), přičemž jeho využití s menším počtem směrovačů stejné technologie klesá. Pokročilý síťový management pro efektivní správu celé sítě (MPLS VPN, performance monitoring a další) nemá smysl s ohledem na jeho vysokou cenu používat vůbec, neboť nám umožní spravovat/konfigurovat jen ostrůvky technologií a nikoliv pokročilé služby v rámci celé sítě. Dalším problémem více různých technologií na jedné síťové vrstvě je komplikované plánování dalšího rozvoje páteřní sítě a jejích nových pokročilých služeb. Každý výrobce technologie má jiné plány rozvoje své technologie, takže plánování sítě je pak podřízeno průniku plánů více výrobců. To ovšem přináší řadu zásadních omezení pro rozvoj sítě, neboť i v případě souhlasných technologických trendů je výrobcí implementují v rozdílných časových plánech.

3. Požadavky na předmět plnění - dodávky

Předmětem plnění této veřejné zakázky je dodání prováděcího (-cích) projektu (-ů), dodávka, instalace a zprovoznění (uvedení do řádného provozu) sestav PE směrovačů a dalších komponent pro IP / MPLS vrstvu sítě CESNET2 do přístupových uzlů sítě národního výzkumu a vzdělávání CESNET2 v lokalitách Jihlava, Ústí n. Labem a Most, včetně dodání veškeré potřebné dokumentace a poskytnutí služeb v rozsahu uvedeném v odst. 4.2.3 zadávací dokumentace.

3.1 Harmonogram dodávek

Zadavatel požaduje dodávku, instalaci a zprovoznění (uvedení do řádného provozu) požadovaných PE směrovačů nejpozději do 12 týdnů (84 dnů) ode dne účinnosti smlouvy, uzavřené na základě tohoto zadávacího řízení.

Detailní specifikace lhůt plnění je uvedena v části 5.1 zadávací dokumentace.

3.2 Základní požadavky na technické parametry PE směrovačů:

- a) Minimální propustnost přepínacího subsystému 100 Gb/s
- b) Dostupnost laditelného 10GE DWDM OTN rozhraní (pásmo C, 50 GHz grid, E-FEC/FEC)
- c) Možnost rozšíření o laditelné 100GE DWDM OTN rozhraní (zakončení optického přenosového kanálu přímo na rozhraní směrovače) plně kompatibilního a interoperabilního se stávajícími technologiemi (CRS-3 a 7750 SR-12E)
- d) Vzájemná záměnnost komponent (zejména karet rozhraní) s již zadavatelem pořízenou technologií CRS-3 nebo 7750 SR-12E
- e) Zakončení páteřních DWDM okruhů na P směrovače (požadujeme 2x 10 Gbps Bundle Ethernet na každý P směrovač) na fyzicky nezávislých rozhraních (ochrana proti poruše karty/rozhraní směrovače) nabízeného PE/6PE směrovače; potřebná DWDM rozhraní jsou již zahrnuta v požadovaných sestavách
- f) Nabízená konfigurace musí umožňovat duální připojení koncových účastníků 10 Gbps na fyzicky nezávislá rozhraní (ochrana proti poruše karty/rozhraní směrovače); toto není požadováno pro 1 Gbps připojení
- g) Konfigurace směrovače musí umožňovat plnou propustnost (wirespeed) pro libovolný provoz na všech osazených portech (no oversubscription)
- h) Počet požadovaných výměnných rozhraní může být nižší než požadovaný počet 1GE a 10GE portů.

Minimální rozšiřitelnost směrovače v tabulkách požadovaných sestav uvádí očekávané rozšiřování konfigurací v budoucnosti. Jde o minimální počet rozhraní, které lze do směrovače nainstalovat a provozovat bez oversubscription.

3.2.1 Požadované konfigurace jednotlivých směrovačů:

Požadované sestavy směrovačů jsou uvedeny v následujících tabulkách:

- První tabulka uvádí vždy počty fyzických 1GE, 10GE a laditelných DWDM rozhraní pro připojení na páteřní P směrovače
- Druhá tabulka uvádí vždy typy a počty výměnných rozhraní pro výše uvedené fyzické porty. U výměnných rozhraní DWDM se 100GHz rozestupem kanálů preferujeme použít laditelné moduly (např. DWDM XFP) s 50 GHz rozestupem, budou-li v době dodávky k dispozici; požadovaný počet optických výměnných rozhraní je nižší než požadovaný počet portů (další výměnná rozhraní předpokládáme pořizovat později)

3.2.1.1 PE směrovač pro uzel Jihlava

Tabulka 7 Požadovaná sestava PE směrovače pro uzel Jihlava

Typ rozhraní	Požadovaný počet rozhraní	Minimální rozšiřitelnost směrovače na počet současně používaných rozhraní (předpokládané osazení)
1GE	24	40
10GE	16	20
100GE/100GE DWDM	0	3
10GE OTN DWDM, 50 GHz grid	0	3

Tabulka 8 Požadovaná výměnná rozhraní pro PE směrovač Jihlava

Výměnné optické či metalické rozhraní	Rychlost	Počet ks
1000BASE-SX	1 Gb/s	4
1000BASE-LX/LH	1 Gb/s	4
1000BASE-T	1 Gb/s	6
1000BASE-CWDM-1310	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-48.51	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-42.14	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-48.51	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-51.72	1 Gb/s	1
10GBASE-LR	10 Gb/s	10
*10GBASE-DWDM-51.72	10 Gb/s	2
*10GBASE-DWDM-xx.xx (100 GHz grid)	10 Gb/s	4

*preferujeme nabídku laditelného výměnného rozhraní s 50 GHz rozestupem; vlnová délka pro fixní výměnné rozhraní bude specifikována při instalaci

3.2.1.2 PE směrovač pro uzel Ústí n. Labem

Tabulka 9 Požadovaná sestava PE směrovače pro uzel Ústí n. Labem

Typ rozhraní	Požadovaný počet rozhraní	Minimální rozšiřitelnost směrovače na počet současně používaných rozhraní (předpokládané osazení)
1GE	24	40
10GE	20	28
100GE/100GE DWDM	0	3
10GE OTN DWDM, 50 GHz grid	0	4

Tabulka 10 Požadovaná výměnná rozhraní pro PE směrovač Ústí n. Labem

Výměnné optické či metalické rozhraní	Rychlost	Počet ks
1000BASE-SX	1 Gb/s	6
1000BASE-LX/LH	1 Gb/s	6
1000BASE-T	1 Gb/s	9
10GBASE-LR	10 Gb/s	8
1000BASE-DWDM-40.56	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-42.94	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-56.55	1 Gb/s	1
*10GBASE-DWDM-50.12	10 Gb/s	3
*10GBASE-DWDM-51.72	10 Gb/s	3
*10GBASE-DWDM-44.53	10 Gb/s	1
*10GBASE-DWDM-38.19	10 Gb/s	1
*10GBASE-DWDM-39.77	10 Gb/s	1
*10GBASE-DWDM-xx.xx (100 GHz grid)	10 Gb/s	2

*preferujeme nabídku laditelného výměnného rozhraní s 50 GHz rozestupem; vlnová délka pro fixní výměnné rozhraní bude specifikována při instalaci

3.2.1.3 PE směrovač pro uzel Most

Tabulka 11 Požadovaná sestava PE směrovače pro uzel Most

Typ rozhraní	Požadovaný počet rozhraní	Minimální rozšiřitelnost směrovače na počet rozhraní (předpokládané osazení)
1GE	32	40
10GE	8	16
100GE/100GE DWDM	0	3
10GE OTN DWDM, 50 GHz grid	0	3

Tabulka 12 Požadovaná výměnná rozhraní pro PE směrovač Most

Výměnné optické či metalické rozhraní	Rychlost	Počet ks
1000BASE-SX	1 Gb/s	7
1000BASE-LX/LH	1 Gb/s	5
1000BASE-T	1 Gb/s	12
10GBASE-LR	10 Gb/s	4
1000BASE-DWDM-56.55	1 Gb/s	2
1000BASE-DWDM-52.52	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-42.94	1 Gb/s	1
1000BASE-DWDM-40.56	1 Gb/s	1
*10GBASE-DWDM-xx.xx (100 GHz grid)	10 Gb/s	4

*preferujeme nabídku laditelného výměnného rozhraní s 50 GHz rozestupem; vlnová délka pro fixní výměnné rozhraní bude specifikována při instalaci

3.2.2 L2/L3 přístupové přepínače

Ve všech dotčených uzlech je nutné zachovat podporu lokální L2 funkcionality (přepínač/switch) a rozhraní 10/100/1000 BASE-T. Vzhledem k tomu, že poptávané terabitové směrovače tyto požadavky nemusí splňovat, umožňujeme je realizovat externími L2/L3 přepínači. V tomto případě budou nedílnou součástí dodávky sestavy terabitového směrovače a musí splňovat:

- Propojení s terabitovým směrovačem alespoň jedním 10GE rozhraním
- Modulární 10GE přepínač s redundantními napájecími zdroji
- Minimální osazení 8x 10GE porty a 20x 1GE 10/100/1000 BASE-T metalickými porty
- Podpora výměnných optických rozhraní 1GE (SFP apod.)

Tabulka 8 Požadovaná sestava L2/L3 přepínačů

Typ rozhraní	L2/L3 access přepínač (počet)
10/100/1000 metalické	20
10GE	8

3.3 Management systém terabitových směrovačů a přepínačů

Pro management nových směrovačů požadujeme využít stávající management systémy sítě CESNET2.

3.4 Ostatní požadavky na dodávku zařízení

S ohledem na podmínky v dotčených uzlech sítě CESNET2, kde budou dodaná zařízení provozována, zadavatel požaduje splnění následujících podmínek:

- 1) Všechna dodávaná zařízení musí umožňovat instalaci do jednoho racku o maximální výšce 45U v uzlech Jihlava a Ústí n. Labem
- 2) Všechna dodávaná zařízení musí umožňovat instalaci do jednoho racku o maximální výšce 25U v uzlu Most
- 3) Součet hmotnosti zařízení nesmí překročit 500 kg v každé lokalitě
- 4) Součet odběrů všech dodávaných zařízení nesmí překročit 6 kW v uzlech Jihlava a Ústí n. Labem
- 5) Součet odběrů všech dodávaných zařízení nesmí překročit 3 kW v uzlu Most
- 6) Požadované napájení je 230 VAC. Pokud nabízené zařízení podporuje pouze -48 VDC, je součástí nabídky měnič napájení v redundantní konfiguraci.

3.5 Požadavky na dokumentaci

3.5.1. Zadavatel požaduje před započítáním samotných dodávek a instalace dodání prováděcího projektu (prováděcích projektů) pro instalaci, zprovoznění a migraci účastníků sítě CESNET2 na nový směrovač v jednotlivých lokalitách. Zadavatel při vypracování projektu poskytne nezbytnou součinnost.

Prováděcí projekt (-y) musí obsahovat alespoň:

- podrobný popis postupu (včetně harmonogramu) náhrady stávajících směrovačů a případně dalších komponent v jednotlivých předmětných uzlech sítě CESNET2;
- popis začlenění sestav směrovačů a případně dalších komponent do sítě CESNET2;
- popis nezbytných změn topologie příslušného uzlu;
- popis konverze konfigurací v konkrétním uzlu;
- postup migrace účastníků;

3.5.2 Zadavatel dále požaduje poskytnutí veškeré potřebné dokumentace o celém plnění této veřejné zakázky v listinné a elektronické podobě dle jeho stavu v okamžiku předání objednateli na základě předávacího (akceptačního) protokolu; dokumentací se rozumí zejména HW konfigurace a schéma zapojení použitých prvků a kompletní popis SW nastavení jednotlivých prvků.

4. Požadavky na předmět plnění – služby

Zadavatel dále požaduje poskytnutí služeb, které jsou specifikovány v odst. 4.2.3. zadávací dokumentace.

5. Požadované parametry a vlastnosti zařízení a management systému

5.1 Požadované parametry a vlastnosti PE směrovačů

Všechny nabízené směrovače musí používat vzájemně kompatibilní moduly rozhraní a stejnou verzi operačního systému.

- 1) Redundance všech klíčových komponent (napájecí zdroje, větráky, přepínací matice); možnost výměny vadných komponent bez ovlivnění funkce systému.
- 2) Schopnost upgrade SW a HW za provozu bez výpadku provozu a schopnost aktivace záložních komponent při výpadku primárních (bez výpadku provozu).
- 3) Hardwarová podpora L3 přepínání/směrování protokolů IPv4 a IPv6 (unicast i multicast).
- 4) Správa konfigurací s možností návratu k předchozím verzím, která zahrnuje možnost editace, verifikace funkčnosti konfigurace a jejího potvrzení.
- 5) Plná interoperabilita se stávající sítí CESNET2 a již provozovanými směrovači uvedenými v popisu sítě CESNET2 (část 1, kapitola 2.2) na úrovni všech provozovaných protokolů a služeb.
- 6) Filtering, policing a shaping v HW bez ovlivnění (snížení) propustnosti.
- 7) Replikace skupinového vysílání (multicast) plnou rychlostí (podpora v HW).
- 8) Neblokující architektura přepínacího/směrovacího subsystému (tzv. wire speed propustnost).
- 9) Minimální propustnost přepínacího subsystému 100 Gb/s (podpora 100 Gb/s rozhraní).
- 10) Úplná dostupnost a stabilita všech služeb sítě CESNET2 (IPv4 unicast/multicast, EoMPLS, VPLS) a úplná kompatibilita se stávající sítí včetně návaznosti na optický přenosový systém DWDM dle popisu v části 1, kapitola 2.1
- 11) Celkový převáděcí L2/L3 výkon přepínacího subsystému musí být pro IPv4 a IPv6 nejméně 700 milionů paketů za sekundu v neblokujícím módu.
- 12) Podpora monitorování IP (IPv4 a IPv6) datových toků formou exportu provozních informací o přenesených datech v (pseudo) reálném čase v členění minimálně: zdrojová/cílová IP adresa, zdrojový/cílový TCP/UDP port (či ICMP typ) - NetFlow nebo ekvivalent. Funkce monitorování musí být implementována bez negativních vlivů na zátěž a výkon řídicích procesorů. Uveďte, zda export NetFlow dat podporuje standard RFC 3954 a další funkce jako sampling.
- 13) Kontrola přípustnosti zdrojové IPv4 a IPv6 adresy na všech (fyzických i logických) L3 přepínaných/směrovaných rozhraních podle aktuální směrovací tabulky (antispoofingová kontrola ekvivalentní funkci RPFC, *reverse path forwarding check* dle RFC 3704).

- 14) Hardwarová podpora bezestavové bezpečnostní filtrace provozu podle L2/L3/L4 atributů na úrovni linkové/síťové/transportní vrstvy aplikovatelná na úrovni L2/L3 fyzického i logického rozhraní.
- 15) Hardwarová podpora dlouhých ethernetových rámců (tzv. *jumbo frames*) délky alespoň 9000 B (datový obsah rámce – payload).
- 16) Podpora Ethernet 802.3ah OAM (minimálně Neighbor Discovery, Link Monitoring a Remote Fault Indication) a podpora Ethernet 802.1ag CFM.
- 17) Možnost výměny modulů (i redundantních napájecích zdrojů) za provozu (*hot-swap*) bez ovlivnění funkce zařízení jako celku.
- 18) Hardwarová podpora zajištění kvality služby (QoS) podle L2/L3/L4 atributů umožňující implementaci QoS podle modelu rozlišovaných služeb (DiffServ dle RFC 2474, 2475, 2597, 2598, 2697, 3270):
 - a) Klasifikace a reklasifikace rámců/paketů na vstupu i výstupu (IEEE 802.1p, IP DSCP, IP Precedence, EXP MPLS).
 - b) Omezování provozu (*policing*) na vstupu i výstupu (kompatibilita s RFC 2697 a/nebo RFC 2698), alespoň 8 výstupních front (jedna s absolutní prioritou) na každém rozhraní, konfigurovatelné mechanismy preventivní ochrany proti zahlcení.
- 19) Zařízení musí podporovat následující protokoly:
 - a) Layer 3 směrovací protokoly včetně Multiprotocol Border Gateway Protocol Version 4 (BGPv4 minimálně dle RFC 2545, RFC 4271 a RFC 4893), Open Shortest Path First Version 2 (OSPFv2 dle RFC 2328), OSPFv3 (dle RFC 5340), Intermediate System-to-Intermediate System Protocol (IS-IS; dle RFC 2763, RFC 2966, RFC 2973, RFC 3277, RFC 3373, RFC 3567, RFC 4444).
 - b) Duální podpora IPv4 a IPv6 (možnost současné konfigurace IPv4 a IPv6 adres na tomtéž fyzickém nebo logickém rozhraní, tzv. *dual-stack*).
 - c) Možnost vytváření logicky oddělených instancí virtuálních směrovacích tabulek v rámci téhož L3 přepínače/směrovače pro tvorbu VPN.
 - d) Podpora směrování IPv4/IPv6 multicastu.
 - e) Přepínání/směrování multicastových paketů s podporou tzv. zdrojově orientovaných a sdílených distribučních stromů (source-based and shared distribution trees) a s podporou následujících protokolů:
 - i) Protocol Independent Multicast sparse mode (PIM-SMv2) dle RFC 4609
 - ii) Bi-directional PIM (Bidir-PIM)
 - iii) PIM Source Specific Multicast (PIM SSM) dle RFC 4607 a RFC 4608
 - iv) Internet Group Management Protocol (IGMP) verze 1, 2 a 3 (dle RFC 2236 a RFC 3376)
 - v) Multiprotocol BGP (MBGP) včetně 6PE rozšíření dle RFC 4798 a multiprotocol extensions for BGP4 dle RFC 4760
 - vi) Multicast Source Discovery Protocol (MSDP) dle RFC 3618
 - vii) Anycast RP dle RFC 3446 a RFC 4610
 - viii) Embedded RP dle RFC 3956
 - f) Multiprotocol Label Switching Protocol (MPLS) :
 - i) MPLS Label Distribution Protocol (LDP) dle RFC 3031, RFC 3036, RFC 3037, RFC 3215, RFC 3468, RFC 3815, RFC 5036 a RFC 5443
 - ii) MPLS load balancing, podpora RFC 3107
 - iii) MPLS Fast Reroute, podpora RFC 4090
 - iv) Resource Reservation Protocol (RSVP), RFC 2205, RFC 2747, RFC 3209, RFC 2961, RFC 3473, RFC 4090
 - v) Diffserv-aware MPLS TE, RFC 4124, RFC 4125, RFC 4127
 - vi) MPLS Traffic Engineering Control Plane (RFCs 2702 and RFC 2430)
 - vii) L2VPN (IETF PWE3 concept)
 - viii) EoMPLS L2 VPN, RFC 3931, RFC 4905, RFC 4906, RFC 4447 a RFC 4448

- ix) EoMPLS Ethernet Remote Port Shutdown
- x) QinQ pro EoMPLS
- xi) BGP/MPLS L3 VPN, RFC 2547, RFC 2842, RFC 2858, RFC 3107
- xii) VPLS, podpora RFC 4762
- xiii) Point-to-Multipoint Traffic Engineering
- g) BFD pro IPv4/IPv6 BGP, OSPF a IS-IS dle RFC 5880 a RFC 5881.

20) Zařízení musí podporovat nejméně následující typy rozhraní:

- a) OC-768c/STM-256c Packet over Synchronous Optical Network (POS)
- b) 10 Gigabit Ethernet (LAN-PHY)
- c) 1 Gigabit Ethernet
- d) 10GE Tunable WDMPHY (50 GHz spacing, full C-band)
- e) 100G Tunable DWDM rozhraní (50 GHz spacing, full C-band)

21) Zařízení musí podporovat následující vlastnosti a funkce:

- a) IP protokol
 - i. IPv4/IPv6 unicast/multicast (dual-stack)
 - ii. IPv4/IPv6 load balancing
- b) IPv4 multicast
 - i. Multicast Reverse Path Forwarding (RPF)
 - ii. Multicast Nonstop Forwarding (NSF)
 - iii. Multicast Forwarding Information Base (MFIB)
- c) Forwarding
 - i. Access control lists (ACLs/xACLs)
 - ii. Quality of service/class (QoS/CoS)
 - iii. IP packet classification/marking
 - iv. Queuing (both ingress and egress)
 - v. Policing (both ingress and egress)
 - vi. Hierarchical Shaping (egress)
 - vii. Diagnostic and network management support
- d) MPLS
 - i. MPLS forwarding
 - ii. MPLS load balancing
 - iii. MPLS Fast Reroute
 - iv. MPLS Traffic Engineering
 - v. EoMPLS Ethernet Remote port Shutdown
 - vi. VPLS
 - vii. Point-to-Multipoint MPLS Traffic Engineering
- e) Security
 - i. Control plane policing nebo obdobné funkce firewallu
 - 1. Konfigurovatelné prostředky ochrany směrovače před útoky typu odepření služby (DoS), např. formou vhodného omezení frekvence určitých typů rámců/paketů, které jsou

- zpracovávány procesorem zařízení. (Control Plane Policing nebo obdobný typ ochrany)
- ii. Podpora centrální autentizace uživatelů, autorizace a accountingu příkazů prostřednictvím protokolu TACACS+
 - iii. Podpora Message Digest Algorithm (MD5) pro interní a externí směrovací protokoly
 - iv. Secure Shell (SSHv2)
- f) Optical features
- i. Tx and Rx optical power monitoring (DOM).
- 22) NSF (Non-stop Forwarding) pro protokoly OSPF, BGP, LDP a RSVP dle RFC 3623, RFC 5187, RFC 4724 a RFC 3478.
- 23) Network management:
- a) Možnost povýšení operačního systému zařízení po síti minimálně pomocí jednoho z protokolů TFTP, FTP, HTTP, SCP nebo SFTP
 - b) Možnost nahrání/zálohování konfigurace zařízení po síti minimálně pomocí jednoho z protokolů TFTP, FTP, HTTP, SCP nebo SFTP
 - c) Správa konfigurací s možností návratu k předchozím verzím, která zahrnuje možnost editace, verifikace syntaxe konfigurace a jejího potvrzení
 - d) Podpora protokolů SNMPv2, SNMPv3 (včetně schopnosti generovat trapy při detekci významných událostí a s možností omezit oprávněné zdrojové IP adresy management stanic) a syslog
 - e) Podpora synchronizace času protokolem NTP, minimálně verze 3
 - f) Vzdálený konfigurační přístup k zařízení protokoly Telnet a SSH (s možností omezit oprávněné zdrojové IP adresy manažerských stanic)
 - g) Implementace 64bitových čítačů přenesených bytů/paketů pro jednotlivé relevantní entity síťových informací (typicky rozhraní, filtry apod.) přístupné přes příkazovou řádku a SNMPv2/v3
 - h) Podpora monitorování IP (IPv4 a IPv6) datových toků formou exportu provozních informací o přenesených datech v (pseudo)reálném čase v členění minimálně: zdrojová/cílová IP adresa, zdrojový/cílový TCP/UDP port (či ICMP typ) - NetFlow nebo ekvivalent
 - i) Podpora monitorování MPLS (IPv4 a IPv6) datových toků formou exportu provozních informací o přenesených datech v (pseudo)reálném čase v členění minimálně: zdrojová/cílová IP adresa, zdrojový/cílový TCP/UDP port (či ICMP typ) - NetFlow nebo ekvivalent
 - j) Konfigurační soubory v čitelném formátu (např. ASCII, TXT, XML)
 - k) Command-line interface (CLI)
 - l) Podpora SNMPv2/v3 MIBs a traps
- 24) Out-of-Band Management (EIA-232 konsole, vyhrazené Ethernet rozhraní).

5.2 Požadované parametry a vlastnosti L2/L3 přepínačů

- 1) Modulární L2/L3 přepínač/směrovač osazený podle následující specifikace:
 - a) Redundantní napájení (zařízení musí být schopno plné funkce při poruše jednoho napájecího zdroje). Každý napájecí zdroj musí mít vlastní fyzický nezávislý přívod 230 V.
 - b) 8 x 10GBASE LAN-PHY (10 Gigabit Ethernet) rozhraní pro submoduly přijímačů/vysílačů typu XENPAK nebo X2 nebo XFP, z toho osazeno 1 x 10GBASE-LR rozhraní.

- c) 20 x 10/100/1000BASE-T/TX rozhraní RJ-45.
- d) podpora připojení výměnného SFP rozhraní (LX, SX, DWDM).
- 2) Všechny použité moduly musí být schopné využívat plnou projektovanou hardwarovou přenosovou/převáděcí kapacitu slotu.
- 3) Hardwarová podpora L3 přepínání/směrování protokolů IPv4 a IPv6 (unicast i multicast).
- 4) Celková potenciální propustnost přepínacího subsystému musí být minimálně 320 Gb/s.
- 5) Celkový převáděcí L2/L3 výkon přepínacího subsystému musí být pro IPv4/IPv6 minimálně 200/100 Mp/s (200/100 milionů paketů za sekundu) v neblokujícím módu.
- 6) Kontrola přípustnosti zdrojové IP adresy na všech (fyzických i logických) L3 přepínaných/směrovaných rozhraních podle aktuální směrovací tabulky (antispoofingová kontrola ekvivalentní funkci RPF, *reverse path forwarding Check dle RFC 3704*).
- 7) Hardwarová podpora bezstavové bezpečnostní filtrace provozu podle L2/L3/L4 atributů na úrovni linkové/síťové/transportní vrstvy aplikovatelná na úrovni L2/L3 fyzického i logického rozhraní (VLAN).
- 8) Hardwarová podpora omezení broadcastového a multicastového provozu na rozhraní.
- 9) Hardwarová podpora dlouhých ethernetových rámců (tzv. *jumbo frames*) délky alespoň 9000 B (datový obsah rámce – payload).
- 10) Možnost výměny napájecích zdrojů za provozu (*hot-swap*) bez ovlivnění funkce zařízení jako celku.
- 11) Hardwarová podpora omezování zbytečného šíření multicastových rámců/paketů na rozhraní bez explicitních příjemců (IGMPv2/v3 a MLDv1/v2 snooping).
- 12) Hardwarová podpora zajištění kvality služby (QoS) podle L2/L3/L4 atributů umožňující implementaci QoS podle modelu rozlišovaných služeb (DiffServ dle RFC2474, 2475, 2597, 2598, 2697, 3270):
 - a) Klasifikace a reklasifikace rámců/paketů na vstupu i výstupu (IEEE 802.1p, IP DSCP, IP Precedence).
 - b) Omezování provozu (*policing*) na vstupu i výstupu (kompatibilita s RFC 2697 a/nebo RFC 2698), alespoň 4 výstupní fronty (jedna s absolutní prioritou) na každém rozhraní, konfigurovatelné mechanismy preventivní ochrany proti zahlcení.
- 13) Podpora IEEE 802.1Q/p (minimálně 1000 VLAN, konfigurační možnosti statického omezování šíření VLAN), IEEE 802.1s/w (RSTP/MSTP), IEEE 802.3ad, IGMPv2/v3, MLDv1/v2.
- 14) Podpora L2 paralelních cest dle IEEE 802.3ad.
- 15) Podpora detekce jednosměrné komunikace na lince, např. dle RFC 5171.
- 16) Tx a Rx optical power monitoring (DOM)
- 17) Duální podpora IPv4 a IPv6 (možnost současné konfigurace IPv4 a IPv6 adres na tomtéž fyzickém nebo logickém rozhraní, *dual-stack*).
- 18) Podpora směrovacích protokolů MBGP/BGPv4, OSPFv2/OSPFv3 (dle RFC 2328 a RFC 5340), statického směrování, MSDP, PIM-SMv2, PIM-SSM, možnosti redistribuce směrovacích informací mezi protokoly, rozkládání zatížení na L3 paralelních cestách.
- 19) Možnost vytváření logicky oddělených instancí virtuálních směrovacích tabulek v rámci téhož L3 přepínače/směrovače pro tvorbu VPN.
- 20) Možnost povýšení operačního systému zařízení po síti pomocí alespoň jednoho z protokolů TFTP, FTP, HTTP, SCP nebo SFTP.
- 21) Možnost nahrání/zálohování konfigurace zařízení po síti pomocí alespoň jednoho z protokolů TFTP, FTP, HTTP, SCP nebo SFTP.
- 22) Podpora centrální autentizace uživatelů, autorizace a accountingu příkazů prostřednictvím protokolu TACACS+.
- 23) Podpora protokolů SNMPv2/v3 (včetně schopnosti generovat trapy při detekci významných událostí) a syslog.
- 24) Podpora synchronizace času protokolem NTPv3.

- 25) Možnost vzdáleného konfiguračního přístupu k zařízení protokoly Telnet, SSH (SSHv2) a HTTPS (s možností omezit oprávněné zdrojové IP adresy manažerských stanic).
- 26) Možnost omezení počtu naučených MAC adres na rozhraní (obrana proti útokům typu zahlcení vnitřní tabulky MAC adres přepínače/mostu).
- 27) Implementace čítačů přenesených bytů/paketů pro jednotlivé relevantní entity síťových informací (typicky rozhraní, filtry apod.) přístupné přes příkazovou řádku a SNMP.
- 28) Možnosti ochrany spanning tree protokolu vůči zneužití (filtrace BPDU rámců na jednotlivých rozhraních, kontrola přípustnosti BPDU apod.).
- 29) Konfigurovatelné prostředky ochrany L2/L3 přepínače/směrovače před útoky typu odepření služby (DoS), např. formou vhodného omezení frekvence určitých typů rámců/paketů, které jsou zpracovávány procesorem zařízení.
- 30) Podpora privátních VLAN (logická izolace jednotlivých rozhraní nebo skupin rozhraní v rámci téže VLAN).

6. Související požadavky

Uchazeč je dále povinen v nabídce uvést:

- 1) Rozměry a hmotnost nabízených směrovačů/sestavy směrovače.
- 2) Nároky na napájení a chlazení:
 - a) u nabízené sestavy;
 - b) u nabízených komponent (procesory, karty 1GE a 10GE rozhraní, příp. další nezbytné komponenty).
- 3) Další nezbytné požadavky a předpoklady na site planning a instalaci.
- 4) Úroveň redundance nabízených směrovačů/sestavy směrovače (u všech aktivních komponent).
- 5) Skutečný forwarding performance nabízených karet rozhraní (uvedte velikost oversubscription).
- 6) Přehled všech typů podporovaných rozhraní a jejich hustotu (osazení v rámci 1 slotu).
- 7) Maximální velikost media MTU pro 1GE, 10GE a 100GE a způsob stanovení IP a MPLS MTU včetně uvedení encapsulation overheadu; minimálně pro 802.1Q/Ethernet 802.3, MPLS, VPLS a QinQ.
- 8) Rezervy/možnosti rozšíření navrhovaného řešení.
- 9) Uvést základní vlastnosti a funkce nabízeného zařízení a všech jeho komponent.
- 10) Uvést předpokládaný rozvoj nabízeného zařízení, nových funkcí a vlastností, které výrobce plánuje implementovat, včetně časových horizontů (tzv. road-map). Požadujeme uvedení časových horizontů po dobu nejméně 3 let.