

Požadované technické parametry dodávky

Předmětem dodávky jsou aktivní síťové prvky dle technických podmínek uvedených níže.

- 2 ks bezdrátových přístupových bodů,
- 1 ks bezdrátový přístupový bod se směrovými anténami.

Tabulka povinných požadavků pro bezdrátový přístupový bod

Požadavek na funkcionalitu	Minimální požadavky
Základní vlastnosti	
Typ zařízení	bezdrátový přístupový bod
Montáž	na strop
Montážní konzole součástí dodávky	ne
Rádiové rozhraní pro pásmo 2,4 GHz	ano
Rádiové rozhraní pro pásmo 5 GHz	ano
Rádiové rozhraní pro pásmo 6 GHz	ano
Samostatné rádio pro monitorování 2,4, 5 a 6 GHz RF spektra – detailní spektrální analýza, detekce útoků na bezdrátovou síť, lokalizace klientů	ano
Rozhraní 100/1000/2500 Mb/s kompatibilní s 802.3bz	ano
Podpora IEEE 802.3bt/at napájení z přepínače nebo injektoru	ano
Typ antén	integrované pro všechna pásma
Podpora stávajících centralizovaných řadičů bezdrátové sítě	ano
Podpora systému centralizované správy bezdrátových řadičů	ano
Výkonnostní parametry	
Fyzická přenosová rychlost celé bezdrátové části	7 Gb/s
Protokoly fyzické vrstvy	
IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax a Wi-Fi 6E	ano
MIMO (Multiple Input Multiple Output) v pásmu 2,4/5/6 GHz	2x2:2/4x4:4/4x4:4
Podpora Multiuser Multiple-Input Multiple-Output (MU MIMO)	ano
Maximal ratio combining (MRC)	ano
Agregace rámců A-MPDU a A-MSDU	ano
Dynamický výběr volné frekvence DFS	ano
Podpora 20 MHz a 40 MHz kanálů v pásmu 2,4 GHz	ano
Podpora 80 MHz kanálů v pásmu 5 GHz	ano
Podpora 160 MHz kanálů v pásmu 6 GHz	ano
Podpora BSS Coloring	ano
Optimalizace fáze vysílaného bezdrátového signálu směrem ke klientům	ano
Podpora mechanismu pro nucené přepojení klientů mezi pásmy	ano
Podpora současného vysílání a příjmu více klientů najednou (OFDMA)	ano
Hardwarová podpora spektrální analýzy (detekce zdroje rušivého signálu)	ano
Hardwarová podpora rozpoznání zdroje rušivého signálu podle otisku	ano
Výpočet závažnosti dopadu interference na kvalitu rádiového signálu	ano
Minimální počet inzerovaných SSID (BSSID)	8/rádiové rozhraní
Rádio podporující BLE 5.1 a Target Wake Time (TWT)	ano
Bezpečnost	
Podpora WPA3	ano
Certifikát s lokální platností pro nasazení PKI	ano
Fyzické zabezpečení/zamknutí k okolním pevným částem	ano
Management	

CLI rozhraní	ano
SSHv2	ano
Konzolová linka	ano
Detekce a monitorování problémů bezdrátové sítě odchyťváním provozu	ano

Tabulka povinných požadavků pro bezdrátový přístupový bod se směrovými anténami

Požadavek na funkcionalitu	Minimální požadavky
Základní vlastnosti	
Typ zařízení	bezdrátový přístupový bod
Montáž	na stěnu s natáčecí konzolí
Montážní konzole s vertikálním i horizontálním natáčením	ano
Rádiové rozhraní pro pásmo 2,4 GHz	ano
Rádiové rozhraní pro pásmo 5 GHz	ano
Rádiové rozhraní pro pásmo 6 GHz	ano
Samostatné rádio pro monitorování 2,4, 5 a 6 GHz RF spektra – detailní spektrální analýza, detekce útoků na bezdrátovou síť, lokalizace klientů	ano
Rozhraní 100/1000/2500/5000 Mb/s kompatibilní s 802.3bz	ano
Podpora IEEE 802.3bt/at napájení z přepínače nebo injektoru	ano
Typ antén	integrovaná, směrová pro všechna pásma
Zisk antény pro pásmo 2,4 / 5 / 6 GHz	6 / 8 / 8 dBi
Vyzařovací úhel vertikální / horizontální pro pásmo 2,4 / 5 / 6 GHz	70°/70°, 60°/60°, 60°/60°
Podpora stávajících centralizovaných řadičů bezdrátové sítě	ano
Podpora systému centralizované správy bezdrátových řadičů	ano
Výkonnostní parametry	
Fyzická přenosová rychlost celé bezdrátové části	7 Gb/s
Protokoly fyzické vrstvy	
IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax a Wi-Fi 6E	ano
MIMO (Multiple Input Multiple Output) v pásmu 2,4/5/6 GHz	4x4:4/4x4:4/4x4:4
Podpora Multiuser Multiple-Input Multiple-Output (MU MIMO)	ano
Maximal ratio combining (MRC)	ano
Agregace rámců A-MPDU a A-MSDU	ano
Dynamický výběr volné frekvence DFS	ano
Podpora 20 MHz a 40 MHz kanálův pásmu 2,4 GHz	ano
Podpora 80 MHz kanálů v pásmu 5 GHz	ano
Podpora 160 MHz kanálů v pásmu 6 GHz	ano
Podpora BSS Coloring	ano
Optimalizace fáze vysílaného bezdrátového signálu směrem ke klientům	ano
Podpora mechanismu pro nucené přepojení klientů mezi pásmy	ano
Podpora současného vysílání a příjmu více klientů najednou (OFDMA)	ano
Hardwarová podpora spektrální analýzy (detekce zdroje rušivého signálu)	ano
Hardwarová podpora rozpoznání zdroje rušivého signálu podle otisku	ano
Výpočet závažnosti dopadu interference na kvalitu rádiového signálu	ano
Minimální počet inzerovaných SSID (BSSID)	8/rádiové rozhraní
Rádio podporující BLE 5.1 a Target Wake Time (TWT)	ano
Bezpečnost	
Podpora WPA3	ano
Certifikát s lokální platností pro nasazení PKI	ano

Fyzické zabezpečení/zamknutí k okolním pevným částem	ano
Management	
CLI rozhraní	ano
SSHv2	ano
Konzolová linka	ano
Detekce a monitorování problémů bezdrátové sítě odchyťváním provozu	ano

Další technické požadavky

- Všechny poptávané aktivní síťové prvky musí být z důvodů ochrany stávajících investic a minimalizace celkových nákladů na vlastnictví a provoz počítačové sítě zadavatele kompatibilní se všemi již používanými zařízeními, komunikačními protokoly a systémy správy sítě specifikovanými níže.

Struktura technické části nabídky

Technická část nabídky musí obsahovat:

- **Podrobný popis technických a funkčních parametrů** nabízeného řešení, z něhož bude jasné patrné splnění jednotlivých položek technických a funkčních požadavků technického zadání.
- **Podrobný popis servisních a záručních podmínek**, z něhož bude jasné patrné splnění jednotlivých položek servisních a záručních požadavků zadání.
- **Podrobnou položkovou specifikaci** nabízených zařízení (např. typů šasi, jednotlivých modulů, operačního software, napájecích zdrojů apod.).

Popis prostředí počítačové sítě ZČU

Používané komunikační protokoly a podpůrné vlastnosti aktivních prvků sítě ZČU

V akademické síti ZČU WEBnet jsou v současné době používány následující komunikační protokoly a další podpůrné vlastnosti aktivních prvků, s nimiž musí být poptávaná zařízení kompatibilní:

- 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 a vlastnické L2 protokoly VTPv3, PVRSTP+, CDPv2, UDLD.
- Možnosti ochrany spanning tree protokolu vůči zneužití (filtrace BPDU rámců na jednotlivých rozhraních, kontrola přípustnosti BPDU apod.).
- Podpora agregace linek (LACP nebo PAGP).
- Podpora privátních VLAN (logická izolace jednotlivých rozhraní nebo skupin rozhraní v rámci téže VLAN).
- Podpora omezení (procentuálního poměru) broadcastového a multicastového provozu na rozhraní.
- Duální podpora IPv4 a IPv6 unicast i multicast (možnost současné konfigurace IPv4 a IPv6 adres na tomtéž fyzickém nebo logickém rozhraní, dual-stack).
- Podpora směrovacích protokolů BGPv4, OSPFv2, OSPFv3, PIM-SMv2, RIP, statického směrování a možnosti redistribuce směrovacích informací mezi jednotlivými protokoly, rozkládání zatížení na L3 paralelních cestách, možnosti vytváření logicky oddělených instancí virtuálních směrovacích tabulek v rámci téhož L3 přepínače (podpora virtuálních směrovacích instancí).
- Podpora HSRP nebo VRRP pro zajištění redundance výchozí brány koncovým stanicím/serverům.
- Podpora GRE tunelů.
- Podpora IGMPv2, IGMPv3 a hardwarová podpora omezování zbytečného šíření multicastových rámců/paketů na rozhraní bez explicitních příjemců (IGMPv2/v3 a MLDv1/v2 snooping).

- Možnost definovat povolené MAC adresy na portu, jejich maximální počet na portu a definování různého chování při překročení počtu MAC adres na portu (zablokování portu, blokování nové MAC adresy).
- 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).
- Vzdálený management aktivních prvků (typicky pomocí protokolů Telnet, SSH, HTTP/HTTPS nebo SNMPv2/v3).
- Implementace čítačů přenesených bytů/paketů pro jednotlivé relevantní entity síťových informací (typicky rozhraní, filtry apod.) přístupné přes příkazovou řádku a SNMP.
- Možnost nastavení omezení distribuce IP multicastu ve VLAN.
- Možnost ochrany proti útokům na úrovni síťové a linkové vrstvy (IP DHCP Snooping, Dynamic ARP Inspection, IP Source Guard).
- Hardwarová podpora zajištění kvality služby (QoS) podle L2/L3/L4 atributů umožňující implementaci QoS podle modelu rozlišovaných služeb (DiffServ).

Nástroje používané pro správu sítě ZČU

Pro správu sítě ZČU jsou používány následující nástroje síťového managementu, s nimiž musí být poptávaná zařízení kompatibilní.

Správa konfigurací

Zálohování konfigurací všech aktivních komunikačních prvků Cisco je prováděno centrálně automaticky pomocí systému Oxidized¹ periodicky alespoň jednou denně. Archivace (změn) historie konfigurací je udržována minimálně po dobu jednoho roku.

Pro hromadné konfigurace skupin zařízení se využívají systémy Netmanager², umožňující paralelní vykonávání příkazů.

Správa bezdrátové sítě

Na ZČU je provozována bezdrátová síť eduroam³, která podporuje IP mobilitu a roaming uživatelů v rámci české sítě národního výzkumu a vzdělávání. Kromě toho je provozována síť zcu-mobile, která mobilitu a roaming nepodporuje. Pro její provoz byl vyvinut vlastní systém založený na open-source řešení. Obě řešení jsou navázána na AAA infrastrukturu založenou na ověřovacím serveru freeRADIUS⁴. Pro správu a konfiguraci bezdrátových přístupových bodů je využíváno centralizované řešení. Jako centrální prvky jsou použity čtyři bezdrátové radiče⁵ pracující v režimu active/standby, které jsou schopny současně spravovat až 1500 AP. K udržení konzistentní konfigurace obou bezdrátových radičů je používán specializovaný software⁶.

Inventarizace síťových zařízení

Pro inventarizaci veškerých síťových zařízení (typicky aktivních komunikačních prvků a koncových zařízení jako jsou uživatelská PC, notebooky, servery a síťové tiskárny) se využívají dva druhy nástrojů:

- registrační systém Sauron⁷ v prostředí sítě ZČU (uživatelé a administrátoři registrují síťová zařízení pomocí služby „hostmaster“) a registrační systém Knet⁸ v prostředí kolejní sítě (včetně

¹<https://github.com/ytti/oxidized>

²Vlastní otevřený systém založený na využití výsledků diplomových prací studentů FAV.

³<http://www.eduroam.cz>

⁴<http://freeradius.org>

⁵Dva bezdrátové radiče Cisco Wireless Controller Cisco Catalyst 9800-40.

⁶Cisco Catalyst Center verze 2.3.7.9

⁷<http://sauron.jyu.fi/>

⁸Vlastní otevřený systém založený na využití výsledků diplomových prací studentů FAV.

funkce řízení přístupu oprávněných uživatelů do sítě na základě konfigurace kolejních DHCP/DNS serverů a pravidel na centrálním kolejním firewallu)

- on-line systémy NAV⁹, který na základě periodicky získávaných informací z aktivních komunikačních prvků pomocí protokolů SNMP a CDP poskytuje informace o zařízeních připojených do sítě (např. počty, typy a verze OS aktivních prvků, informace o topologii sítě, VLAN, IP podsítích, bezdrátových SSID, mapování MAC adres na IP adresy, připojení MAC/IP adres za konkrétními fyzickými porty jednotlivých přepínačů, informace o SMB atd.¹⁰) s možností pokročilého vyhledávání (např. nalezení fyzického připojení zařízení s danou IP/MAC adresou, nalezení duplicitních MAC/IP adres apod.), včetně uchovávání stavové historie.

Monitorování provozu

Provozní trendy

Pro sledování non-stop dostupnosti na úrovni služeb se používá systém Nagios¹¹, který je současně také využíván pro monitorování dostupnosti všech aktivních komunikačních prvků a služebních/management serverů, včetně konfigurace automatického upozorňování/eskalace e-mailem při detekci problémové/chybové situace.

Pro sledování non-stop dostupnosti na úrovni služeb pro systém VoIP ZČU se používá systém Nagios, který je využíván pro monitorování dostupnosti všech aktivních komunikačních prvků a služebních/management serverů systému VoIP ZČU, včetně konfigurace automatického upozorňování/eskalace e-mailem při detekci problémové/chybové situace.

Pro non-stop historii sledování základních L2 provozních charakteristik aktivních komunikačních prvků všech prostředí pomocí SNMP¹² (typicky zatížení CPU, obsazení operační paměti, stav napájecích zdrojů, teplota, počet BGP prefixů a stavové informace jednotlivých portů/rozhraní jako počet přenesených bytů/rámců/paketů, chybovost portů/rozhraní atd.) se používá systém NAV.

Pro sledování provozu na úrovni L3/L4 datových toků se využívá technologie NetFlow v9. NetFlow informace exportované ze směrovačů, linuxových firewallů (kolejní extranet) se zpracovávají pomocí software FTAS¹³.

Pro monitorování problémových provozních stavů se používá standardní mechanismus zpracování nevyžádaných deníkových zpráv generovaných aktivními prvky na bázi protokolu Syslog a SNMP trap, přičemž se navíc využívá i nadstavba Zenoss Core¹⁴ pro inteligentní korelaci trapů.

Pro sledování provozních charakteristik přístupové sítě s využitím streaming telemetrie je využíván specializovaný¹⁵ software.

Bezpečnostní monitorování

Pro monitorování síťové bezpečnosti se jednak využívají standardní nástroje Syslog a SNMP trapy, které mohou být ještě dále inteligentně předzpracovány/filtrovány, korelovány a reportovány SIEM systémem zpracování Syslog hlášení z aktivních prvků OSSEC¹⁶ a pro SNMP trapy systémem Zenoss Core.

Přehled o anomáliích na úrovni automatické detekce podezřelých IPv4 datových toků podle analýzy NetFlow dat poskytuje software FTAS.

⁹<https://nav.uninett.no/>

¹⁰Z bezpečnostních důvodů se však záměrně nevyužívají integrované služby manipulace se stavy portů přepínačů vyžadující SNMP přístup pro zápis.

¹¹<http://www.nagios.org/>

¹²Konfigurace aktivních prvků pouze v režimu pro čtení s povolenými IP adresami management stanic dle ACL.

¹³<http://www.cesnet.cz/doc/techzpravy/2004/ftas-arch/>,

<http://www.cesnet.cz/doc/techzpravy/2006/ftas-interface/>,

<http://www.cesnet.cz/akce/2009/zazemi-pro-cert-csirt/p/sledovani-provozu.pdf>

¹⁴<http://www.zenoss.com/solution/network-monitoring>

¹⁵Cisco Catalyst Center verze 2.3.7.9

¹⁶<http://www.ossec.net/>

Vynucování bezpečnostní síťové přístupové politiky umožňující centralizované systémové zablokování přístupu problémových uživatelů do sítě či síťových služeb (blacklist) zejména na úrovni L2 VACL nebo L3 ACL případně ještě s kombinací vypnutí daného portu na přístupovém prvku (typicky nejbližší místu svého vzniku podle typu komunikačního prvku) je řízeno pomocí nástroje NetSpy¹⁷. Tento vlastní nástroj také poskytuje další potřebné podpůrné administrátorské funkce jako např. automatickou detekci neregistrovaných zařízení, vyhledání různých konfliktních síťových stavů, management VLAN/IP podsítí atd.

Vzdálený administrátorský přístup ke všem aktivním síťovým prvkům je zajištěn pouze¹⁸ pomocí SSH protokolu s autentizací/autorizací protokolem TACACS+ z předdefinovaných povolených bezpečných podsítí/IP adres. Management rozhraní L2 přepínačů je umístěno ve vyhrazené IP podsíti chráněné firewallem. Pro L3 přepínače/směrovače je konfigurována ochrana Control Plane Policing/CoPP, pokud tuto vlastnost podporují. AAA auditní informace o administrátorských přístupech ke konfigurovaným zařízením je k dispozici na TACACS+ serverech CIV ZČU.

¹⁷Vlastní otevřený systém založený na využití výsledků diplomových prací studentů FAV.

¹⁸S výjimkou menšího počtu zastaralých přepínačů, které SSH nepodporují a jsou postupně podle finančních možností nahrazovány.