**Załącznik nr 2 do SWZ**

**Opis techniczny oferowanego przedmiotu zamówienia oraz wykaz obsługiwanych funkcjonalności**

**1. Wykaz oferowanego sprzętu**

**Uwaga dot. tabeli:**

**Wykonawca wpisuje odpowiednio:**

1. **W tabeli zawarte są wybrane informacje istotne dla Zamawiającego (Wykonawca w swojej ofercie może uwzględnić inne, nie wymienione tutaj elementy, niezbędne do realizacji wymagań zamawiającego, które nie muszą być wykazane w tabeli).**
2. **W kolumnie „Producent/Model”, nazwę producenta oraz model oferowanego oprogramowania lub urządzenia pomiarowego.**
3. **W kolumnie „Wyposażenie / Licencje” o ile w tabeli nie wskazano inaczej, nazwę producenta, typ/model i liczbę interfejsów pomiarowych, oraz nazwę (lub typ) i liczbę zaoferowanych licencji;**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C** | **D** |
| **Lp.** | **Nazwa**  **pozycji ze specyfikacji technicznej** | **Producent/Model** | **Wyposażenie / Licencje** |
|  | Wirtualny System Pomiarowy L1-L3 (G1) | [Producent][Model] |  |
|  | Wirtualna aparatura pomiarowa do badania bezpieczeństwa sieci i aplikacji (G2) | [Producent][Model] |  |
|  | Aparatura pomiarowa do badania rdzenia sieci 4G/5G (G3-A) | [Producent][Model] |  |
|  | Wirtualna aparatura pomiarowa do badania rdzenia sieci 5G (G3-B) | [Producent][Model] |  |
|  | Stacje zarządzania (S1) | [Producent][Model] | 1. typ i model procesora:
2. ilość zainstalowanej pamięci RAM w GB:
3. wielkość dysku w TB:
4. potwierdzenie wymaganych cech dla danej pozycji w Części IV SWZ znajduje się w dokumencie ………………………..…………………………… załączonym do oferty
 |

**2. Wykaz obsługiwanych funkcjonalności**

**Uwaga dot. tabel:**

1. **Wykonawca wpisując odpowiednio w kolumnie C, Tak albo Nie, potwierdza spełnianie przez dane urządzenie wymagania z cz. IV SIWZ zawartego w punkcie cz. IV SIWZ wskazanym w kolumnach A i B**
2. **W kolumnie D wykonawca wskazuje miejsce w dokumentacji producenta, potwierdzającej spełnienie wymagania w danej pozycji. Wykonawca składa oficjalną dokumentację producenta, wymaganych przez Zamawiającego funkcjonalności (o ile jest to możliwe w przypadku danego wymagania), w formie wydruku lub umieszczoną w formacie pdf na załączonym do oferty nośniku danych.**

# Wirtualny System Pomiarowy L1-L3 (G1)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C** | **D** |
| **Lp.** | **Wymaganie** | **Spełnia wymaganie****[Tak/Nie]** | **Wskazanie miejsca (nazwa dokumentu, numer strony dokumentu, pkt etc.) w dokumentacji producenta, potwierdzającego spełniania wymagania dla danej pozycji** |
| 1.1 | **Interfejs użytkownika** | n/d | n/d |
| 1) | Definiowanie pomiarów oraz podgląd ich wyników za pomocą graficznego interfejsu użytkownika (ang. GUI) |  |  |
| 2) | Edytor ruchu typu iMIX |  |  |
| 3) | Rejestracja komend wykonywanych w czasie testu (ang. command sequencer / command recorder) w celu ich późniejszego automatycznego powtórzenia |  |  |
| 4) | Generowanie raportów:* Tworzenie zindywidualizowanych raportów dla przeprowadzonych pomiarów, zawierających konfigurację parametrów testu
* Umożliwiający wybór prezentowanych wyników
 |  |  |
| 1.2 | **Interfejs API** | n/d | n/d |
| 1) | Wymagane jest udostępnienie interfejsu API pozwalające na realizację wybranych funkcji dostępnych poprzez graficzny interfejs sterowania Wirtualnym systemem pomiarowym (GUI) w formacie REST, tcl and Python. |  |  |
| 1.3 | **Określenie wymagań dla środowiska wirtualizacji oraz wirtualnych typów interfejsów** | n/d | n/d |
| 1) | Dostarczony Wirtualny System Pomiarowy L1-L3(G1) musi być kompatybilny z platformą do wirtualizacji VMware ESXi 7.0 lub 8.0 oraz platformą otwarto źródłową KVM i/lub QEMU |  |  |
| 2) | Jednoczesna obsługa co najmniej 4 użytkowników wykonujących pomiary |  |  |
| 3) | Równoczesna możliwość korzystania z wirtualnych interfejsów pomiarowych

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Oznaczenie | Opis | Liczba |
| 1 | Typ A | Interfejs pomiarowy 1 Gbps | 4 |
| 2 | Typ B | Interfejs pomiarowy 25 Gbps | 4 |

Szczegółowe wymagania dla modułu zawierającego interfejsy - typu A (1GE):Wymagania dla interfejsu pomiarowego pracującego z prędkością 1Gb/s:1. Praca w każdym z trybów: 1GE, 100MB
2. Tryb generowania ramek
	1. Generowanie ramek/pakietów z prędkością ustaloną dla całego portu ( ang. port based)
	2. Generowanie ramek/pakietów z prędkością ustaloną indywidulanie dla pojedynczego strumienia danych ( ang. stream based)
	3. Generowanie ramek/pakietów w trybie burst (liczba pakietów generowanych z maksymalną prędkością przy zachowaniu średniej szybkości w okresie czasu)
	4. Generowanie ruchu przez określony czas
3. Możliwość zmiany szybkości generowania ramek bez konieczności zatrzymywania generatora i analizatora ruchu
4. Generowanie ramek o wielkości co najmniej w zakresie od minimum 60 do maksimum 8000 oktetów (nie wliczając pola CRC).

 **(Parametr dodatkowo punktowany)** 1. Pomiary w czasie rzeczywistym dla generowanego strumienia danych
	1. Liczba ramek nadanych i odebranych
	2. Liczba ramek zawierających błędy FCS
	3. Minimalne, Maksymalne i średnie opóźnienie dla ramek odbieranych
	4. Liczba ramek odrzuconych
2. Pomiary w czasie rzeczywistym dla portu pomiarowego
	1. Liczba błędów PRBS
	2. Liczba błędów FCS
	3. Liczba nadawanych i odbieranych ramek
3. Rozdzielczość znacznika czasu (ang. timestamp) dla ramek nadawanych – 1ms
4. Wielkość bufora dla przechwytywania danych – co najmniej 1MB z możliwością definiowania filtra na podstawie którego przechwytywane będą dane.
5. Pomiar opóźnienia w trybach LIFO, LILO, FIFO, FILO
6. Emulacja sieci z protokołem BGP
	1. Co najmniej 1 000 sesji IPv4
	2. Co najmniej 1 000 sesji IPv6
	3. Generowanie co najmniej 100 000 tras IPv4
	4. Generowanie co najmniej 100 000 tras IPv6
	5. Emulacja co najmniej 100 routerów PE dla sieci VPN
	6. Generowanie co najmniej 100 000 tras dla sieci VPN

Szczegółowe wymagania dla modułu zawierającego interfejsy - typu B (25GE)Wymagania dla interfejsu pomiarowego pracującego z prędkością 25Gb/s:1. Praca w każdym z trybów: 25GE, 10GE
2. Odbiór i prezentowanie podstawowych statystyk dla strumieni danych
3. Odbiór i prezentowanie podstawowych statystyk dla strumieni danych w zakresie opóźnień
4. Tryb generowania ramek
	1. Generowanie ramek/pakietów z prędkością ustaloną dla całego portu ( ang. port based)
	2. Generowanie ramek/pakietów z prędkością ustaloną indywidulanie dla pojedynczego strumienia danych ( ang. stream based)
	3. Generowanie ramek/pakietów w trybie burst (liczba pakietów generowanych z maksymalną prędkością przy zachowaniu średniej szybkości w okresie czasu)
	4. Generowanie ruchu przez określony czas
5. Możliwość zmiany szybkości generowania ramek bez konieczności zatrzymywania generatora i analizatora ruchu
6. Generowanie ramek o wielkości co najmniej w zakresie od minimum 60 do maksimum 8000 oktetów (nie wliczając pola CRC).

**(Parametr dodatkowo punktowany)**1. Pomiary w czasie rzeczywistym dla generowanego strumienia danych
	1. Liczba ramek nadanych i odebranych
	2. Liczba błędów typu “out of sequence”
	3. Liczba ramek zawierających błędy FCS
	4. Minimalne, Maksymalne I średnie opóźnienie dla ramek odbieranych
	5. Jitter
2. Pomiary w czasie rzeczywistym dla portu pomiarowego
	1. Liczba błędów PRBS
	2. Liczba błędów FCS
	3. Liczba nadawanych i odbieranych ramek
3. Rozdzielczość znacznika czasu (ang. timestamp) dla ramek nadawanych – 1ms
4. Wielkość bufora dla przechwytywania danych – co najmniej 1MB z możliwością definiowania filtra na podstawie którego przechwytywane będą dane.
5. Pomiar opóźnienia w trybach LIFO, LILO, FIFO, FILO
6. Emulacja sieci z protokołem BGP
	1. Co najmniej 1 000 sesji IPv4
	2. Co najmniej 1 000 sesji IPv6
	3. Generowanie co najmniej 100 000 tras IPv4
	4. Generowanie co najmniej 100 000 tras IPv6
	5. Emulacja co najmniej 100 routerów PE dla sieci VPN
	6. Generowanie co najmniej 100 000 tras dla sieci VPN
 |  |  |
| 1.4 | **Funkcjonalność** |  |  |
| 1) | Kreator testów konwergencji sieciKreator konfiguracji testu weryfikującego konwergencję sieci IPv4 oraz IPv6 dla następujących protokołów* BGP (Single / Multihop)
* OSPFv2
* OSPFv3
* RIP
* IS-IS
 |  |  |
| 2) | Sieci i przełączniki wykorzystujące protokoły spanning-tree * Emulacja sieci i przełączników wykorzystujących protokoły Spanning tree (STP) oraz Rapid Spanning Tree (RSTP)
 |  |  |
| 3) | Sieci i urządzenia wykorzystujące protokół IGMP/MLD * Emulacja hosta
	+ Obsługa protokołów IGMP v1, v2 i v3
	+ Obsługa protokołów MLD v1 i v2
* Emulacja routera (IGMP/MLD querier)
	+ Pełna implementacja protokołu umożliwiające wykonywanie testów IGMP/MLD snooping
	+ Obsługa protokołów IGMP v1, v2 i v3
	+ Obsługa protokołów MLD v1 i v2
* Prezentacja w czasie rzeczywistym liczników oraz wyników końcowych dla portu IGMP/MLD, np.
	+ TX/RX Frames
	+ TX/RX Reports (IGMP/MLD)
* Wykorzystywane i implementowane standardy
	+ RFC 1112 Host Extensions for IP Multicasting
	+ RFC 2236 Internet Group Management Protocol, Version 2
	+ RFC 3376 Internet Group Management Protocol, Version 3
	+ RFC 2710 Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6
	+ RFC 3810 Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6
 |  |  |
| 4) | Sieci i routery wykorzystujące protokół BGP * Obsługa protokołu BGPv4 oraz rozszerzeń (MPBGP)
* Obsługa sesji BGP (iBGP/eBGP) dla protokołów IPv4 i IPv6
* Rozgłaszanie prefiksów (IPv4 lub IPv6) na porcie (wraz z możliwością generowania ruchu w oparciu o te prefiksy)
* Obsługa sąsiadów VPN (routery PE)
* Prezentacja stanu, parametrów i liczników dla routera BGP:
	+ Stan (Idle, Connect, Active, OpenSent, OpenConfirm, Established)
	+ TX/RX Advertised Route Count
	+ TX/RX Withdrawn Route Count
	+ TX/RX Notification Count, TXRX
	+ Advertised Update Count
	+ TX/RX Withdrawn Update Count
	+ TX/RX Keepalive Count
	+ TX/RX Route Refresh Count
	+ TX/RX Open Count
	+ Last Received Update Route Count
	+ Outstanding Route Count,
	+ TX/RX Notify Code
	+ TX/RX Notify SubCode
	+ Liczba skonfigurowanych prefiksów IPv4 oraz IPv6
* Podsumowanie dla testu, portu, routera BGP
	+ Liczba portów z uruchomionym protokołem BGP ports dla testu,
	+ Liczba routerów BGP w teście
	+ Liczba aktywnych routerów BGP
	+ Liczba prefiksów IPv4/Ipv6 na porcie
* Wykorzystane i implementowane standardy
	+ RFC 1771 A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4)
	+ RFC 1997 BGP Communities Attribute
	+ RFC 2545 Use of BGP-4 Multiprotocol Extensions for IPv6 Inter-Domain Routing
	+ RFC 2796 BGP Route Reflection - An Alternative to Full Mesh IBGP
	+ RFC 2842 Capabilities Advertisement with BGP-4
	+ RFC 2918 Route Refresh Capability for BGP-4
	+ RFC 3065 Autonomous System Confederations for BGP
	+ RFC 4724 Graceful Restart Mechanism for BGP
	+ Draft-gill-btsh-02.txt BGP TTL Security Hack (BTSH)
	+ RFC 3682 The Generalized TTL Security Mechanism (GTSM)
	+ Draft-ietf-bfd-multihop-05.txt BFD operation for multihop protocols
 |  |  |
| 5) | Sieci i routery wykorzystujące protokół ISIS * Generowanie sieci emulowanych w topologii
	+ Drzewa
	+ Siatki
	+ Każdy-z-Każdym (full-mesh)
	+ Pierścieniowej
	+ Koncentratora (hub-and-spoke)
 |  |  |
| 6) | Sieci i routery z protokołem OSPF * Generowanie sieci emulowanych w topologii
	+ Drzewa
	+ Siatki
	+ Każdy-z-Każdym (full-mesh)
	+ Pierścieniowej
	+ Koncentratora (hub-and-spoke)
* Prezentacja stanu, parametrów i liczników dla routera OSPFv2
	+ Status routera (Not Started, Loopback, Waiting, PtP, DR/Other, Backup DR)
	+ Status sąsiada (Not Started, Down, Attempt, Init, 2-Way, Exstart, Exchange, Loading, Full)
	+ RX/TX Hello
	+ RX/TX DD
	+ RX/TX Router LSA
	+ RX/TX Network LSA
	+ RX/TX Summary LSA
	+ RX/TX ASBR Summary LSA
	+ RX/TX AS External LSA
	+ RX/TX NSSA LSA
	+ RX/TX TE LSA
	+ RX/TX Request
	+ RX/TX Ack
* Prezentacja stanu, parametrów i liczników dla routera OSPFv3
	+ Status routera (Not Started, Loopback, Waiting, PtP, DR/Other, Backup DR)
	+ Status sąsiada (Not Started, Down, Attempt, Init, 2-Way, Exstart, Exchange, Loading, Full)
	+ RX/TX Hello
	+ RX/TX DD
	+ RX/TX Router LSA
	+ RX/TX Network LSA
	+ RX/TX Intra-Area Prefix LSA
	+ RX/TX Inter-Area Prefix LSA
	+ RX/TX Inter-Area Router LSA
	+ RX/TX AS External Summary LSA
	+ RX/TX Link LSA
	+ RX/TX NSSA LSA
	+ RX/TX Ack
	+ RX/TX Request
	+ RX/TX Update
 |  |  |
| 7) | Sieci i routery wykorzystujące protokół RIP * Kreator emulacji sieci zbudowanych w oparciu o protokół RIP
* Obsługa co najmniej 20 emulowanych routerów na porcie
* Tworzenie tablic routingu zawierających metryki i prefiksy o długości określonej przez użytkownika
* Elementy konfiguracji routera
	+ Wersja protokołu RIP
	+ Typ aktualizacji (update type)
		- Multicast
		- Broadcast
		- Unicast update type
	+ Obsługa BFD
	+ Autentykacja prosta lub z wykorzystaniem kluczy MD-5
	+ Maksymalna liczba tras w akutalizacji (update)
* Interaktywne i sekwencyjne generowanie zdarzeń
	+ Start/stop RIP,
	+ Establish RIP, Advertise RIP
	+ Pause Updates, Resume Updates, Readvertise Routes, Withdraw Routes
* Prezentacja stanu i liczników routera RIP
	+ Stan routera(Not Started, Open, Closed)
	+ TX Advertised Update Count
	+ TX Withdrawn Update Count
	+ RX Withdrawn Update Count
	+ RX Advertised Update Count
	+ RX Withdrawn Update Count
 |  |  |
| 8) | Sieci wykorzystujące protokół MPLS* Emulacja topologii sieci z protokołem MPLS
* Tworzenie połączeń wirtualnych (ang. pseudowire PWE) – pojedynczych oraz wielosegmentowych (ang. multisegment PWE) z FEC128/129, obsługa sygnalizacji statusu (ang. PW status signaling), pola sterującego (ang. control word) oraz mechanizmów redundancyjnych (ang. pseudo-wire redundancy)
* Testowanie sieci wirtualnych (ang. VPN) z transmisją grupową (ang. multicast) obsługujących protokół PIM
* LDP
	+ Tworzenie sieci emulowanych za pomocą kreatora wraz z ścieżkami LSP oraz ruchem generowanym w sieci emulowanej
	+ Tworzenie za pomocą kreatora sieci VPLS wraz z urządzeniami końcowymi oraz ruchem który będzie między nimi przesyłany
	+ Obsługa dla każdego routera LDP następujących liczników:
		- TX/RX Direct Hellos
		- TX/RX Target Hellos
		- LSPs Up, LSPs Down
		- TX/RX Keepalives
		- RX Label Requests
		- TX/RX Label Mapping
		- TX/RX Label Abort
		- TX/RX Label Withdraw
		- TX/RX Label Release
		- TX/RX Notification
		- TX/RX Notify Code
		- Liczba prefiksów, hostów i VC
	+ Obsługa następujących liczników i informacji dla ścieżek LSP
		- Nazwa routera
		- Etykieta
		- Stan (up/down)
		- Typ (Ingress/Egress)
		- Tryb (downstream unsolicited/downstream on demand)
		- Informacja o FEC (adres IPv4 lub VC ID)
* RSVP-TE
	+ Obsługa ścieżek LSP typu punkt-wielopunkt zawierających sub-LSP na interfejsie testowym
	+ Obsługa ścieżek LSP w trybie FRR i MBB (make before brake) na interfejsie testowym
	+ Współpraca z OSPF-TE oraz ISIS-TE
	+ Wsparcie sygnalizacji tuneli dla OSPF-TE oraz ISIS-TE
	+ Tworzenie za pomocą kreatora sieci emulowanych, ścieżek LSP oraz generowanego dla nich ruchu
	+ Obsługa międzyoperatorskich sieci VPN (ang. Inter AS VPN) w opcjach A, B i C (zgodnie z IETF RFC) wraz z ruchem generowanym dla tych sieci
	+ Prezentacja dla routera RSVP-TE liczniki komunikatów i stanu:
		- Stan routera (Not Started, Up, Down)
		- LSP Up, Down, Connecting
		- Egress LSP Up
		- TX/RX Hello
		- TX/RX PATH
		- TX/RX RESV
		- TX/RX PATH Error
		- TX/RX RESV Error
		- TX/RX RESV Confirm
		- TX/RX PATH Tear
		- TX/RX RESV Tear
		- Minimalny/Maksymalny/Średni czas zestawiania LSP
		- Last TX/RX RESV Error Code
		- Last TX/RX PATH Error Code
		- TX/RX PATH Recovery
	+ Prezentacja parametrów i liczniki dla ścieżek LSP:
		- Tunnel Head-end (PATH)
		- Tunnel Tail-end (RESV)
		- Stan tunelu (Not Started, Up, Down, Connecting)
		- Kierunek (Ingress/Egress)
		- Źródłowy adres IP
		- Docelowy adres IP
		- Tunnel ID
		- LSP ID
		- Extended Tunnel ID
		- Etykieta
		- TX/RX PATH Message
		- TX/RX RESV Message
* Zastosowane i zaimplementowane standardy
	+ Draft-lasserre-vkompella-ppvpn-vpls-00—Virtual Private LAN Services over MPLS
	+ Draft-martini-atm-encap-mpls-01—Encapsulation Methods for Transport of ATM Cells/Frame Over IP and MPLS Networks
	+ Draft-ietf-idr-bgp-identifier-08.txt—Describes BGP 4-byte AS
	+ Draft-ietf-l2vpn-bgp-00 and 02—Virtual Private LAN Service
	+ Draft-martini-ethernet-encap-mpls-01—Encapsulation Methods for Transport of Ethernet Frames Over IP and MPLS Networks
	+ Draft-martini-frame-encap-mpls-01—Frame Relay Encapsulation over Pseudo-Wires
	+ Draft-martini-l2circuit-trans-mpls—Transport of Layer 2 Frames Over MPLS
	+ Draft-martini-ppp-hdlc-encap-mpls-00—Encapsulation Methods for Transport of PPP/HDLC Frames Over IP and MPLS Networks
	+ Draft-ietf-ppvpn-vpls-ldp-01 draft-ietf-ppvpn-vpls-ldp-00.txt—Virtual Private LAN Services over MPLS
	+ Draft-rosen-vpn-mcast-06, 07, and 08.txt—Multicast in MPLS/BGP IP VPNs
	+ RFC 2205—Resource ReSerVation Protocol (RSVP)
	+ RFC 2547bis—MPLS BGP VPNs
	+ RFC 3031—MPLS Architecture
	+ RFC 3032—MPLS Label Stack Encoding
	+ RFC 3036—LDP Specification
	+ RFC 3037—LDP Applicability
	+ RFC 3107—Carrying Label Information in BGP4
	+ RFC 3209—RSVP-TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels
	+ RFC 3215—LDP State Machine
	+ RFC 3478—Graceful Restart Mechanism for Label Distribution Protocol
	+ RFC 4090—Fast Reroute Extensions to RSVP-TE for LSP Tunnels
	+ RFC 4360—Describes BGP extended communities
	+ RFC 4364—Describes MPLS IP VPNs with InterAS VPN options A-C
	+ RFC 4420—Encoding of Attributes for MPLS LSP Establishment using RSVP-TE
	+ RFC 4461—Signaling Requirements for P2MP-TE LSPs
	+ RFC 4659—BGP MPLS IP VPN Extension for IPv6 VPN (6VPE)
	+ RFC 4798—IPv6 MPLS BGP VPNs (6PE)
	+ RFC 4875—Extensions to RSVP-TE for P2MP LSPs
	+ RFC 5073—IGP Routing Protocol Extensions for Discovery of Traffic Engineering Node Capabilities
	+ RFC 4447—Pseudowire Setup and Maintenance using LDP
	+ RFC 4762—VPLS using LDP signaling
	+ RFC 4385—PWE3 Control Word for use over an MPLS PSN
	+ RFC 5254—Requirements for Multi-Segment PW Emulation
	+ Draft-ietf-pwe3-fat-pw-05: Flow Aware Transport of Pseudowires over an MPLS PSN
	+ Draft-ietf-pwe3-redundancy-02: Pseudowire Redundancy
 |  |  |
| 9) | NG MVPNEmulacja sieci NG MVPN:* Obsługa emulacji NG MVPN z RSVP P2MP
* Obsługa emulacji NG MVPN z MLDP
* Obsługa emulacji technologii ingress replication dla NG MVPN
 |  |  |
| 10) | BIEREmulacja technologii BIER:* Obsługa emulacji BIER dla OSPFv2
* Obsługa emulacji BIER FOR IS-ISV4
* Obsługa emulacji BIER FOR BGP
 |  |  |
| 11) | SEGMENT ROUTING dla OSPFv2, ISIS i BGPWymagane funkcjonalności dla emulacji sieci z Segment Routing:* Obsługa SR dla protokołu BGP
* Obsługa SR dla protokołu OSPFv2
* Obsługa SR dla protokołu ISIS
* Obsługa SR v6 dla IS-IS v6
* Obsługa SR v6 dla OSPF v3
 |  |  |
| 12) | VXLAN oraz EVPN z technologiami OverlayEVPNWymagane funkcjonalności dla emulacji sieci z technologią EVPN (RFC 7432):* Obsługa EVPN capability negotiation
* Obsługa NLRI Type-1: Ethernet Auto Discovery (AD) route with per ESI route and per EVI route
* Obsługa NLRI Type-2: MAC /IP Advertisement route
* Obsługa NLRI Type-3: Inclusive Multicast Ethernet Tag route
* Obsługa NLRI Type-4: Ethernet Segment route
* Obsługa NLRI Type-5: IP Prefix route
* Obsługa NLRI Type-6: Selective Multicast Ethernet Tag route
* Obsługa NLRI Type-7: Multicast Join Synch route
* Obsługa NLRI Type-8: Multicast Leave Synch route
* Obsługa powiązania generowanego ruchu do etykiet MPLS MAC, enkapsulacji VXLAN i MAC-in-MAC
* Obsługa MAC VRF
* Obsługa Multi-homing z Aliasing Label
* Obsługa Designated Forwarder Election
* Obsługa trybów All Active / Single Active Aliasing oraz Load Sharing
* Obsługa Fast Convergence – wraz z Ethernet segment withdraw/re-advertise
* Obsługa Flood Label – Multicast flooding dla ruchu typu BUM (Broadcast, Unknown Unicast, Multicast)
* Obsługa Default Gateway Extended Community
* Obsługa Router Mac Extended Community
* Obsługa MAC mobility (Sticky MAC) wraz z MAC Extended Community
* Obsługa Encapsulation extended community dla VXLAN Overlay
* Obsługa EVPN VPWS Service: E-Line oraz Flexible Cross Connect
* Obsługa Provider Backbone Bridging (PBB) EVPN
* Dostępność kreatorów konfiguracji
* Implementacja na podstawie standardów
	+ EVPN – RFC 7432
	+ Network Virtualization Overlay using EVPN for VXLAN – IETF Draft Bess-evpn-overlay-01
	+ IP Prefix Advertisement in EVPN – IETF Draft Bess-evpn-prefix-advertisement-01
	+ Router Mac Extended Community & IP VRF (L3 VNI) in Label 2 – IETF Draft Bess-evpn-inter-subnetforwarding-00
	+ PBB EVPN – IETF Draft L2VPN-PBB-EVPN-10

VXLANWymagane funkcjonalności dla emulacji sieci z technologią VXLAN:* Obsługa IGMP over VXLAN
* Obsługa MLD over VXLAN
* Obsługa emulacji maszyn wirtualnych VM
* Emulacja VTEP
* Obsługa enkapsulacji Layer2 I Layer3
* Obsługa Unicast /multicast learning modes na VTEP
* Obsługa IGMP and PIM dla Multicast Learning
* Obsługa VXLAN-EVPN Overlay (RFC 8365)
* Obsługa VXLAN IPv6
* Obsługa Inter-subnet forwarding capability wraz z EVPN Integrated Routing and Bridging (Symmetric and Asymmetric) oraz IP Prefix (Type 5) route
* Obsługa PIM-ASM dla ruchu typu BUM
* Emulacja VXLAN-EVPN Border Gateway (BGW) w topologi typu Multisite
* Obsługa VXLAN-EVPN Tenant Routed Multicast
* Pomiary konwergencji dla przenoszenia maszyn VM między VTEP
* Obsługa funkcji Auto Select dla źródłowego portu UDP (Source Port for Hashing)
* Obsługa modyfikacji portu docelwego (4789)
* Dynamiczny start/zatrzymanie VTEP
 |  |  |
| 13) | Wykaz protokołów stosowanych dla synchronizacji czasu IEEE 1588v2 Wymagane funkcje:* Obsługa Precision Timing Protocol (PTP)
* Wewnętrzny zegar z rozdzielczością 2,5ns
* Obsługa zewnetrznych źródeł zegara
	+ BITS
	+ GPS
* Parametry konfiguracyjne zegara
	+ Clock Identity
	+ Port Number
	+ Priority 1/Priority 2 values
	+ Domain Number
	+ Clock Class
	+ Slave only specification
	+ Time Source
	+ Encapsulation
	+ Announce Receipt Timeout
	+ Tx Delay Response Frame Dropped Percentage
	+ Tx Follow Up Frame Dropped Percentage
	+ Tx Frame CRC Error Percentage
	+ Tx Frame Time Stamp Error Percentage
	+ Log Announce Interval
	+ Log Sync Interval
	+ Log Minimum Delay Request Interval
	+ Sync Correction Field
	+ Follow Up Correction Field
	+ Delay Request Correction Field
	+ Delay Response Correction Field
* Wyniki i status dla zegara
	+ Clock State
	+ Tx/Rx Announce Count
	+ Tx/Rx Sync Count
	+ Tx/Rx Follow Up Count
	+ Tx/Rx Delay Request Count
	+ Tx/Rx Delay Response Count
	+ Current Offset
	+ Negative Offset Peak
	+ Positive Offset Peak
	+ Offset Deviation
	+ Offset Standard Deviation
	+ Current Mean Path Delay
	+ Minimum Mean Path Delay
	+ Maximum Mean Path Delay
	+ Average Mean Path Delay
	+ Average Offset Plus Deviation
	+ Average Offset Minus Deviation
	+ Log Minimum Delay Request Deviation
 |  |  |
| 14) | Wykaz protokołów stosowanych w sieciach wielousługowych (Multiplay) PPPoEWymagania funkcjonalne:* testowanie zestawiania sesji PPPoX (w szczególności PPPoE)
* emulacja użytkowników i serwerów
* co najmniej 10 000 użytkowników na port
* przygotowane na podstawie dokumentów
	+ RFC 1332
	+ RFC 1334
	+ RFC 1570
	+ RFC 1661
	+ RFC 1662
	+ RFC 1994
	+ RFC 2472
	+ RFC 2516
	+ RFC 2364
	+ IEEE 802.1p
	+ IEEE 802.1q
	+ DSL Forum TR-101
 |  |  |
| 15) | DHCPEmulacja DHCP:* tworzenie wzorców ruchu w celu testowania Triple Play
* ustawianie QoS i VLANów dla użytkowników
* symulacja co najmniej 20 000 użytkowników na port
* symulacja co najmniej 500 serwerów
* szczegółowa analiza danych wysyłanych, pobieranych i wysyłanych między użytkownikami przypadających na port lub użytkownika
* na podstawie dokumentów
	+ RFC 2131
	+ RFC 2132
	+ IEEE 802.1p
* IEEE 802.1q
 |  |  |
| 16) | Protokół IEEE 802.1x Wymagane funkcje:* Obsługa EAP
* Prezentacja wyników
	+ Wyniki dla portu testowego
		- Authentication Counters
			* Aborted Authentications
			* Attemped Re-authentications
			* Attempted Authentications
			* Average Authentication Success Duration (in msec)
			* Failed Authentications
			* Failed Logoff Attempts
			* Failed Re-authentications
		- EAPOL Packet Counters
			* Average EAPOL-Key Latency (in msec)
			* Average EAPOL-Logoff Latency (in msec)
			* Average EAPOL-Start Latency (in msec)
			* Average EAP Packet Latency (in msec)
			* Max EAPOL-Logoff Latency (in msec)
			* Max EAPOL-Start Latency (in msec)
			* Max EAP Packet Latency (in msec)
			* Rx Invalid EAPOL Packets
		- EAP Packet Counters
			* Rx EAP-Failure Packets
			* Rx EAP-Request Packets
			* Rx EAP Packets With Length Error
			* Rx EAP-Success Packets
		- EAP Method Packet Counters
			* Rx EAP-Request Identity Packets
			* Rx EAP-Request Notification Packets
			* Tx EAP-Response Expanded NAK Packets
			* Tx EAP-Response Expanded Types Packets
	+ Wyniki dla urządzenia
		- Authentication Counters
		- EAPOL Packet Counters
		- EAP Packet Counters
		- EAP Method Packet Counters
		- EAP Authentication Packet Counters
 |  |  |
| 17) | Podstawowe funkcje generowania i analizowania ruchu Wymagane funkcje:* Pomiar jitter
	+ Zgodnie z MEF10 i RFC3393
	+ Analiza na wszystkich odbieranych strumieniach przez cały czas trwania testu
	+ Dla ruchu
		- składającego się z pakietów/ramek różnej długości
		- ciągłego i zawierającego zgęstki (burst)
	+ Dla ruchu video
		- Zmiana opóźnienia typu Packet-to-packet (RFC 3550)
* Konfiguracja charakterystyki zgęstek (burst) dla każdego strumienia
	+ Wielkość (burst size)
	+ IFG, IBG
	+ Wielkości ramek/pakietów
* Tworzenie strumieni ruchu na podstawie emulowanej topologii
 |  |  |
| 18) | RFC 2544 Generowanie i analiza ruchu oraz procedury automatyzacji umożliwiającego wykonanie testów na podstawie RFC 2544.Wykonanie kluczowych testów:* Przepustowość (Throughput)
* Opóźnienie (Latency)
	+ LIFO, FIFO,LILO
	+ Dla urządzeń store and-forward oraz cutthrough
* Pomiar strat ramek (Frame loss)
* Back-to-back

Określanie parametrów generowanego ruchu* Wykorzystanie zdefiniowanych adresów MAC, IP
* Obsługa ramek Ethernet II
* TTL (time to live)
 |  |  |
| 19) | RFC 2889 Generowanie i analiza ruchu oraz procedury automatyzacji umożliwiającego wykonanie testów na podstawie RFC 2889.Kluczowe testy:* Wydajność przełączania
	+ Throughput / forwarding rate
	+ Rozdzielczość co najmniej 10ns
* Kontrola przeciążenia (Congestion control)
* Przechowywanie adresów (Address caching)
* Uczenie się adresów (Address learning)
* Filtrowanie błędów (Error filtering)
* Przełączanie ruchu rozgłoszeniowego (Broadcast forwarding)
* Opóźnienie przełączania ruchu rozgłoszeniowego (Broadcast latency)
* Maksymalna wydajność przełączania (Maximum forwarding rate)

Określanie parametrów generowanego ruchu* Wykorzystanie zdefiniowanych adresów MAC, IP
* Obsługa ramek Ethernet II
* TTL (time to live)
 |  |  |
| 20) | RFC 3918Generowanie i analiza ruchu oraz procedury automatyzacji umożliwiającego wykonanie testów na podstawie RFC 3918.Wymagane funkcje:* Obsługa protokołów
	+ IGMP v1-v3
	+ MLD v1-v2
* Pomiar opóźnienia i jitter w jednym teście
* Wykorzystanie różnych rozkładów wielkości ramek (iMIX)
* Kluczowe testy
	+ Mixed Class Throughput
	+ Scaled Group Forwarding Matrix
	+ Aggregated Multicast Throughput
	+ Multicast Forwarding Latency
	+ Multicast Join/Leave Latency
	+ Multicast Group Capacity
* Kontrola parametrów ruchu
* Proporcje ruchu Multicast / Unicast
* Rozmiar ramek ruchu multicast I unicast
	+ Fixed, Random, Step, Custo, iMIX
* Generowanie pakietów IP, UDP, TCP
* Ustawienia DiffServ Code Point (DSCP)
* Czas trwania testu określony
	+ W sekundach
	+ Ilością ramek (frame burst)
 |  |  |
| 21) | Emulacja protokołów i sieci 5GNGFIEmulacja Next Generation Fronthaul Interfaces (NGFI):* Emulacja urządzeń NGFI / RoE (Radio over Ethernet)
* Konfiguracja SubType, OpCode, oraz Payload dla komunikatów RoE
* Wysyłanie i analiza komunikatów RoE

ECPRIEmulacja eCPRI (Enhanced Common Public Radio Interface) w zakresie:* eCPRI eREC (Radio Equipment Control)
* eCPRI eRE (Radio Equipment)
* Symulacja usług eCPRI:
	+ Remote Memory Access message (Type-4)
	+ Delay measurement message (Type-5)
	+ Remote Reset message (Type-6)
* Generowanie pakietów eCPRI:
	+ eCPRI message types [Type 0 – Type 7]
	+ eCPRI over Ethernet, Ethernet – VLAN, IPV4- UDP, i IPV6-UDP
	+ eCPRI message concatenation
* Obsługa komunikatów sterujących/sygnalizacyjnych: Read request, Write request, Write response, Write no response.
* Pomiar opóźnień jednokierunkowych (minimalne, maksymalne i średnie)

O-RANEmulacja Open Radio Access Network (O-RAN):* O-DU oraz O-RU z komunikatami warstwy sterującej
* Konfiguracja subcarrier spacing w zakresie 15, 30,60,120kHz
* Konfiguracja pasma w zakresie 20, 25, 40, 50, 60, 80, 100, 200, 400MHz
* Konfiguracja PRBS w komunikatach uplink i downlink
* Współpraca z mechanizmami synchronizacji czasu (PTP)
* Sprawdzanie poprawności odbioru komunikatów uplink i downlink
* Generowanie komunikatów O-RAN przez eCPRI
* Obsługa następujących metod transportowych
	+ eCPRI over Ethernet
	+ eCPRI over VLAN
	+ eCPRI over IPv4/UDP
	+ eCPRI over IPv6/UDP
 |  |  |

# Wirtualna aparatura pomiarowa do badania bezpieczeństwa sieci i aplikacji (G2)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C** | **D** |
| **Lp.** | **Wymaganie** | **Spełnia wymaganie****[Tak/Nie]** | **Wskazanie miejsca (nazwa dokumentu, numer strony dokumentu, pkt etc.) w dokumentacji producenta, potwierdzającego spełniania wymagania dla danej pozycji** |
| 2.1 | **Wymagania ogólne** | n/d | n/d |
| 1) | Wirtualna aparatura pomiarowa do realizacji zadań musi być dostarczona w postaci dedykowanego obrazu lub obrazów maszyn wirtualnych zgodnych z wirtualizatorem VMware ESXi 6.5, 7.0 oraz zgodnych z platformą otwarto źródłową KVM i/lub QEMU wraz z towarzyszącym oprogramowaniem (jeżeli jest wymagane) |  |  |
| 2.2 | **Wymagania szczegółowe** | n/d | n/d |
| 1) | Wirtualna aparatura pomiarowa musi umożliwiać jednocześnie korzystanie z wirtualnych interfejsów pomiarowych.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Oznaczenie | Opis | Liczba |
| 1 | Typ A | Interfejs pomiarowy 1 Gbps | 8 |
| 2 | Typ B | Interfejs pomiarowy 10 Gbps | 8 |

Interfejsy powinny umożliwiać jednoczesne korzystanie przez 8 użytkowników z 2 portów każdy. |  |  |
| 2) | Wymagania dla Wirtualna aparatury pomiarowej w zakresie generowania i analizowania ruchuWirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać testowanie parametrów wydajnościowych badanych urządzeń DUT (ang. Device Under Test) z przepustowością generowanego ruchu na poziomie:* co najmniej 9 Gbps dla ruchu nieszyfrowanego HTTP (min. na wirtualizatorze ESXi)
* co najmniej 8 Gbps dla ruchu szyfrowanego HTTPS z TLS (min. na wirtualizatorze ESXi)
* podane przepustowości mogą być realizowane za pomocą 2 interfejsów 10Gb

Wirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać generowanie dla protokołu HTTP:* co najmniej 650.000 jednoczesnych połączeń (zestawionych i utrzymywanych przez okres co najmniej 60 sekund),
* co najmniej 200.000. żądań typu GET na sekundę,
* podane przepustowości mogą być realizowane za pomocą 2 interfejsów 10Gb na wirtualizatorze ESXi

Wirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać dla protokołu HTTPS (z szyfrowaniem TLS) wygenerowanie:* co najmniej 15.000 jednoczesnych połączeń (zestawionych i utrzymywanych przez okres co najmniej 60 sekund),
* co najmniej 20.000 żądań typu GET na sekundę,
* podane przepustowości mogą być realizowane za pomocą 2 interfejsów 10Gb na wirtualizatorze ESXi

Wirtualna aparatura pomiarowa musi zapewniać wsparcie dla TLS co najmniej dla wersji TLS v1.2 oraz TLS v.1.3 z możliwością wyboru przez użytkownika z pośród dostępnych certyfikatów i zestawów szyfrów.Wirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać protokoły IPv4 i IPv6. |  |  |
| 2.3 | **Wymagania dla interfejsu użytkownika** | n/d | n/d |
| 1) | Definiowanie pomiarów oraz podgląd ich wyników za pomocą GUI |  |  |
| 2) | Wirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać wykonywanie jednoczesnych pomiarów przez co najmniej dwóch użytkowników jednocześnie wykorzystując dostępne (nie zajęte przez innego użytkownika) interfejsy pomiarowe |  |  |
| 2.4 | **Interfejs API** | n/d | n/d |
| 1) | Wymagane jest udostępnienie interfejsu API, pozwalających na realizację funkcji dostępnych poprzez graficzny interfejs sterowania Wirtualną aparaturą pomiarową (GUI) w formacie JSON |  |  |
| 2.5 | **Funkcjonalność** |  |  |
| 1) | Testy wydajnościowe (ang. performance) badanych urządzeń DUTWirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać testowanie i analizę badanych urządzeń DUT w celu zbadania przepustowości łącza przy obciążeniu o określonej przepustowości w postaci generowanego przez nią w określonym przedziale czasu ruchu dla protokołu HTTP.Parametry emulacji:* wersje protokołu HTTP: HTTP 1.0, HTTP 1.1, HTTP/2, HTTP/3 oraz QUIC
* obsługa metod HTTP co najmniej typu GET i POST

HTTPS z wykorzystaniem TLS v1.2 i TLS v.1.3 |  |  |
| 2) | Testy bezpieczeństwa (podatności), wydajności aplikacji oraz atakówWymagana jest obsługa przez Wirtualną aparaturę pomiarową następujących funkcjonalności w zakresie generowania i analizy ruchu związanego z generowaniem ataków sieciowych oraz badaniem wydajności i bezpieczeństwa aplikacji:Wolumetryczne ataki typu DDoS (ang. Distributed Denial of Service) z możliwością zdefiniowania w scenariuszu testowym wielkości ruchu transmitowanego (ang. bandwidth) w określonym przedziale czasu:* atak pakietami ICMP (ang. ICMP packet floods)
* atak pakietami UDP (ang. UDP packet floods)
* atak zniekształconymi pakietami ICMP, UDP, IP, TCP (ang. malformed packet floods)

Ataki typu DDoS na protokoły z możliwością zdefiniowania w scenariuszu testowym ilości ruchu transmitowanego w określonym przedziale czasu: * SYN / ACK / RST floods,
* wyczerpania tablicy stanu połączeń TCP (ang. TCP state-exhaustion) poprzez przepływ pakietów ze wszystkimi typami flag (ang. XMAS Tree flood).

Scenariusze działania ataków i złośliwego oprogramowania:* wirusów, koni trojańskich (ang. trojan), złośliwego oprogramowanie (malware, spyware)
* ataków typu SQL injection, XSS,
* narzędzi typu Root Kit, File Infector
* wykrywania luk w bezpieczeństwie (Backdoors)
* niechcianego oprogramowania (Adware)
* narzędzi naśladujących zachowania (Bots)
* narzędzi rejestrujących aktywność użytkownika (Key Loggers)

Emulacja hosta zainfekowanego złośliwym oprogramowaniem.Testy bezpieczeństwa oparte na przesyłaniu plików binarnych złośliwego oprogramowania przez np. HTTP, e-mail. Scenariusze działania aplikacji sieciowych umożliwiające odtworzenie rzeczywistych zachowań użytkowników i generowanego przez nich ruchu przy korzystaniu z aplikacji sieciowych takich jak np. BitTorrent, Facebook, Twitter, WhatsApp, Office 365, Skype.Scenariusze testowe dla urządzeń bezpieczeństwa sieciowego w oparciu o standardy grupy NetSecOPEN.Scenariusze testowe uruchamiane w celu weryfikacji podatności w oparciu o MITRE ATT&CK framework oraz NetSecOpen Standard.Aktualna baza danych zawierająca definicje (sygnatury) powszechnie znanych podatności i zagrożeń CVE (ang. Common Vulnerabilities and Exposures) dla protokołów i mechanizmów związanych za badaniem bezpieczeństwa aplikacji.  |  |  |
| 3) | Testy z wykorzystaniem mieszanych profili ruchu aplikacyjnegoWirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać wykonywanie zaawansowanych testów z wykorzystaniem mieszanych profili ruchu aplikacyjnego. Jako ruch aplikacyjny Zamawiający przyjmuje ruch generowany w warstwach od 4 do 7 modelu OSI. Wirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać wykonywanie testów wydajnościowych z wykorzystaniem ruchu aplikacyjnego odpowiadającego różnym usługom (protokołom) sieciowym o obciążeniu generowanym w postaci:* zadanej przepustowości
* zadanej liczby połączeń na sekundę
* zadanej liczby transakcji na sekundę
 |  |  |
| 4) | Protokół IPSecWymagane funkcjonalności w zakresie generowania i analizy ruchu z wykorzystaniem protokołu IPSec:* Pomiary szybkości zestawiania i usuwania tuneli
* Weryfikowanie maksymalnej przepustowości tunelu
* Testowanie tuneli Site to Site oraz Remote Access
* Obsługa protokołu ESP (ang. Encapsulating Security Payload) w trybie tunelu (ang. Tunnel Mode)
* Obsługa następujących parametrów IPSec:
	+ Negocjacja w trybach: Main Mode oraz Aggressive Mode
	+ Uwierzytelnienie: Pre-Shared Keys, X.509 Certificates, RSA Digital Signatures/Certificates
	+ Uwierzytelnianie rozszerzone (XAuth)
	+ IKE Phase 2
 |  |  |
| 5) | Badanie przekazu ruchu wideo* Możliwość emulowania klienta i serwera strumieniowania wideo VoD, RTP/UDP, UDP
* Możliwość emulowania klienta i serwera transferu wideo z wykorzystaniem protokołów HTTP/ HTTPS
* Możliwość przekazu wideo kodowanego zgodnie ze standardami MPEG-2, MPEG-4, H.264
* Możliwość pomiaru charakterystyk dotyczących:
	+ Liczby żądań/transakcji: wygenerowanych żądań, transakcji zakończonych sukcesem/ niepowodzeniem, przerwanych połączeń.
	+ Czasu realizacji transakcji
	+ Szybkości bitowej przekazudanych na poziomie aplikacji wideo
	+ Liczby odtworzonych/zgubionych ramek audio/wideo
 |  |  |
| 6) | Badanie i emulacja Telefonii Internetowej (VoIP) oraz protokołu SIPWymagane funkcje w zakresie emulacji klientów i serwerów SIP oraz protokołu SIP:* Możliwość emulacji klientów SIP
* Możliwość emulacji serwerów SIP
* Wsparcie dla IPv4 oraz IPv6
* Obsługa kodeków:
	+ G.711
	+ G.729
	+ G.726
	+ G.723.1
* Ocena jakości transferu głosu VoIP
	+ próbkowanie wraz ze statystykami na żywo np. ocena MOS
 |  |  |
| 7) | Generowanie i analiza ruchu odtwarzanego na poziomie aplikacji * Możliwość testowania/generowanie ruchu na poziomie aplikacji działającego w oparciu o protokoły transportowe TCP/UDP i adresowane IPv4 lub IPv6.
* Możliwość importowania plików PCAP i na tej podstawie odtworzenia ruchu realizowanego na poziomie aplikacji
* Możliwość pomiaru charakterystyk dotyczących:
	+ Liczby żądań/transakcji: wygenerowanych żądań, transakcji zakończonych sukcesem/ niepowodzeniem, przerwanych połączeń.
	+ Czasu realizacji transakcji
	+ Szybkości bitowej przekazu danych na poziomie aplikacji
 |  |  |

# Aparatura pomiarowa do badania rdzenia sieci 4G/5G (G3-A)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C** | **D** |
| **Lp.** | **Wymaganie** | **Spełnia wymaganie****[Tak/Nie]** | **Wskazanie miejsca (nazwa dokumentu, numer strony dokumentu, pkt etc.) w dokumentacji producenta, potwierdzającego spełniania wymagania dla danej pozycji** |
| 3.1 | **Interfejs użytkownika** | n/d | n/d |
| 1) | Aparatura pomiarowa musi umożliwiać wykonywanie jednoczesnych pomiarów przez co najmniej dwóch użytkowników jednocześnie wykorzystując dostępne (nie zajęte przez innego użytkownika) interfejsy pomiarowe |  |  |
| 2) | Podstawowe funkcje interfejsu użytkownika Aparatury pomiarowej* Definiowanie pomiarów oraz podgląd ich wyników za pomocą graficznego interfejsu użytkownika (ang. GUI)
* Kreatory umożliwiające szybkie przygotowanie konfiguracji wybranych testów
* Edytor ruchu typu iMIX
 |  |  |
| 3) | Predefiniowanie konfiguracji testu weryfikującego konwergencję modułów rdzenia sieci 5G dla następujących elementów* SMF (Session Management Function)
* PCF (Policy Control Function)
* UDM (Unified Data Management)
* AUSF (Authentication Server Function)
* NSSF (Network Slice Selection Function)
* NEF (Network Exposure Function)
* NRF (Network Repository Function)
* UDR (Unified Data Repository)
* SMSF (Short Message Service Function)
* CHF (Charging Function)
* NWDAF (Network Data Analytics Function)
* 5G-EIR (5G- Equipment Identity Register)
* N3IWF (5G Non-3GPP Access Networking Function)
 |  |  |
| 4) | Generowanie raportów - wymagania dla raportów:* Tworzenie zindywidualizowanych raportów dla przeprowadzonych pomiarów, zawierających konfigurację parametrów testu
* Umożliwiający prezentację wybranych wyników
* Wykorzystanie zdefiniowanego przez użytkownika wzorca dokumentu (ang. template)
* Tworzenie raportów na podstawie zapisanych wyników pomiarów
* Tworzenie raportu w formie plików Excel, csv i HTML
 |  |  |
| 3.2 | **Interfejs API** | n/d | n/d |
| 1) | Wymagane jest udostępnienie interfejsu API pozwalające na realizację wybranych funkcji dostępnych poprzez interfejs programistyczny RESTfull API. |  |  |
| 3.3 | **Wymagania szczegółowe** | n/d | n/d |
| 1) | Określenie wymagań dla urządzenia oraz typów interfejsówAparatura pomiarowa musi mieć architekturę modularną. Jeżeli interfejsy pomiarowe umieszczane będą w różnych (niezależnych) obudowach muszą pozwalać na realizację wspólnego scenariusza pomiarowego realizowanego na podstawie tej samej konfiguracji i prezentującego zebrane dla całego testu wyniki. Aparatura pomiarowa może składać się z maksymalnie dwóch obudów, w których znajdują się interfejsy pomiarowe.Co najmniej jedna obudowa musi pozwalać na wymianę modułów (kart) zawierających interfejsy pomiarowe. Cechy Aparatury pomiarowej:* Aparatura musi wspierać emulację co najmniej 150 000 sesji urządzeń końcowych (UEs)

 **(Parametr dodatkowo punktowany)*** Jednoczesna obsługa co najmniej 30 użytkowników wykonujących pomiary
* Synchronizacja czasu (poprzez zewnętrzny odbiornik):
	+ PTP (IEEE 1588v2 Precision Timing Protocol)
	+ NTP (Network Timing Protocol)
* Przystosowane do zainstalowania w szafie teleinformatycznej (EIA 19”)

Aparatura pomiarowa musi być wyposażony w następujące interfejsy pomiarowe

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Lp. | Oznaczenie | Opis | Liczba |
| 1 | Typ A | Interfejs pomiarowy 10 Gbps | 4 |
| 2 | Typ B | Interfejs pomiarowy 100 Gbps | 2 |

 |  |  |
| 2) | Moduły optyczne i okablowanieWraz z Aparaturą pomiarową (jako integralną jej częścią) muszą być dostarczone moduły wskazane w tabeli

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Lp. | Typ | Liczba |
| 1 | Moduł 10GBASE-LR SFP+ 1310nm DOM Duplex LC | 4 |
| 2 | Moduł 100GBASE-LR4 QSFP28 1310nm DOM Duplex LC | 2 |
| 3 | Kabel pasywny DAC QSFP28 100GBASE | 2 |

 |  |  |
| 3) | Testowanie i emulacja modułów rdzenia sieci 5G , protokołów oraz generowanie i analiza ruchu podlegającego analiziePodane moduły rdzenia sieci 5G, ich interfejsy komunikacyjne oraz formaty komunikatów SBI muszą być kompatybilne ze specyfikacją „5G 3GPP” w wersjach:* TS 23.501 v15.3.0
* TS 23.502 v15.3.0
* TS 23.503 v15.3.0
* TS 24.501 v16.5.0
* TS 24.502 v15.2.0
* TS 29.244 v16.5.0
* TS 29.502 v15.2.1
* TS 29.503 v15.4.0
* TS 29.507 v15.4.0
* TS 29.508 v15.4.0
* TS 29.509 v15.4.0
* TS 29.510 v15.4.0
* TS 29.512 v15.4.0
* TS 29.518 v15.2.0
* TS 29.531 v15.4.0
* TS 29.572 v15.4.0
* TS 32.291 v15.4.0
* TS 33.501 v15.5.0
* TS 37.340 v15.2.0
* TS 38.412 v15.2.0
* TS 38.413 v16.2.0
 |  |  |
| 4) | Testowanie modułów rdzenia sieci 5GSMF (Session Management Function)* Testowanie interfejsu N11, N3, N4, N8 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

PCF (Policy Control Function)* Testowanie interfejsu N7, walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

UDM (Unified Data Management)* Testowanie interfejsu N13, N10, N8 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

AUSF (Authentication Server Function)* Testowanie interfejsu N13, N12 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

NSSF (Network Slice Selection Function)* Testowanie interfejsu N22, N34 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

NEF (Network Exposure Function)* Testowanie interfejsu N29, N51 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

NRF (Network Repository Function)* Testowanie funkcji udostępniania informacji o dostępnych instancjach NF (Network Functions)
* Testowanie funkcji wykrywania instancji NF (Network Functions)
* Testowanie monitorowania stanu instancji NF (Network Functions)
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

UDR (Unified Data Repository)* Testowanie interfejsu N35, N36, N37walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

SMSF (Short Message Service Function)* Testowanie interfejsu N20, walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

CHF (Charging Function)* Testowanie interfejsu N40, N28 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

NWDAF (Network Data Analytics Function)* Testowanie komunikacji z modułami AMF oraz SMF, walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych.
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

5G-EIR (5G- Equipment Identity Register)* Testowanie interfejsu N17, walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G

N3IWF (5G Non-3GPP Access Networking Function)* Testowanie interfejsu N3 oraz komunikacji poprzez interfejsy Y1 oraz Y2, walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
* Możliwość edycji komunikatów SBI wymienianych pomiędzy modułami rdzenia 5G
 |  |  |
| 5) | Emulacja modułów sieci 5GAMF (Access and Mobility Management Function)* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ N2
	+ N11

UPF (User Plane Function)* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ N3
	+ N4

SMF (Session Management Function)* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ N11
	+ N3
	+ N4
	+ N8
 |  |  |
| 6) | Emulacja modułów sieci 4GMME (Mobility Management Entit)* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ S1-MME
	+ S11
* Emulacja całości LTE ePC, podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ S1-MME
	+ S1-U
	+ SGi

SGW Node* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ S11
	+ S5/S8

PDW Node* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ S11
	+ S5/S8
	+ SGi
 |  |  |
| 7) | Emulacja połączeń głosowych oraz generowanie ruchu podlegającego analizieIMS Node* Emulacja VoNR oparty na GSMA IR.92/.94 oraz komunikacja z AMF Nodal, SMF Nodal
* Emulacja VoLTE
* Emulacja klienta SIP oraz połączenia typu:
	+ UE-to-network
	+ UE-to-UE
* Określanie ilości abonentów
* Określenie ilości aktywacji w czasie
* Określenie ilości deaktywacji w czasie
* Emulacja całości IMS CN oraz interfejsów Gm oraz Rx
 |  |  |

# Wirtualna aparatura pomiarowa do badania rdzenia sieci 5G (G3-B)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **A** | **B** | **C** | **D** |
| **Lp.** | **Wymaganie** | **Spełnia wymaganie****[Tak/Nie]** | **Wskazanie miejsca (nazwa dokumentu, numer strony dokumentu, pkt etc.) w dokumentacji producenta, potwierdzającego spełniania wymagania dla danej pozycji** |
| 4.1 | **Wymagania ogólne** | n/d | n/d |
| 1) | Pomiary wykonywane będą w laboratorium w oparciu o zasoby sprzętowe Zamawiającego (platforma do witualizacji VMware ESXi) w wersji 7.0 lub 8.0 oraz platformę otwarto źródłową KVM i/lub QEMU. Oprogramowanie Wirtualnej aparatury pomiarowej dostępne w formie obrazów maszyn wirtualnych. |  |  |
| 4.2 | **Interfejs użytkownika** |  |  |
| 1) | Wirtualna aparatura pomiarowa musi umożliwiać wykonywanie jednoczesnych pomiarów przez co najmniej dwóch użytkowników jednocześnie wykorzystując dostępne (nie zajęte przez innego użytkownika) interfejsy pomiarowe. |  |  |
| 2) | Podstawowe funkcje interfejsu użytkownika Wirtualnej aparatury pomiarowej* Definiowanie pomiarów oraz podgląd ich wyników za pomocą graficznego interfejsu użytkownika (ang. GUI)
* Kreatory umożliwiające szybkie przygotowanie konfiguracji wybranych testów
* Edytor ruchu typu iMIX
 |  |  |
| 3) | Kreator konfiguracji testu weryfikującego konwergencję modułów rdzenia sieci 5G dla następujących elementów* AMF
* UPF
* SMF
 |  |  |
| 4) | Generowanie raportówWymagania dla raportów:* Tworzenie zindywidualizowanych raportów dla przeprowadzonych pomiarów, zawierających konfigurację parametrów testu
* Umożliwiający wybór prezentowanych wyników
* Wykorzystanie zdefiniowanego przez użytkownika wzorca dokumentu (ang. template)
* Tworzenie raportów na podstawie zapisanych wyników pomiarów
* Tworzenie raportu w formie plików Excel, csv i HTML
 |  |  |
| 4.2 | **Interfejs API** | n/d | n/d |
| 1) | Wymagane jest udostępnienie interfejsu API pozwalające na realizację wybranych funkcji dostępnych poprzez interfejs programistyczny RESTfull API. |  |  |
| 4.3 | **Wymagania szczegółowe** | n/d | n/d |
| 1) | Wirtualna aparatura pomiarowa musi obsługiwać interfejsy serwera wirtualizacji 100GigabitEthernet (o szybkości min. 10Gb/s), posiadać niezbędne elementy oprogramowania wraz z wymaganymi licencjami. Wymagane jest, aby możliwe było przeprowadzenie spójnego scenariusza pomiarowego wykorzystującego moduły do realizacji pomiarów kontrolowanego z poziomu jednego (centralnego) systemu sterującego. System sterujący z wymaganym do jego używania oprogramowaniem musi być dostarczony przez Wykonawcę i wliczony w cenę oferty. Cechy Wirtualnej aparatury pomiarowej:* Jednoczesna obsługa co najmniej 2 użytkowników wykonujących pomiary
* Synchronizacja czasu:
	+ NTP (Network Timing Protocol)
* Zgodność z platformą wirtualizacją VMware ESXi 7.0 lub 8.0
* Zgodność z platformą wirtualizacją otwarto źródłową KVM i/lub QEMU
* Wirtualna aparatura pomiarowa musi wspierać emulację co najmniej 800 urządzeń końcowych (UEs)

**(Parametr dodatkowo punktowany)** |  |  |
| 2) | Testowanie i emulacja modułów rdzenia sieci 5G , protokołów oraz generowanie i analiza ruchu podlegającego analiziePodane moduły rdzenia sieci 5G, ich interfejsy komunikacyjne oraz formaty komunikatów SBI muszą być kompatybilne ze specyfikacją „5G 3GPP” w wersjach:* TS 23.501 v15.3.0
* TS 23.502 v15.3.0
* TS 23.503 v15.3.0
* TS 24.501 v16.5.0
* TS 24.502 v15.2.0
* TS 29.244 v16.5.0
* TS 29.502 v15.2.1
* TS 29.503 v15.4.0
* TS 29.507 v15.4.0
* TS 29.508 v15.4.0
* TS 29.509 v15.4.0
* TS 29.510 v15.4.0
* TS 29.512 v15.4.0
* TS 29.518 v15.2.0
* TS 29.531 v15.4.0
* TS 29.572 v15.4.0
* TS 32.291 v15.4.0
* TS 33.501 v15.5.0
* TS 37.340 v15.2.0
* TS 38.412 v15.2.0
* TS 38.413 v16.2.0
 |  |  |
| 3) | Testowanie modułów rdzenia sieci 5GAMF (Session Management Function)* Testowanie interfejsu N1, N2, N3, N11 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych

UPF (Session Management Function)* Testowanie interfejsu N3, N4 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych

SMF (Session Management Function)* Testowanie interfejsu N11, N3, N4, N8 walidacja poprawności działania jego funkcjonalności oraz formatu danych wymienianych z innymi modułami rdzenia 5G modułami wraz z możliwością określenia parametrów początkowych
 |  |  |
| 4) | Emulacja modułów sieci 5GAMF (Access and Mobility Management Function)* Emulacja podanych interfejsów wraz z możliwością określenia parametrów początkowych:
	+ N2
	+ N11
 |  |  |