



Załącznik nr 4 do SWZ

Opis przedmiotu zamówienia

Zakup urządzeń transmisji danych 5G/LTE z osprzętem dla projektu PL-5G

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 1, licencja USB

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1 komórki systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 20 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-20 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 40
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 500 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,
 - elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołowej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CIoT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- funkcji PDCCH Order PRACH.
- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 2 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k0, k1, k2,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przenoszenie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji ClIoT 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępowe pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 10 x 25 x 30 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 3 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 1 dedykowaną kartę typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiającą przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 20 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,
- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu elementu sprzętowego podłączanego do portu USB.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej 5-letnim wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 15.

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 1, z serwerem licencji

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1 komórki systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 20 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-20 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 40
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 500 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,
 - wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołarnej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CloT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 2 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k_0 , k_1 , k_2 ,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,
 - obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).

- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przejrzyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przejrzyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przeniesienie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji Clot 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.
 - Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępowe pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 10 x 25 x 30 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 3 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 1 dedykowaną kartę typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiającą przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 20 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,
 - gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,

- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu komunikacji IP z serwerem licencjonowania (dostarczonym przez producenta w postaci programowej i możliwym do uruchomienia w środowisku zamawiającego z wykorzystaniem systemu operacyjnego Linux).

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej 5-letnim wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 15.

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 1A, licencja USB

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1 komórki systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 20 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-20 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 40
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 500 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,
 - wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołarnej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CloT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 2 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k_0 , k_1 , k_2 ,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,
 - obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przejrzyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przeniesienie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji Clot 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.
 - Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępowe pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 10 x 25 x 30 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 3 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 1 dedykowaną kartę typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiającą przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 20 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,
 - gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu elementu sprzętowego podłączanego do portu USB.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 15.

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 1A, z serwerem licencji

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1 komórki systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 20 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-20 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 40
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 500 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,
 - wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokolarnej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CloT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 2 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k0, k1, k2,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,
 - obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).

- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przejrzyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przejrzyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przeniesienie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji Clot 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.
 - Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępowe pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 10 x 25 x 30 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 3 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 1 dedykowaną kartę typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiającą przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 20 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,
 - gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu komunikacji IP z serwerem licencjonowania (dostarczonym przez producenta w postaci programowej i możliwym do uruchomienia w środowisku zamawiającego z wykorzystaniem systemu operacyjnego Linux).

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 15.

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 2

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 3 niezależnych komórek, z których każda może być komórką systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 50 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-50 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 120.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1000 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,
 - elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołowej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CloT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- funkcji PDCCH Order PRACH.
- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA i NSA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 4 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k0, k1, k2,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Carrier Aggregation w trybach SA i NSA (do co najmniej 4 DL carriers),
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmu AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmu XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przenoszenie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji ClIoT 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępne pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 35 x 30 x 40 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 12 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 3 dedykowane karty typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiające przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 50 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,
- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej 5-letnim wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 30.

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 2, z serwerem licencji

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 3 niezależnych komórek, z których każda może być komórką systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 50 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-50 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 120.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1000 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,
 - elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołowej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CloT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- funkcji PDCCH Order PRACH.
- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA i NSA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 4 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k0, k1, k2,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Carrier Aggregation w trybach SA i NSA (do co najmniej 4 DL carriers),
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przenoszenie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji ClIoT 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępne pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 35 x 30 x 40 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 12 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 3 dedykowane karty typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiające przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 50 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,
- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu komunikacji IP z serwerem licencjonowania (dostarczonym przez producenta w postaci programowej i możliwym do uruchomienia w środowisku zamawiającego z wykorzystaniem systemu operacyjnego Linux).

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej 5-letnim wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 30.



Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 2A, z serwerem licencji

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 3 niezależnych komórek, z których każda może być komórką systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 50 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-50 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 120.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1000 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,
 - elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołowej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CIoT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- funkcji PDCCH Order PRACH.
- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA i NSA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 4 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k0, k1, k2,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Carrier Aggregation w trybach SA i NSA (do co najmniej 4 DL carriers),
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przenoszenie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji ClIoT 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępowe pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 35 x 30 x 40 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 12 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 3 dedykowane karty typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiające przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 50 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,
- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 56 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 61 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 2 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 2.5 dBm dla $f=500$ MHz i -6.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 1x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 6W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu komunikacji IP z serwerem licencjonowania (dostarczonym przez producenta w postaci programowej i możliwym do uruchomienia w środowisku zamawiającego z wykorzystaniem systemu operacyjnego Linux).

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 30.

Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE, wariant 3, z serwerem licencji

Opis i specyfikacja

Urządzenie transmisji danych realizujące funkcje:

- **stacji bazowej** LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB),
- **rdzenia sieci** 5G oraz rdzenia EPC,

oraz oferujące zestaw **usług wysokiego poziomu** dla użytkowników końcowych.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **stacji bazowej** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Realizacja funkcji stacji bazowej LTE (eNodeB i ng-eNodeB) i 5G New Radio (gNodeB) zgodnie ze specyfikacją 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, stacją bazową i rdzeniem sieci.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 8 niezależnych komórek, z których każda może być komórką systemu 5G.
- Maksymalna szerokość kanału częstotliwościowego komórki nie może być mniejsza niż 100 MHz, lecz musi istnieć możliwość pracy z kanałami o mniejszej szerokości, w tym kanałami 1.4, 3, 5, 10, 15 i 20 MHz dla LTE, 200 kHz dla NB-IoT oraz 5-100 MHz dla 5G NR.
- Suma wartości iloczynów szerokości możliwych do obsłużenia kanałów częstotliwościowych (w MHz) i liczby warstw MIMO nie może być mniejsza niż 1600.
- Możliwość jednoczesnej obsługi co najmniej 1000 aktywnych urządzeń klienckich UE.
- Obsługa przełączania użytkownika (handover) – co najmniej w zakresie następujących scenariuszy: intra eNodeB, S1, X1, intra ng-eNodeB, intra gNodeB, NG, Xn, EPS to 5GS, 5GS to EPS.
- Obsługa interfejsów:
 - eNodeB: S1AP i GTP-U do EPC, X2AP pomiędzy eNodeB,
 - ng-eNodeB/gNodeB: NGAP i GTP-U do 5GC, XnAP pomiędzy ng-eNodeB/gNodeB,
 - M1 i M2 do eMBMS,
 - wiele sieci PLMN i interfejsów S1/NG może być używanych jednocześnie.
- Obsługa protokołu IPv6.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy fizycznej LTE:
 - transmisji TDD i FDD,
 - trybów transmisji LTE 1-10,
 - wielu komórek w konfiguracjach inter-band i intra-band,
 - protokołu HARQ,
 - raportowania CQI/PMI (szerokopasmowego),
 - kontroli mocy nadawania klienta (UE) w trybie closed-loop,
 - wydajnej implementacji mechanizmów turbo kodera,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals),
 - pomiarów czasu z użyciem elementów PRACH,
 - equalizer MMSE (bazujący na częstotliwości),
 - obsługa mechanizmów CSI-RS,
 - mechanizmów Carrier Aggregation, w tym:
 - cross-carrier scheduling (co najmniej 8 kanałów DL),
 - łączenie kanałów FDD - TDD,
 - mechanizmów redukcji PAPR (Peak to Average Power Ratio),
 - różnych głowic radiowych z użyciem zewnętrznych bibliotek,
 - mechanizmów przydziału zasobów LTE PUSCH (Physical Uplink Shared Channel) w trybie wieloklastrowym,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- wyboru kanałów PUCCH 3 i PUCCH,
 - elementów CoMP, co najmniej: DMRS scrambling identity i QCL parameters selection,
 - modulacji 1024QAM przy transmisji DL dla PDSCH,
 - modulacji 256QAM przy transmisji DL dla PDSCH i MBMS oraz przy transmisji UL dla PUSCH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji warstwy protokołowej LTE:
 - warstw MAC, RLC, PDCP i RRC,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi pracujących w trybie full i half duplex,
 - schedulera typu proportionally-fair z obsługą QoS,
 - trybu semi-persistent scheduling (SPS),
 - braku ograniczenia liczby obsługiwanych urządzeń klienckich wynikającego z przyczyn innych niż ograniczenia dostępnych zasobów obliczeniowych/transmisyjnych,
 - w pełni konfigurowalnych System Information Blocks,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - ochrony poufności i integralności ruchu,
 - algorytmów kryptograficznych AES, Snow3G i ZUC,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - QoS z możliwą do wybrania przez użytkownika konfiguracją DRB dla każdego QCI,
 - mechanizmów ROHC, co najmniej w zakresie: RTP, UDP and IP v1 profiles w trybie unidirectional mode (dopuszczalny brak obsługi RTP CSRC, IP extensions i outer/inner IP),
 - usługi Multimedia Broadcast Multicast Services (MBMS),
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii 0,
 - trybu EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC),
 - procedury RRC release z przekierowaniem do komórki NR SA,
 - mechanizmu TTI bundling,
 - funkcji PDCCH Order PRACH.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji LTE-M:
 - transmisji FDD, HD-FDD i TDD,
 - trybów TM6 i TM9,
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi kategorii M1,
 - trybu DRX (Discontinuous Reception) i eDRX (Extended Discontinuous Reception),
 - trybu Coverage Enhancement Mode A,
 - mechanizmów Message Repetition dla kanałów MPDCCH, PDSCH, PUCCH, PUSCH i PRACH,
 - transmisji MPDCCH w trybach localized i distributed.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji NB-IoT:
 - możliwość współpracy z urządzeniami klienckimi NB1 i NB2 z użyciem komunikacji single i multitone,
 - odstępów pomiędzy podnośnymi: 3.75 i 15 kHz,
 - trybów działania: in-band, guard band i standalone,
 - wszystkich przewidzianych standardem 3GPP rel. 16 konfiguracji NPDCCH, NPDSCH, NPUSCH i NPRACH (w tym Format 2),
 - trybu DRX i eDRX,
 - optymalizacji CIoT płaszczyzny sterowania,
 - trybu multi-DRB,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- funkcji PDCCH Order PRACH.
- Możliwość jednoczesnej obsługi wielu komórek NB-IoT i LTE w tej samej stacji eNodeB.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów i funkcji 5G New Radio:
 - trybu SA i NSA,
 - komunikacji FDD i TDD w paśmie FR1,
 - zbioru możliwych wartości odstępu pomiędzy podnośnymi:
 - transmisji danych - obejmującego wartości: 15, 30, 60, 120 kHz,
 - SSB - obejmującego wartości: 15, 30, 120 i 240 kHz,
 - przetwarzania nie mniej niż 4 warstw MIMO dla transmisji downlink i uplink (niezależnie od ewentualnych ograniczeń platformy sprzętowej w odbiorze/transmisji powyższych strumieni),
 - modulacji 256QAM w transmisji downlink i uplink,
 - wszystkich określonych standardem 3GPP rel. 16 formatów dla kanałów PUCCH i PRACH,
 - dwustopniowej procedury RACH,
 - konfigurowalnych przez użytkownika wzorców TDD UL/DL z automatycznym lub ręcznym doбором wartości k0, k1, k2,
 - kanału PDCCH z obsługą co najmniej następujących formatów DCI: 0_0, 0_1, 1_0 i 1_1,
 - trybu testowego warstwy PHY w postaci ciągłej transmisji w kanałach PDSCH i PUSCH,
 - trybów EUTRAN-NR Dual Connectivity (EN-DC) i NR-NR Dual Connectivity (NR-DC) z możliwością automatycznej aktywacji i dezaktywacji,
 - dynamicznej konfiguracji DRB dla LTE/NR,
 - modyfikowalnej przez użytkownika konfiguracji DRB dla każdego QCI/5QI,
 - trybu DRX,
 - monitorowania RRC z obsługą measurement gap,
 - możliwości zmiany komórki PScell,
 - systemów ostrzegawczych ETWS i CMAS,
 - mechanizmów:
 - Carrier Aggregation w trybach SA i NSA (do co najmniej 8 DL carriers),
 - Multi-BWP z obsługą zmiany BWP na podstawie RCC i DCI,
 - SUL (Supplementary Uplink),
 - RRC Inactive mode,
 - EPS fallback,
 - Network slicing,
 - RRC release with redirection to EUTRA cell,
 - PDCCH Order,
 - CSI-RS i TRS,
 - Scheduling Request,
 - Dynamic Spectrum Sharing,
 - sygnałów PRS (Positioning Reference Signals).
- Realizacja funkcji emulatora kanału komunikacyjnego downlink, modyfikującego środowisko pracy uruchomionej z użyciem specyfikowanego urządzenia stacji bazowej, o funkcjonalności obejmującej co najmniej:
 - praca w czasie rzeczywistym na sygnałach generowanych przez stację bazową,
 - generator białego szumu,
 - obsługa modeli kanału radiowego: AWGN, EPA, EVA, ETU, TDLA30, TDLB100, TDLC300 i MBSFN 3GPP,
 - obsługa komunikacji MIMO z uwzględnieniem macierzy korelacji 3GPP,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- obsługa modelowania zaników zgodnych z rozkładem Rayleigha z dedykowanymi macierzami korelacji MIMO.
- Obsługa co najmniej następujących mechanizmów lokalizacyjnych:
 - Location Positioning Protocol (LPP) z metodami E-CID i OTDOA,
 - New Radio Positioning Protocol (NRPP) z metodami E-CID i OTDOA.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej) co najmniej dla warstw PHY, RLC, PDCP, NAS, MAC, RRC oraz interfejsów S1AP, NGAP, X2AP, XnAP.
- Możliwość przechwytywania i analizy ruchu sieciowego zgodnie z formatem pcap dla komunikacji realizowanej na interfejsach: S1, NG, M2, X2, Xn.
- Możliwość generowania wykresów konstelacji QAM i odpowiedzi kanału.
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego monitorowania i zarządzania urządzeniem.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Możliwość wydania komend testowych skutkujących:
 - zainicjowaniem procedury przełączenia (handover'u),
 - dynamiczną (bez przerywania działania) zmianą poziomu mocy dla każdej z obsługiwanych komórek.
- Możliwość współpracy stacji bazowej zarówno z siecią rdzeniową 5G/EPC tego samego, jak i innych producentów.
- Możliwość współpracy stacji bazowej z:
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC tego samego producenta uruchomionymi na tej samej platformie sprzętowej (w ramach pojedynczego urządzenia) jak i poza nią (na innych urządzeniach), dostępnymi przez sieć IP.
 - elementami sieci rdzeniowej 5G oraz EPC innych producentów, uruchomionymi poza platformą sprzętową na której działa stacja bazowa (poza specyfikowanym urządzeniem), dostępnymi przez sieć działającą w oparciu o protokół IP.
- Obsługa generowania/odbioru sygnałów radiowych z użyciem:
 - dedykowanych kart SDR, opracowanych przez producenta powyższego rozwiązania sprzętowego i stanowiących część dostarczonej platformy sprzętowej,
 - zewnętrznych urządzeń SDR firm trzecich (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej), możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem interfejsów USB lub Ethernet,
 - zewnętrznych urządzeń radiowej transmisji danych (nie stanowiących części dostarczonej platformy sprzętowej) możliwych do podłączenia do dostarczonej platformy sprzętowej z użyciem kart CPRI (split 8) instalowanych w miejscu dostarczonych, dedykowanych kart SDR – w szczególności urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia EPC** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową eNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.
- Implementacja funkcjonalności co najmniej następujących elementów rdzenia EPC: MME, SGW, PGW, ePDG, PCRF, HSS i EIR.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi eNodeB za pośrednictwem interfejsu S1 (w szczególności protokołów S1AP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: attach, authentication, security configuration, detach, tracking area update, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa konfiguracji Multi-PDN i dynamicznej konfiguracji sesji E-UTRAN Radio Access Bearers (E-RAB) dla usług VoLTE/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów SGW/PGW.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz parametry QoS dla sesji E-RAB.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Obsługa protokołu IP w wersji 6.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (WebSocket) do zdalnego zarządzania EPC.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów oszczędzania energii: PSM i eDRX,
 - protokołu Location Services Application Protocol (LCS-AP),
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji CIoT EPS płaszczyzny sterowania wraz z funkcjami:
 - przekazywania danych Non-IP,
 - Attach without PDN Connectivity.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku S6a i zewnętrznego elementu HSS,
 - styku S13 i zewnętrznego elementu EIR,
 - styku SGsAP i zewnętrznych elementów VLR/MSC,
 - styku SBcAP i zewnętrznych elementów CBC.
- Obsługa i przekazywanie ruchu typu broadcast i multicast pomiędzy systemem EPS i siecią PDN.
- Obsługa urządzeń klienckich UE pracujących w trybie Dual Connectivity with New Radio.

Oferowana przez urządzenie funkcjonalność **rdzenia 5G** musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Zgodność ze specyfikacją standardu 3GPP release 16, w szczególności pod względem kompatybilności styków pomiędzy terminalem klienckim, siecią dostępową i rdzeniem sieci.
- Współpraca z wyspecyfikowaną powyżej stacją bazową ng-eNodeB/gNodeB stanowiącą część funkcjonalności urządzenia.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Implementacja co najmniej następujących elementów rdzenia 5GC: AMF, SMF, AUSF, UPF, UDM i 5G-EIR.
- Możliwość jednoczesnej współpracy z wieloma stacjami bazowymi ng-eNodeB/gNodeB oraz elementami N3IWF za pośrednictwem interfejsu NG (w szczególności protokołów NGAP i GTP-U).
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji NAS z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Obsługa uwierzytelniania z użyciem kart USIM i algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK 5G-AKA.
- Implementacja co najmniej następujących procedur związanych z obsługą UE: registration, authentication, security configuration, deregistration, service access, radio bearer establishment, paging.
- Obsługa sesji typu Multi-PDU z dynamicznym tworzeniem przepływów QoS dla usług VoNR/IMS.
- Przezroczyste przekazywanie ruchu IP do zewnętrznej sieci IP, bez konieczności wykorzystania zewnętrznych elementów UPF.
- Konfigurowalne nazwy APN, przedziały adresów IP, DNS oraz przepływy QoS.
- Przenoszenie ruchu IPv4, IPv4v6, IPv6 oraz ruchu typu unstructured-PDU.
- Konfigurowalny system logowania wydarzeń i wiadomości (z wbudowanymi mechanizmami dekodowania wiadomości do postaci tekstowej).
- Interfejs API (Websocket) do zdalnego zarządzania 5G core.
- Narzędzia monitorowania pracy urządzenia z linii poleceń.
- Obsługa:
 - trybów efektywnych energetycznie, co najmniej: MICO i eDRX,
 - wielu serwerów IMS wykorzystujących interfejs Rx,
 - mechanizmów optymalizacji ClIoT 5GS płaszczyzny sterowania wraz z funkcją przekazywania danych Non-IP,
 - mechanizmu Network Slicing,
 - interfejsu NL1.
- Obsługa systemów dostępowych NB-IoT, LTE i non-3GPP RAT.
- Możliwość wykorzystania wewnętrznej bazy danych użytkowników i pracy bez konieczności wykorzystania zewnętrznego elementu HSS.
- Możliwość obsługi i przekazywania ruchu typu broadcast i multicast w tworzonych sesjach PDU.
- Możliwość wysyłania wiadomości ETWS/CMAS.
- Dostępność następujących styków i możliwość wykorzystania obsługujących je elementów zewnętrznych, podłączonych do urządzenia przy wykorzystaniu komunikacji IP:
 - styku N12 i zewnętrznego elementu AUSF,
 - styku N8 i zewnętrznego elementu UDM,
 - styku N17 i zewnętrznego elementu 5G-EIR,
 - styku N50 i zewnętrznego elementu CBC.

Oferowane urządzenie musi ponadto oferować funkcjonalność związaną z realizacją **usług wysokiego poziomu** dla użytkownika końcowego:

- Implementacja następujących elementów systemu IMS w formie zintegrowanego systemu dostarczania usług: Proxy-CSCF (P-CSCF), Interrogating-CSCF (I-CSCF), Serving-CSCF (S-CSCF) i Home Subscriber Server (HSS).
 - Realizowane usługi – co najmniej: Voice call, Video call, Voice echo test, Call hold, SMS over SIP i SMS over SG.

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem

Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Uwierzytelnianie użytkowników z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej co najmniej algorytmy XOR, Milenage i TUAK.
- Obsługa co najmniej mechanizmów bezpieczeństwa MD5, AKAv1 i AKAv2 przy wykorzystaniu mechanizmów IPSec dla ochrony ruchu sieciowego wykorzystywanego przez usługi.
- Wykorzystanie interfejsu Rx i dedykowanych połączeń typu bearer do przenoszenia ruchu generowanego przez usługi.
- Możliwość użycia interfejsu Cx i zewnętrznych rozwiązań uwierzytelniania użytkowników.
- Możliwość wykorzystania protokołu IP w wersji 4 i 6.
- Implementacja usługi eMBMS:
 - Implementacja co najmniej następujących elementów usługi eMBMS: LTE eMBMS Gateway (eMBMS-GW) i Multi-cell Coordination Entity (MCU).
 - Obsługa interfejsów M1 i M2AP.

Elementy urządzenia realizujące funkcje stacji bazowej muszą dodatkowo zostać dołączone do urządzenia w wersji pozwalającej na ich instalację i uruchomienie w środowisku nowo zainstalowanego systemu operacyjnego Linux lub systemu równoważnego. Przez system operacyjny równoważny zamawiający rozumie system wykorzystujący to samo jądro systemowe.

Do urządzenia muszą być dołączone dane dostępowe pozwalające na dostęp do systemu operacyjnego z prawami administratora.

Platforma sprzętowa specyfikowanego urządzenia musi spełniać następujące wymagania:

- Obudowa typu Tower o wymiarach nieprzekraczających 50 x 25 x 60 cm przeznaczona do wykorzystania w pomieszczeniach.
- Waga urządzenia nieprzekraczająca 15 kg.
- Zasilanie z sieci 230 V AC.
- Zasoby obliczeniowe, pamięciowe i pamięci masowej pozwalające na działanie urządzenia z pełną funkcjonalnością wg powyższej specyfikacji.
- W portach PCIe zainstalowane co najmniej 4 dedykowane karty typu Software Defined Radio (SDR), umożliwiające przetwarzanie i generowanie sygnałów radiowych koniecznych do funkcjonowania stacji bazowej. Każda z kart musi spełniać następujące wymagania:
 - możliwość obsługi kanałów LTE/5G o szerokości co najmniej 100 MHz z obsługą co najmniej 4x4 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 300 MHz-6 GHz,
 - zintegrowany przełącznik TX/RX pozwalający na obsługę trybu TDD,
 - 8 złączy antenowych SMA-żeńskich do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS,

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- gniazdo wejściowe i wyjściowe Clock/PPS,
- możliwość przetwarzania sygnałów o maksymalnej szerokości pasma nie mniejszej niż 100 MHz,
- częstotliwość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 120 MS/s,
- rozdzielczość przetwarzania ADC/DAC co najmniej 12 bitów,
- dokładność kontroli częstotliwości nie mniejsza niż 1 ppm,
- maksymalna moc nadajnika nie mniejsza niż 11 dBm dla $f=500$ MHz i 2.5 dBm dla $f=3500$ MHz,
- możliwość podłączenia przez złącze PCIe 8x,
- zasilanie 12 V ze złącza PCIe, pobór energii nie większy niż 35 W.
- Możliwość wymiany powyższych kart SDR na karty CPRI w celu podłączenia zewnętrznych głowic radiowych obsługujących powyższy standard.
- Co najmniej 2 gniazda RJ45 typu GigabitEthernet.
- Zainstalowany system operacyjny Linux z dostępem administracyjnym (typu root) oraz wszystkie elementy niezbędne do funkcjonowania urządzenia.

Urządzenie musi mieć możliwość uruchomienia przy wykorzystaniu alternatywnej platformy sprzętowej w postaci serwera obliczeniowego wykorzystującego procesor ogólnego przeznaczenia (np. x86), bez konieczności instalacji dedykowanych elementów sprzętowych za wyjątkiem elementów odpowiedzialnych za nadawanie i odbiór sygnałów radiowych.

Zmiana wykorzystywanej platformy sprzętowej musi być możliwa do realizacji przez użytkownika bez konieczności kontaktu z innymi instytucjami (np. producentem czy sprzedawcą urządzenia). Aktywacja funkcjonalności urządzenia po zmianie platformy sprzętowej musi odbywać się przy wykorzystaniu komunikacji IP z serwerem licencjonowania (dostarczonym przez producenta w postaci programowej i możliwym do uruchomienia w środowisku zamawiającego z wykorzystaniem systemu operacyjnego Linux).

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej 6-letnim wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Z urządzeniem muszą zostać dostarczone prekonfigurowane karty SIM w liczbie 30.



Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A
Przedmiotem zamówienia jest fabrycznie nowa głowica radiowa typu RRH (remote radio head) pozwalająca na pracę zgodną z specyfikacją 5G NR oraz LTE możliwa do podłączenia z modułem bazowym (Baseband Unit) z wykorzystaniem protokołu CPRI.

Karta CPRI wraz z odpowiednim oprogramowaniem, możliwa do zainstalowania jako część platformy sprzętowej urządzenia (w miejscu dedykowanej karty SDR), pozwalająca mu na wykorzystanie głowicy radiowej do komunikacji z urządzeniami klienckimi 5G/LTE,

- karta powinna dysponować możliwością światłowodowego podłączenia do głowicy radiowej – dedykowany port SM/LC lub port SFP wraz z odpowiednim modułem optycznym,

Zamawiający wymaga aby dostarczane urządzenie było kompatybilne z urządzeniem opisanym jako „Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE” we wszystkich wariantach, poprzez wykorzystanie dołączonych do głowicy radiowej kart CPRI pozwalających na taką integrację.

Specyfikacja techniczna:

- Liczba wyjść antenowych: nie mniej niż 4
- Obsługa MIMO: nie mniej niż 4x4
- Maksymalna moc wyjściowa (Tx power): nie mniejsza niż 2 W
- Regulacja mocy wyjściowej: minimum z krokiem 1 dB, w zakresie nie mniejszym niż -15 dBm – 33 dBm
- Zakres częstotliwości (przynajmniej w zakresie):
 - dla 5G NR: 3800 MHz – 4100 MHz (N77)
 - dla LTE: 3600 MHz – 3800 MHz (B43)
- Praca w trybie 5G NR:
 - Liczba obsługiwanych nośnych: nie mniej niż 1
 - Regulacja szerokości kanału: przynajmniej w zakresie 10 MHz – 100 MHz
 - Czułość:
 - Czułość referencyjna 5/10/15MHz (SBS 15 kHz) mniejsza niż -103.7 dBm
 - Czułość referencyjna 5/10/15MHz (SBS 30 kHz) mniejsza niż -103.7 dBm
 - Czułość referencyjna 5/10/15MHz (SBS 60 kHz) mniejsza niż -103.7 dBm
 - Błąd EVM (Error vector magnitude):
 - dla QAM256 nie gorszy niż 3,5%
 - dla QAM64 nie gorszy niż 6%
 - dla QAM16 nie gorszy niż 10.5%
 - dla QPSK nie gorszy niż 14.5%
- Praca w trybie LTE:
 - Liczba obsługiwanych nośnych: 1 lub więcej
 - Regulacja szerokości kanału: przynajmniej w zakresie 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz
 - Czułość:
 - Sygnału referencyjnego w kanale 5KHz: nie więcej niż -103,5 dBm
 - Sygnału referencyjnego w kanale 10KHz: nie więcej niż -103,5 dBm
 - Sygnału referencyjnego w kanale 15KHz: nie więcej niż -103,5 dBm
 - Błąd EVM (Error vector magnitude):
 - dla QAM256 nie gorszy niż 3,5%
 - dla QAM64 nie gorszy niż 6%
 - dla QAM16 nie gorszy niż 10.5%



- dla QPSK nie gorszy niż 14.5%
- Interfejs I/Q: minimum dwa interfejsy CPRI obsługujące linie o parametrze CPRI line rate nie mniejszym niż 8
- Zasilanie: DC w zakresie 43-52 V z dołączonym zasilaczem o mocy odpowiedniej do wykorzystania wszystkich możliwości urządzenia z kablem o długości 25 m (pomiędzy zasilaczem a głowicą)
- Synchronizacja:
 - Dedykowany port pozwalający na doprowadzenie sygnału synchronizacji
 - Dedykowany port pozwalający na przekazanie sygnału synchronizacji
 - Dedykowany port na sygnał GPS
- Waga nie większa niż 15 kg
- Praca w zakresie temperatury pracy nie mniejszym niż -44 °C – 50 °C
- Zarządzanie:
 - Możliwość podłączenia z wykorzystaniem lokalnego portu Ethernet w standardzie 1 GbE
 - Obsługa obiektów zgodnie ze standardem ETSI GS ORI przynajmniej w zakresie obiektów: RE, TxSigPath_EUTRA, RxSigPath_EUTRA, TxSigPath_NR, RxSigPath_NR, oriLink , antPort
- Moduły optyczne SFP+ możliwe do instalacji w portach CPRI głowicy radiowej i przystosowane do wykorzystania światłowodu SM z wtykami LC,
 - dodatkowo zestaw 2 zapasowych modułów optycznych powyższego typu.
- Dwa kable światłowodowe SM, o długości 30 m każdy, odporne na warunki atmosferyczne, właściwe do połączenia głowicy radiowej z kartą CPRI zainstalowaną jako część platformy sprzętowej,
 - złącza po stronie głowicy radiowej muszą zapewniać odporność na warunki atmosferyczne.
- Dwa komplety kabli sygnałowych o niskim poziomie strat sygnału i długości 1,5 m pozwalające na podłączenie anteny do głowicy radiowej,
- Elementy pozwalające na zamocowanie głowicy radiowej na maszcie o przekroju okrągłym i średnicy co najmniej z przedziału 5-7 cm
- Dołączona antena GPS z przewodem 5 m.
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B
Przedmiotem zamówienia jest fabrycznie nowa głowica radiowa typu RRH (remote radio head) pozwalająca na pracę zgodną z specyfikacją LTE możliwa do podłączenia z modułem bazowym (Baseband Unit) z wykorzystaniem protokołu CPRI.

Karta CPRI wraz z odpowiednim oprogramowaniem, możliwa do zainstalowania jako część platformy sprzętowej urządzenia (w miejscu dedykowanej karty SDR), pozwalająca mu na wykorzystanie głowicy radiowej do komunikacji z urządzeniami klienckimi 5G/LTE,

- karta powinna dysponować możliwością światłowodowego podłączenia do głowicy radiowej – dedykowany port SM/LC lub port SFP wraz z odpowiednim modułem optycznym,

Zamawiający wymaga aby dostarczane urządzenie było kompatybilne z urządzeniem opisanym jako „Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE” we wszystkich wariantach, poprzez wykorzystanie dołączonych do głowicy radiowej kart CPRI pozwalających na taką integrację.

Specyfikacja techniczna:

- Liczba wyjść antenowych: nie mniej niż 2
- Obsługa MIMO: nie mniej niż 2x2
- Maksymalna moc wyjściowa (Tx power): nie mniejsza niż 20 W
- Regulacja mocy wyjściowej: minimum z krokiem 1 dB, w zakresie nie mniejszym niż 25 dBm – 43 dBm
- Precyzja regulacji mocy wyjściowej nie gorsza niż 0.5 dBm przy temperaturze pracy w zakresie 10-40°C
- Zakres częstotliwości (przynajmniej w zakresie):
 - dla LTE: 2300 MHz – 2400 MHz
- Praca w trybie LTE:
 - Liczba obsługiwanych nośnych: 1 lub więcej
 - Regulacja szerokości kanału: przynajmniej w zakresie 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz
 - Czułość:
 - Sygnału referencyjnego w kanale 5 kHz: nie więcej niż -101,5 dBm
 - Sygnału referencyjnego w kanale 10 kHz: nie więcej niż -101,5 dBm
 - Sygnału referencyjnego w kanale 15 kHz: nie więcej niż -101,5 dBm
 - Błąd EVM (Error vector magnitude):
 - dla QAM64 nie gorszy niż 8%
 - dla QAM16 nie gorszy niż 12.5%
 - dla QPSK nie gorszy niż 17.5%
- Interfejs I/Q: minimum dwa interfejsy CPRI obsługujące linie o parametrze CPRI line rate nie mniejszym niż 6
- Zasilanie: DC w zakresie 36-75 V z dołączonym zasilaczem o mocy odpowiedniej do wykorzystania wszystkich możliwości urządzenia z kablem o długości 25 m (pomiędzy zasilaczem a głowicą)
- Waga nie większa niż 12 kg
- Praca w zakresie temperatury pracy nie mniejszym niż -44 °C – 55 °C
- Zarządzanie:
 - Możliwość podłączenia z wykorzystaniem lokalnego portu Ethernet w standardzie 1gbe

Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



- Obsługa obiektów zgodnie ze standardem ETSI GS ORI przynajmniej w zakresie obiektów: RE, TxSigPath_EUTRA, RxSigPath_EUTRA, oriLink , antPort, HealthCheck
- Moduły optyczne SFP+ możliwe do instalacji w portach CPRI głowicy radiowej i przystosowane do wykorzystania światłowodu SM z wtykami LC,
 - dodatkowo zestaw 2 zapasowych modułów optycznych powyższego typu.
- Dwa kable światłowodowe SM, o długości 30 m każdy, odporne na warunki atmosferyczne, właściwe do połączenia głowicy radiowej z kartą CPRI zainstalowaną jako część platformy sprzętowej,
 - złącza po stronie głowicy radiowej muszą zapewniać odporność na warunki atmosferyczne.
- Dwa komplety kabli sygnałowych o niskim poziomie strat sygnału i długości 1,5 m pozwalające na podłączenie anteny do głowicy radiowej.
- Elementy pozwalające na zamocowanie głowicy radiowej na maszcie o przekroju okrągłym i średnicy co najmniej z przedziału 5-7 cm.
- Dołączona antena GPS z przewodem 5 m.
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Antena typu A

Antena panelowa wraz z uchwytem mocującym, przeznaczona do użytku na zewnątrz budynków i pracy w paśmie 3700-4200 MHz. Antena powinna spełniać następujące wymagania techniczne:

- Przeznaczenie do pracy w paśmie 3700-4200 MHz.
- Możliwość wykorzystania do realizacji komunikacji MIMO 4x4.
- Cztery złącza sygnałowe typu 4.3-10 (żeńskie) zlokalizowane na spodzie anteny.
- Polaryzacja: +/- 45° (slant linear).
- Zysk średni anteny w całym paśmie: nie mniejszy niż 17 dBi (każdy port)
- Zysk maksymalny anteny nie mniejszy niż: 18 dBi
- Szerokość wiązki 3dB w poziomie: 33° ±3°
- Szerokość wiązki 3dB w pionie: 6,5° ±0,5°
- Impedancja: 50 Ω
- Współczynnik VSWR: < 1.45
- Tłumienie sygnału odbitego (return loss): > 14 dB
- Izolacja pomiędzy portami: > 25 dB
- Tłumienie promieniowania wstecznego w zakresie kątów +/-30°: > 30 dB
- Poziom zniekształceń intermodulacyjnych: < -150 dBc
- Tłumienie wiązek niepożądanych charakterystyki promieniowania do 20° powyżej wiązki głównej: > 18 dB
- Tłumienie sygnału o polaryzacji ortogonalnej: > 16 dB
- Maksymalna wartość ciągłej mocy sygnału nadawanego na każdym porcie anteny: nie mniej niż 100 W
- Wymiary anteny bez złączy, elementów regulacyjnych i uchwytów montażowych nieprzekraczające: 85 cm x 35 cm x 15 cm.
- Waga nieprzekraczająca 13 kg wraz z uchwytem mocującym.
- Odporność na wiatr co najmniej do 200 km/h.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziałującą na maszt przy frontalnym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą 280 N.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziałującą na maszt przy bocznym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą niż 120 N.
- Materiał obudowy: odporny na promieniowanie UV.
- Dopuszczalna temperatura pracy co najmniej w zakresie -40-70°C.
- Mocowanie ze stali nierdzewnej pozwalające na instalację anteny na pionowym maszcie o przekroju okrągłym i średnicy w zakresie co najmniej 5-11 cm. Mocowanie musi też umożliwiać łatwą i wielokrotną, ręczną zmianę pochylenia anteny w stosunku do pionu (downtilt) co najmniej w zakresie od +2° do -10°.
- Antena musi obsługiwać mechanizm eRET, z 2 elementami RCU (regulacja pochylenia wiązki oddzielnie w dwóch parach portów RF) możliwymi do kontroli przy wykorzystaniu pojedynczego elementu AISG 2.0 M/F,
 - możliwy przedział kontroli kąta nachylenia wiązki dla mechanizmu eRET – co najmniej 0° - 10°,
 - kontroler RET wewnątrz obudowy anteny,
 - 2 złącza AISG – 8 pin DIN (1 męskie, 1 żeńskie), zlokalizowane na spodzie anteny,
 - dopuszczalne napięcie wejściowe obejmujące 10-30V, maksymalny pobór energii < 11 W.
- Zabezpieczenie odgromowe: konstrukcja anteny zwarta dla prądu stałego (DC grounded).
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.



Fundusze Europejskie
Inteligentny Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



Antena typu B

Antena panelowa wraz z uchwytem mocującym, przeznaczona do użytku na zewnątrz budynków i pracy w paśmie 3300-4200 MHz. Antena powinna spełniać następujące wymagania techniczne:

- Przeznaczenie do pracy w paśmie 3300-4200 MHz.
- Możliwość wykorzystania do realizacji komunikacji MIMO 4x4.
- Cztery złącza sygnałowe typu 4.3-10 (żeńskie) zlokalizowane na spodzie anteny.
- Polaryzacja: +/- 45° (slant linear).
- Zysk średni anteny w całym paśmie nie mniejszy niż: 17 dBi (każdy port)
- Zysk maksymalny anteny nie mniejszy niż: 18 dBi
- Szerokość wiązki 3dB w poziomie: 65° ±3°
- Szerokość wiązki 3dB w pionie: 7° ±0,5°
- Impedancja: 50 Ω
- Współczynnik VSWR: < 1.5
- Tłumienie sygnału odbitego (return loss): > 14 dB
- Izolacja pomiędzy portami: > 25 dB
- Tłumienie promieniowania wstecznego w zakresie kątów +/-30°: > 30 dB
- Tłumienie wiązek niepożądanych charakterystyki promieniowania do 20° powyżej wiązki głównej: > 18 dB
- Tłumienie sygnału o polaryzacji ortogonalnej: > 16 dB
- Maksymalna wartość ciągłej mocy sygnału nadawanego na każdym porcie anteny: nie mniej niż 150 W
- Wymiary anteny bez złączy, elementów regulacyjnych i uchwytów montażowych nieprzekraczające: 78 cm x 30 cm x 9 cm.
- Waga nieprzekraczająca 6 kg wraz z uchwytem mocującym.
- Odporność na wiatr co najmniej do 200 km/h.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziaływającą na maszt przy frontalnym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą 220 N.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziaływającą na maszt przy bocznym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą niż 80 N.
- Materiał obudowy: odporny na promieniowanie UV.
- Dopuszczalna temperatura pracy co najmniej w zakresie -40-70°C.
- Mocowanie ze stali nierdzewnej pozwalające na instalację anteny na pionowym maszcie o przekroju okrągłym i średnicy w zakresie co najmniej 5-11 cm. Mocowanie musi też umożliwiać łatwą i wielokrotną zmianę pochylecia anteny w stosunku do pionu (downtilt) co najmniej w zakresie od +2° do -10°.
- Zabezpieczenie odgromowe: konstrukcja anteny zwarta dla prądu stałego (DC grounded).
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Antena typu C

Antena dookólna wraz z uchwytem mocującym, przeznaczona do użytku na zewnątrz budynków i pracy w paśmie 3300-4200 MHz (N77). Antena powinna spełniać następujące wymagania techniczne:

- Przeznaczenie do pracy w paśmie 3300-4200 MHz (N77).
- Możliwość wykorzystania do realizacji komunikacji MIMO 4x4.
- Cztery złącza sygnałowe typu 4.3-10 (żeńskie) zlokalizowane na spodzie anteny.
- Polaryzacja: +/- 45° (slant linear).
- Zysk średni anteny w całym paśmie nie mniejszy niż: 5.7 dBi ± 0,5 dB
- Zysk maksymalny anteny nie mniejszy niż: 6,7 dBi +/- 0,3 dB
- Szerokość wiązki 3dB w poziomie: 360° (charakterystyka dookólna)
- Szerokość wiązki 3dB w pionie: 21° ±2°
- Impedancja: 50 Ω
- Współczynnik VSWR: < 1.5
- Tłumienie sygnału odbitego (return loss): > 14 dB
- Izolacja pomiędzy portami: > 25 dB
- Tłumienie sygnału o polaryzacji ortogonalnej: > 10 dB
- Maksymalna wartość ciągłej mocy sygnału nadawanego na każdym porcie anteny: nie mniej niż 150 W
- Wymiary anteny bez złączy, elementów regulacyjnych i uchwytów montażowych nieprzekraczające: 35 cm (wysokość), 23 cm (średnica).
- Waga nieprzekraczająca 5.1 kg wraz z uchwytem mocującym.
- Odporność na wiatr co najmniej do 200 km/h.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziaływającą na maszt przy wietrze o prędkości 150 km/h (niezależnie od kierunku) nieprzekraczającą niż 60 N.
- Materiał obudowy: PVC odporne na promieniowanie UV.
- Dopuszczalna temperatura pracy co najmniej w zakresie -40-70°C.
- Mocowanie ze stali nierdzewnej pozwalające na instalację anteny na pionowym maszcie o przekroju okrągłym i średnicy w zakresie co najmniej 16-25 cm.
- Zabezpieczenie odgromowe: konstrukcja anteny zwarta dla prądu stałego (DC grounded).
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Antena typu D

Antena panelowa wraz z uchwytem mocującym, przeznaczona do użytku na zewnątrz budynków i pracy w paśmie 3300-4200 MHz. Antena powinna spełniać następujące wymagania techniczne:

- Przeznaczenie do pracy w paśmie 3300-4200 MHz.
- Możliwość wykorzystania do realizacji komunikacji MIMO 4x4.
- Cztery złącza sygnałowe typu 4.3-10 (żeńskie) zlokalizowane na spodzie anteny.
- Polaryzacja: +/- 45° (slant linear).
- Zysk średni anteny w całym paśmie nie mniejszy niż: 12 dBi ± 1 dB
- Zysk maksymalny anteny nie mniejszy niż: 12.5 dBi ± 1 dB
- Szerokość wiązki 3dB w poziomie: 65° ±3°
- Szerokość wiązki 3dB w pionie: 22° ±2
- Impedancja: 50 Ω
- Współczynnik VSWR: < 1.5
- Tłumienie sygnału odbitego (return loss): > 14 dB
- Izolacja pomiędzy portami: > 25 dB
- Tłumienie promieniowania wstecznego w zakresie kątów +/-30°: >25 dB
- Tłumienie sygnału o polaryzacji ortogonalnej: > 16 dB
- Maksymalna wartość ciągłej mocy sygnału nadawanego na każdym porcie anteny: nie mniej niż 50 W
- Wymiary anteny bez złączy, elementów regulacyjnych i uchwytów montażowych nieprzekraczające: 29 cm x 29 cm x 9 cm.
- Waga nieprzekraczająca 4.2 kg wraz z uchwytem mocującym.
- Odporność na wiatr co najmniej do 200 km/h.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziałującą na maszt przy frontalnym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą 110 N.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziałującą na maszt przy bocznym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą niż 40 N.
- Materiał obudowy: odporny na promieniowanie UV.
- Dopuszczalna temperatura pracy co najmniej w zakresie -40-70°C.
- Mocowanie ze stali nierdzewnej pozwalające na instalację anteny na pionowym maszcie o przekroju okrągłym i średnicy w zakresie co najmniej 5-11 cm. Dodatkową zaletą jest możliwość instalacji anteny w pozycji nachylonej w stosunku do pionu w zakresie co najmniej +1° do -7°.
- Zabezpieczenie odgromowe: konstrukcja anteny zwarta dla prądu stałego (DC grounded).
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Antena typu E

Antena panelowa wraz z uchwytem mocującym, przeznaczona do użytku na zewnątrz budynków i pracy w paśmie 2300-2700 MHz (B38, B40, B41). Antena powinna spełniać następujące wymagania techniczne:

- Przeznaczenie do pracy w paśmie 2300-2700 MHz (B38, B40, B41).
- Możliwość wykorzystania do realizacji komunikacji MIMO 2x2.
- Dwa złącza sygnałowe typu 4.3-10 (żeńskie) zlokalizowane na spodzie anteny.
- Polaryzacja: +/- 45° (slant linear).
- Zysk średni anteny w całym paśmie nie mniejszy niż: 16,5 dBi ± 0,5 dB
- Zysk maksymalny anteny nie mniejszy niż: 17 dBi
- Szerokość wiązki 3dB w poziomie: 90° ±3°
- Szerokość wiązki 3dB w pionie: 7° ±0,5°
- Impedancja: 50 Ω
- Współczynnik VSWR: < 1.5
- Tłumienie sygnału odbitego (return loss): > 14 dB
- Izolacja pomiędzy portami: > 28 dB
- Tłumienie promieniowania wstecznego w zakresie kątów +/-30°: >30 dB
- Tłumienie wiązek niepożądanych charakterystyki promieniowania do 20° powyżej wiązki głównej: >18 dB
- Tłumienie sygnału o polaryzacji ortogonalnej: > 16 dB
- Maksymalna wartość ciągłej mocy sygnału nadawanego na każdym porcie anteny: nie mniej niż 150 W
- Wymiary nieprzekraczające 110 cm x 17 cm x 9 cm.
- Waga nieprzekraczająca 5 kg wraz z uchwytem mocującym.
- Odporność na wiatr co najmniej do 200 km/h.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziałującą na maszt przy frontalnym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą 210 N.
- Konstrukcja skutkująca siłą oddziałującą na maszt przy bocznym wietrze o prędkości 150 km/h nieprzekraczającą niż 110 N.
- Materiał obudowy: odporny na promieniowanie UV.
- Dopuszczalna temperatura pracy co najmniej w zakresie -40-70°C.
- Mocowanie ze stali nierdzewnej pozwalające na instalację anteny na pionowym maszcie o przekroju okrągłym i średnicy w zakresie co najmniej 5-11 cm. Mocowanie musi też umożliwiać łatwą i wielokrotną zmianę pochyleń anteny w stosunku do pionu (downtilt) co najmniej w zakresie 0-10°.
- Zabezpieczenie odgromowe: konstrukcja anteny zwarta dla prądu stałego (DC grounded).
- Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie transmisji danych emulujące klientów sieci 4G/5G NR, wariant 1

Urządzenie transmisji danych pozwalające na emulację grupy klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M. Urządzenie musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Możliwość emulowania klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M.
- Możliwość jednoczesnej emulacji klientów podłączonych do różnych komórek sieci, co najmniej w każdym z poniższych scenariuszy:
 - co najmniej 2 komórek sieci 5G,
 - co najmniej 4 komórek MIMO 2x2 sieci 4G,
 - co najmniej 2 komórek MIMO 4x4 sieci 4G.
- Liczba emulowanych klientów nie mniejsza niż 64.
- Możliwość konfiguracji parametrów emulacji klientów poprzez interfejsy API, WebGUI oraz modyfikację tekstowych plików konfiguracyjnych.
- Możliwość symulacji zróżnicowanych warunków propagacyjnych dla emulowanych klientów poprzez wykorzystanie symulatora kanału radiowego, modyfikującego przynajmniej:
 - wartości parametru PER kanałów PDSCH i PDCCH,
 - wartości parametrów RSRP i CQI,
 - siłę sygnału nadawanego.
- Możliwość generowania ruchu przynajmniej na poziomie protokołów z zestawu TCP, UDP, RTP, HTTP, emulowania ruchu VoIP oraz wykorzystania zewnętrznych aplikacji generujących ruch per klient, w tym uruchamianych na zewnętrznych urządzeniach podłączonych z użyciem sieci Ethernet.
- Możliwość konfiguracji i uruchamiania scenariuszy testowych obejmujących aktywność emulowanych klientów konfigurowaną dla zadanych momentów w czasie.
- Sygnały radiowe przetwarzane z użyciem co najmniej 4 dedykowanych kart SDR zainstalowanych w złączach PCIe, o następujących parametrach każda:
 - możliwość obsługi kanałów 4G/5G o szerokości co najmniej 50 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS.
- Możliwość wykorzystania 2 kart SDR w celu emulacji UEs obsługujących 4x4 MIMO.
- Co najmniej 2 złącza GigabitEthernet (RJ45).
- System operacyjny Linux.
- Dostęp dla użytkownika do systemu operacyjnego urządzenia z uprawnieniami administracyjnymi.
- Zasilanie: 230 V AC.
- Waga nie większa niż 15 kg.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 5G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP z Rel. 15
Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- Praca w trybie TDD lub FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Maksymalna szerokość kanału wykorzystywanego przez emulowanych klientów nie mniejsza niż 50 MHz, z możliwością wykorzystania kanałów węższych.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość emulacji klientów podłączających się do sieci SA oraz NSA.
- Obsługa mechanizmu Split bearer przynajmniej w trybach: 3, 3a, 3x.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 4G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP Rel. 8.
- Praca w trybach TDD i FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Obsługiwane szerokości kanału: przynajmniej 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz oraz 200 kHz dla NB-IoT
- Możliwość emulacji klientów sieci LTE pracujących w co najmniej następujących trybach: cat. 0, cat. 1, cat. 3, cat. 4, cat. 15 oraz cat. 13.
- Możliwość emulacji klientów sieci IoT pracujących w co najmniej następujących trybach: LTE cat. 0, LTE cat. 1, LTE-M cat. M1, NB-IoT cat. NB1 oraz NB2.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Emulacja co najmniej następujących scenariuszy przełączania: Intra-freq, inter-freq and inter-band.
- Emulacja komunikacji grupowej eMBMS wg specyfikacji 3GPP rel. 10.
- Obsługa mechanizmów Carrier Aggregation: minimum 4 CCs dla łączy downlink i minimum 2 CCs dla łączy uplink.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Urządzenie transmisji danych emulujące klientów sieci 4G/5G NR, wariant 2

Urządzenie transmisji danych pozwalające na emulację grupy klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M. Urządzenie musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Możliwość emulowania klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M.
- Możliwość jednoczesnej emulacji klientów podłączonych do różnych komórek sieci, co najmniej w każdym z poniższych scenariuszy:
 - co najmniej 2 komórek sieci 5G,
 - co najmniej 4 komórek MIMO 2x2 sieci 4G,
 - co najmniej 2 komórek MIMO 4x4 sieci 4G.
- Liczba emulowanych klientów nie mniejsza niż 128.
- Możliwość konfiguracji parametrów emulacji klientów poprzez interfejsy API, WebGUI oraz modyfikację tekstowych plików konfiguracyjnych.
- Możliwość symulacji zróżnicowanych warunków propagacyjnych dla emulowanych klientów poprzez wykorzystanie symulatora kanału radiowego, modyfikującego przynajmniej:
 - wartości parametru PER kanałów PDSCH i PDCCH,
 - wartości parametrów RSRP i CQI,
 - siłę sygnału nadawanego.
- Możliwość generowania ruchu przynajmniej na poziomie protokołów z zestawu TCP, UDP, RTP, HTTP, emulowania ruchu VoIP oraz wykorzystania zewnętrznych aplikacji generujących ruch per klient, w tym uruchamianych na zewnętrznych urządzeniach podłączonych z użyciem sieci Ethernet.
- Możliwość konfiguracji i uruchamiania scenariuszy testowych obejmujących aktywność emulowanych klientów konfigurowaną dla zadanych momentów w czasie.
- Sygnały radiowe przetwarzane z użyciem co najmniej 4 dedykowanych kart SDR zainstalowanych w złączach PCIe, o następujących parametrach każda:
 - możliwość obsługi kanałów 4G/5G o szerokości co najmniej 50 MHz z obsługą co najmniej 2x2 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - 4 złącza antenowe SMA-żeńskie do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS.
- Możliwość wykorzystania 2 kart SDR w celu emulacji UEs obsługujących 4x4 MIMO.
- Co najmniej 2 złącza GigabitEthernet (RJ45).
- System operacyjny Linux.
- Dostęp dla użytkownika do systemu operacyjnego urządzenia z uprawnieniami administracyjnymi.
- Zasilanie: 230 V AC.
- Waga nie większa niż 15 kg.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 5G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP z Rel. 15
Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Praca w trybie TDD lub FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Maksymalna szerokość kanału wykorzystywanego przez emulowanych klientów nie mniejsza niż 50 MHz, z możliwością wykorzystania kanałów węższych.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość emulacji klientów podłączających się do sieci SA oraz NSA.
- Obsługa mechanizmu Split bearer przynajmniej w trybach: 3, 3a, 3x.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 4G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP Rel. 8.
- Praca w trybach TDD i FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Obsługiwane szerokości kanału: przynajmniej 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz oraz 200 kHz dla NB-IoT
- Możliwość emulacji klientów sieci LTE pracujących w co najmniej następujących trybach: cat. 0, cat. 1, cat. 3, cat. 4, cat. 15 oraz cat. 13.
- Możliwość emulacji klientów sieci IoT pracujących w co najmniej następujących trybach: LTE cat. 0, LTE cat. 1, LTE-M cat. M1, NB-IoT cat. NB1 oraz NB2.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Emulacja co najmniej następujących scenariuszy przełączania: Intra-freq, inter-freq and inter-band.
- Emulacja komunikacji grupowej eMBMS wg specyfikacji 3GPP rel. 10.
- Obsługa mechanizmów Carrier Aggregation: minimum 4 CCs dla łączy downlink i minimum 2 CCs dla łączy uplink.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Urządzenie transmisji danych emulujące klientów sieci 4G/5G NR, wariant 3

Urządzenie transmisji danych pozwalające na emulację grupy klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M. Urządzenie musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Możliwość emulowania klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M.
- Możliwość jednoczesnej emulacji klientów podłączonych do różnych komórek sieci, co najmniej w każdym z poniższych scenariuszy:
 - co najmniej 2 komórek sieci 5G,
 - co najmniej 4 komórek MIMO 2x2 sieci 4G,
 - co najmniej 2 komórek MIMO 4x4 sieci 4G.
- Liczba emulowanych klientów nie mniejsza niż 64.
- Możliwość konfiguracji parametrów emulacji klientów poprzez interfejsy API, WebGUI oraz modyfikację tekstowych plików konfiguracyjnych.
- Możliwość symulacji zróżnicowanych warunków propagacyjnych dla emulowanych klientów poprzez wykorzystanie symulatora kanału radiowego, modyfikującego przynajmniej:
 - wartości parametru PER kanałów PDSCH i PDCCH,
 - wartości parametrów RSRP i CQI,
 - siłę sygnału nadawanego.
- Możliwość generowania ruchu przynajmniej na poziomie protokołów z zestawu TCP, UDP, RTP, HTTP, emulowania ruchu VoIP oraz wykorzystania zewnętrznych aplikacji generujących ruch per klient, w tym uruchamianych na zewnętrznych urządzeniach podłączonych z użyciem sieci Ethernet.
- Możliwość konfiguracji i uruchamiania scenariuszy testowych obejmujących aktywność emulowanych klientów konfigurowaną dla zadanych momentów w czasie.
- Sygnały radiowe przetwarzane z użyciem co najmniej 2 dedykowanych kart SDR zainstalowanych w złączach PCIe, o następujących parametrach każda:
 - możliwość obsługi kanałów 4G/5G o szerokości co najmniej 100 MHz z obsługą co najmniej 4x4 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - 8 złączy antenowych SMA-żeńskich do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS.
- Co najmniej 1 złącze GigabitEthernet (RJ45) i co najmniej jedno złącze 10 GigabitEthernet (RJ45).
- System operacyjny Linux.
- Dostęp dla użytkownika do systemu operacyjnego urządzenia z uprawnieniami administracyjnymi.
- Zasilanie: 230 V AC.
- Waga nie większa niż 15 kg.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 5G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP z Rel. 15
Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

- Praca w trybie TDD lub FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Maksymalna szerokość kanału wykorzystywanego przez emulowanych klientów nie mniejsza niż 100 MHz, z możliwością wykorzystania kanałów węższych.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość emulacji klientów podłączających się do sieci SA oraz NSA.
- Obsługa mechanizmu Split bearer przynajmniej w trybach: 3, 3a, 3x.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 4G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP Rel. 8.
- Praca w trybach TDD i FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Obsługiwane szerokości kanału: przynajmniej 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz oraz 200 kHz dla NB-IoT
- Możliwość emulacji klientów sieci LTE pracujących w co najmniej następujących trybach: cat. 0, cat. 1, cat. 3, cat. 4, cat. 15 oraz cat. 13.
- Możliwość emulacji klientów sieci IoT pracujących w co najmniej następujących trybach: LTE cat. 0, LTE cat. 1, LTE-M cat. M1, NB-IoT cat. NB1 oraz NB2.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Emulacja co najmniej następujących scenariuszy przełączania: Intra-freq, inter-freq and inter-band.
- Emulacja komunikacji grupowej eMBMS wg specyfikacji 3GPP rel. 10.
- Obsługa mechanizmów Carrier Aggregation: minimum 4 CCs dla łączy downlink i minimum 2 CCs dla łączy uplink.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.

Urządzenie transmisji danych emulujące klientów sieci 4G/5G NR, wariant 4

Urządzenie transmisji danych pozwalające na emulację grupy klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M. Urządzenie musi spełniać następujące wymagania techniczne:

- Możliwość emulowania klientów sieci 4G, 5G NR, NB-IoT oraz LTE-M.
- Możliwość jednoczesnej emulacji klientów podłączonych do różnych komórek sieci, co najmniej w każdym z poniższych scenariuszy:
 - co najmniej 2 komórek sieci 5G,
 - co najmniej 4 komórek MIMO 2x2 sieci 4G,
 - co najmniej 2 komórek MIMO 4x4 sieci 4G.
- Liczba emulowanych klientów nie mniejsza niż 128.
- Możliwość konfiguracji parametrów emulacji klientów poprzez interfejsy API, WebGUI oraz modyfikację tekstowych plików konfiguracyjnych.
- Możliwość symulacji zróżnicowanych warunków propagacyjnych dla emulowanych klientów poprzez wykorzystanie symulatora kanału radiowego, modyfikującego przynajmniej:
 - wartości parametru PER kanałów PDSCH i PDCCH,
 - wartości parametrów RSRP i CQI,
 - siłę sygnału nadawanego.
- Możliwość generowania ruchu przynajmniej na poziomie protokołów z zestawu TCP, UDP, RTP, HTTP, emulowania ruchu VoIP oraz wykorzystania zewnętrznych aplikacji generujących ruch per klient, w tym uruchamianych na zewnętrznych urządzeniach podłączonych z użyciem sieci Ethernet.
- Możliwość konfiguracji i uruchamiania scenariuszy testowych obejmujących aktywność emulowanych klientów konfigurowaną dla zadanych momentów w czasie.
- Sygnały radiowe przetwarzane z użyciem co najmniej 2 dedykowanych kart SDR zainstalowanych w złączach PCIe, o następujących parametrach każda:
 - możliwość obsługi kanałów 4G/5G o szerokości co najmniej 100 MHz z obsługą co najmniej 4x4 MIMO dla transmisji TDD i FDD,
 - możliwość pracy na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału obejmującego 500 MHz-6 GHz,
 - 8 złączy antenowych SMA-żeńskich do podłączania anten zewnętrznych,
 - do każdego z powyższych złączy antenowych kart SDR dołączona antena zewnętrzna:
 - na podstawie magnetycznej,
 - o wymiarach nieprzekraczających 5 x 5 x 20 cm,
 - zaopatrzona w kabel antenowy o długości 1-3 m (wszystkie tej samej długości) ze złączem umożliwiającym podłączenie do złączy kart SDR,
 - wbudowany odbiornik GPS i 1 złącze antenowe SMA-żeńskie do podłączenia zewnętrznej anteny GPS.
- Co najmniej 1 złącze GigabitEthernet (RJ45) i co najmniej jedno złącze 10 GigabitEthernet (RJ45).
- System operacyjny Linux.
- Dostęp dla użytkownika do systemu operacyjnego urządzenia z uprawnieniami administracyjnymi.
- Zasilanie: 230 V AC.
- Waga nie większa niż 15 kg.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 5G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP z Rel. 15
Krajowe laboratorium sieci i usług 5G wraz z otoczeniem
Projekt współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego



- Praca w trybie TDD lub FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Maksymalna szerokość kanału wykorzystywanego przez emulowanych klientów nie mniejsza niż 100 MHz, z możliwością wykorzystania kanałów węższych.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość emulacji klientów podłączających się do sieci SA oraz NSA.
- Obsługa mechanizmu Split bearer przynajmniej w trybach: 3, 3a, 3x.

Parametry techniczne emulowanych klientów sieci 4G:

- Funkcjonalność zgodna przynajmniej ze specyfikacją 3GPP Rel. 8.
- Praca w trybach TDD i FDD na dowolnie wybranej częstotliwości z przedziału co najmniej 500 MHz – 6 GHz.
- Obsługiwane szerokości kanału: przynajmniej 1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz oraz 200 kHz dla NB-IoT
- Możliwość emulacji klientów sieci LTE pracujących w co najmniej następujących trybach: cat. 0, cat. 1, cat. 3, cat. 4, cat. 15 oraz cat. 13.
- Możliwość emulacji klientów sieci IoT pracujących w co najmniej następujących trybach: LTE cat. 0, LTE cat. 1, LTE-M cat. M1, NB-IoT cat. NB1 oraz NB2.
- Obsługiwane modulacje: przynajmniej do QAM 256 dla łączy uplink i downlink.
- Możliwość ochrony integralności i poufności komunikacji z użyciem algorytmu wybranego z grupy obejmującej minimum algorytmy AES, Snow3G i ZUC.
- Emulacja co najmniej następujących scenariuszy przełączania: Intra-freq, inter-freq and inter-band.
- Emulacja komunikacji grupowej eMBMS wg specyfikacji 3GPP rel. 10.
- Obsługa mechanizmów Carrier Aggregation: minimum 4 CCs dla łączy downlink i minimum 2 CCs dla łączy uplink.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.

Urządzenie musi być objęte co najmniej rocznym wsparciem technicznym producenta, uprawniającym do bezpłatnego dostępu do aktualizacji oprogramowania, tym aktualizacji rozszerzających jego funkcjonalność.



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



Sterownik PCIe dla urządzeń radiowych

Licencja umożliwiająca korzystanie z oprogramowania (sterownika) koniecznego do współpracy urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B” z urządzeniami wyspecyfikowanymi jako „Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE” (we wszystkich wariantach).



Programator kart SIM

Urządzenie pozwalające na programowanie kart SIM w sposób umożliwiający ich wykorzystanie we współpracy z urządzeniami wyspecyfikowanymi jako „Urządzenie transmisji danych cyfrowych 5G NR/LTE” (we wszystkich wariantach), pracującymi w trybach, co najmniej, LTE oraz 5G NR.

Urządzenie musi być wyposażone w oprogramowanie umożliwiające jego obsługę, możliwe do uruchomienia w systemie operacyjnym Windows lub Linux.

Urządzenie musi być fabrycznie nowe.



Urządzenie transmisji danych 5G UE

Urządzenie transmisji danych zdolne do pracy w sieci 5G oraz umożliwiające prowadzenie rozmów głosowych i wideo oraz przesyłanie wiadomości tekstowych i multimedialnych. Urządzenie musi działać pod kontrolą systemu operacyjnego wykorzystującego jądro systemu Linux i pozwalać na instalację dodatkowego oprogramowania przez użytkownika.

Urządzenie musi być zdolne do współpracy z urządzeniami wyspecyfikowanymi jako „Urządzenie transmisji danych cyfrowych LTE/5G NR” we wszystkich wariantach, w tym przy wykorzystaniu urządzeń wyspecyfikowanych jako „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu A” oraz „Głowica radiowa (urządzenie do bezprzewodowej transmisji danych) typu B”. Urządzenie klienckie musi być w stanie wykorzystać oferowane przez powyższe urządzenia usługi wysokiego poziomu, co najmniej: Voice call, Video call, SMS.

Urządzenie musi ponadto spełniać następujące wymagania techniczne:

- Praca co najmniej w pasmach:
 - 5G Band 1, 3, 5, 7, 8, 28, 38, 40, 41, 77, 78,
 - 4G Band: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 17, 20, 28, 38, 39, 40, 41,
- Praca trybie 5G SA i NSA.
- Możliwość połączenia do sieci 5G identyfikowanej dowolną wartością PLMNID (w tym identyfikatorami testowymi i prywatnymi).
- Obsługa kart SIM w trybie Dual SIM (Nano-SIM, eSIM, dual stand by).
- Procesor, co najmniej 8 rdzeniowy.
- Pamięć RAM: nie mniejsza niż 8 GB.
- Pamięć flash: nie mniejsza niż 256 GB.
- Dotykowy wyświetlacz:
 - o przekątnej co najmniej 6.4” i rozdzielczości co najmniej 1080x2400 pikseli,
 - o częstotliwości odświeżania co najmniej 90 Hz,
 -
- Aparat fotograficzny z użyciem którego można wykonywać zdjęcia o rozdzielczości co najmniej 50 MP w trybie zwykłym oraz co najmniej 13 MP w trybie szerokokątnym.
- Dodatkowy aparat fotograficzny o rozdzielczości co najmniej 16 MP.
- Obsługa co najmniej następujących, dodatkowych technik komunikacyjnych:
 - WLAN: Wi-Fi 802.11 a / b / g / n / ac / ax (lub ax-ready), dual-band,
 - Bluetooth: 5.1, A2DP, LE, aptX HD,
 - NFC.
- Bateria o pojemności nie mniejszej od 4200 mAh.
- Ciemna kolorystyka (np. czarny, grafitowy).
- Wielkość nieprzekraczająca: 17 cm x 8 cm x 1 cm.
- Waga nieprzekraczająca 250 g.