

Cerise

**CENTRO DE EXCELÊNCIA EM REDES INTELIGENTES
SEM FIO E SERVIÇOS AVANÇADOS - UFG**

Localização 5G – CSI

Grupo/Eixo Temático: 1 - Localização e Sensoriamento

Participante: Paulo Francisco da Conceição

Coordenador do Grupo: Henrique Pires Corrêa

Introdução ao CSI no 5G

- O que é CSI?
 - **Channel State Information (CSI)** refere-se a um conjunto de coeficientes complexos que representam as características do canal de comunicação entre o transmissor e o receptor.
 - Ele é composto por informações de **amplitude** e **fase** para cada subportadora de um sistema **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)**.
 - O CSI é crucial para **equalização de canal, beamforming, adaptação de taxa de transmissão e aplicações avançadas como localização indoor**.

Como o CSI é extraído no 5G?

- No 5G NR, o CSI pode ser obtido a partir de sinais de referência (*Reference Signals* - RS) transmitidos periodicamente pelo gNB (gNodeB, ou estação base 5G).
- Principais fontes de CSI no 5G:
 - *Demodulation Reference Signal* (DMRS) → Utilizado para equalização de canal durante a recepção de dados.
 - *CSI Reference Signal* (CSI-RS) → Projetado especificamente para medição de qualidade do canal e adaptação de link.
 - *Synchronization Signal Block* (SSB) → Usado para descoberta de célula, mas também pode ser aproveitado para estimar o CSI.
- A extração do CSI pode ser feita via hardware SDR (Software-Defined Radio), como a USRP X310, ou por um equipamento comercial 5G com acesso ao PHY layer.

- Amarisoft (Tech Academy)
 - **Foco:** Explicação técnica sobre a estrutura do CSI no 5G Standalone (SA).
 - **Método de Extração:** Explica como os sinais DMRS, CSI-RS e SSB podem ser utilizados para recuperar o CSI. Detalha como extrair os coeficientes de canal de cada subportadora a partir de sinais de referência em um sistema OFDM.
 - Requisitos de Hardware:
 - Apenas rede comercial 5G → Não menciona a necessidade de SDRs.
 - Pode ser utilizado diretamente em UEs (User Equipment) que permitam acesso ao PHY layer.

- Hi-Loc: Hybrid Indoor Localization via Enhanced 5G NR CSI
 - **Foco:** Utilização do CSI para localização indoor.
 - **Método de Extração:**
 - CSI extraído do DMRS do PBCH de um gNodeB comercial.
 - Utiliza um Software-Defined Radio (SDR) como receptor para captar os sinais downlink e estimar o CSI.
 - **Requisitos de Hardware:**
 - 1 USRP (Software-Defined Radio) + Rede 5G Comercial → O receptor SDR escuta os sinais da rede sem modificá-la.
 - Alternativa: Se for possível acessar o CSI do UE diretamente, um SDR pode não ser necessário.

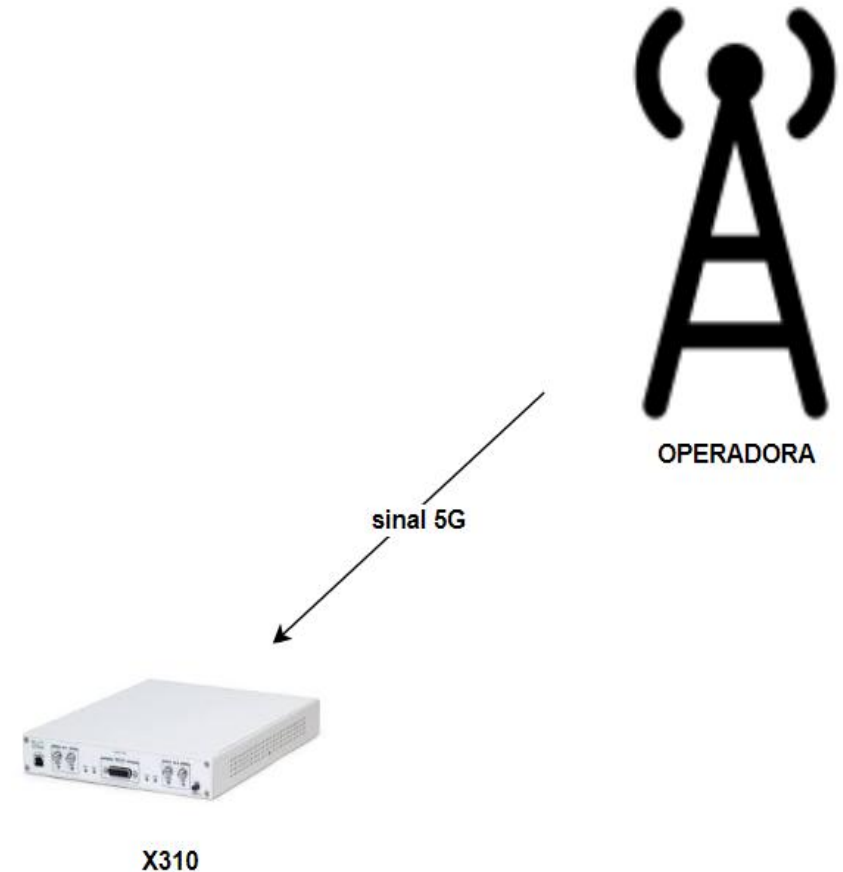
- iPos-5G: Indoor Positioning via Commercial 5G NR CSI
 - **Foco:** Melhorar a estabilidade da localização indoor com CSI.
 - **Método de Extração:**
 - CSI extraído do DMRS do PBCH de um gNodeB comercial.
 - Aplica filtros de qualidade para remover ruídos e melhorar a precisão da extração.
 - **Requisitos de Hardware:**
 - 1 USRP (Software-Defined Radio) + Rede 5G Comercial → O receptor SDR escuta os sinais da rede sem modificá-la.
 - Alternativa: Se for possível acessar o CSI do UE diretamente, um SDR pode não ser necessário.

- Hi-Loc
 - **Método:** Fingerprinting baseado em CNN e BiLSTM com atenção dupla.
 - **Como funciona:**
 1. O CSI é transformado em um conjunto de características espaciais e temporais.
 2. Uma CNN (Convolutional Neural Network) aprende padrões espaciais no CSI.
 3. Uma BiLSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory) aprende padrões temporais.
 4. O sistema prediz a localização baseada na similaridade do CSI com um banco de dados pré-coletado.

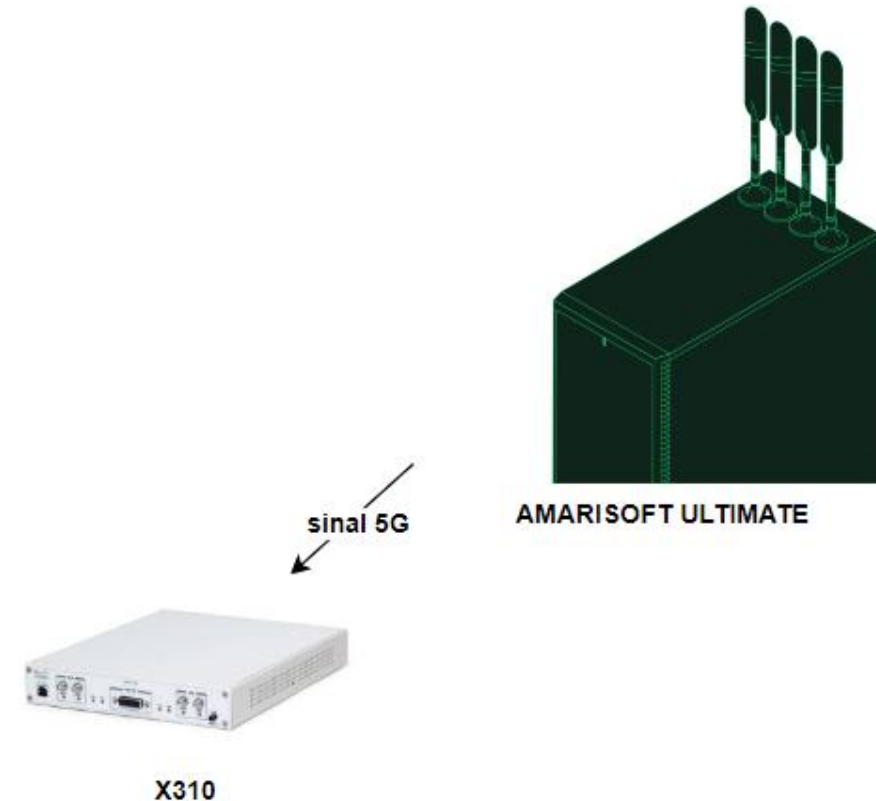
- iPos-5G
 - **Método:** Fingerprinting baseado em aprendizado profundo + fusão de amplitude e fase.
 - **Como funciona:**
 1. O CSI passa por pré-processamento para remoção de ruído (filtros de qualidade).
 2. Um autoencoder não supervisionado reconstrói as características do CSI.
 3. Um modelo de função de base radial (RBF) calcula a similaridade com os pontos de referência.
 4. Uma fusão de informações de amplitude e fase melhora a precisão.

- Infraestrutura Disponível:
 - 1 USRP X310 → Para capturar o CSI do downlink.
 - Estação Amarisoft → Pode atuar como gNodeB 5G, controlando a transmissão dos sinais de referência.

- **Opção 1: Captura Passiva da Rede 5G Comercial**
 - Configurar a USRP X310 como um receptor passivo.
 - Sincronizar com a rede comercial para escutar os sinais *downlink* (DMRS ou SSB).
 - Utilizar software como GNU Radio, srsRAN ou *OpenAirInterface* (OAI) para extrair o CSI.
 - Desafios:
 - Precisa de autorização para escutar sinais da rede comercial.
 - Pode haver restrições no acesso ao PHY layer.

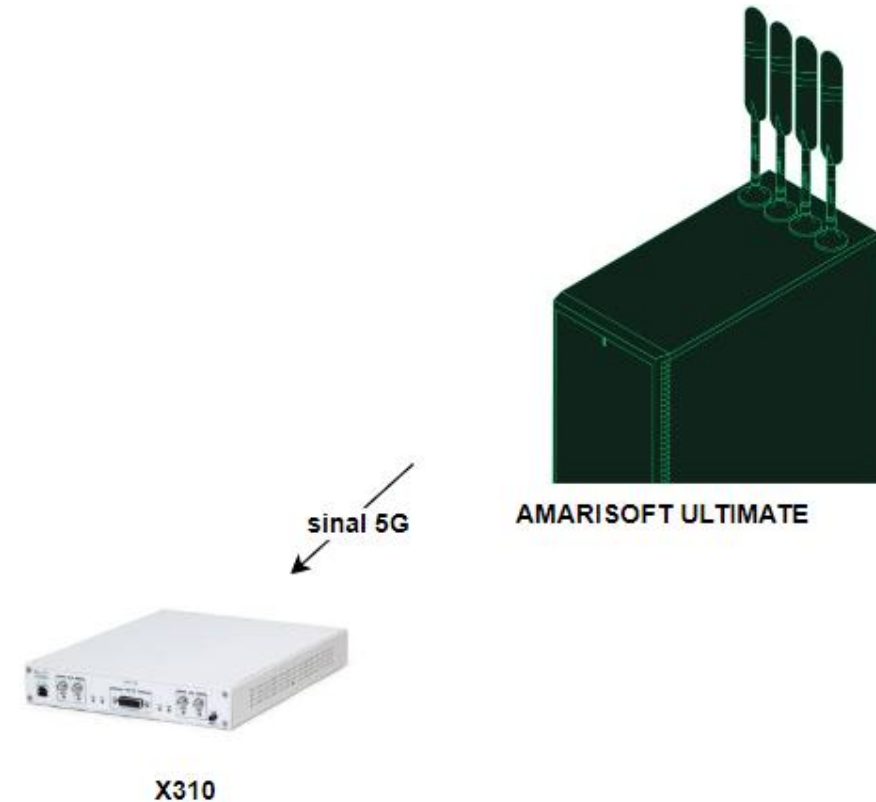


- **Opção 2:** Uso da Estação Amarisoft como gNodeB
 - Configurar a Amarisoft como um gNodeB privado.
 - Controlar a transmissão dos sinais SSB, DMRS e CSI-RS.
 - Capturar os sinais no USRP X310.
 - Processar o CSI utilizando scripts em Python ou MATLAB.
 - Vantagens:
 - Controle total da transmissão do CSI.
 - Pode configurar diferentes cenários para experimentação.
 - Permite testar múltiplas configurações de MIMO, largura de banda e frequência.
 - Desafios:
 - Requer configuração avançada do gNodeB e sincronização com o USRP.



Próximos Passos

1. Decidir o método de extração do CSI:
 - Captura passiva da rede comercial
 - Uso da Amarisoft Ultimate como gNodeB.
2. Configurar o USRP X310 para captura de sinal:
 - Definir frequência e largura de banda compatíveis.
 - Testar extração de CSI via srsRAN, GNU Radio ou OAI.
3. Definir o modelo de localização:
 - Testar fingerprinting (Hi-Loc/iPos-5G)
 - Explorar abordagem geométrica (TOA, AOA).
4. Realizar experimentos iniciais e coletar CSI.
5. Comparar resultados e validar a abordagem.





Cerise

CENTRO DE EXCELÊNCIA EM REDES INTELIGENTES
SEM FIO E SERVIÇOS AVANÇADOS - UFG

OBRIGADO

pfrancisco43@gmail.com

(62) 985440202

www.cerise.ufg.br