

EMC

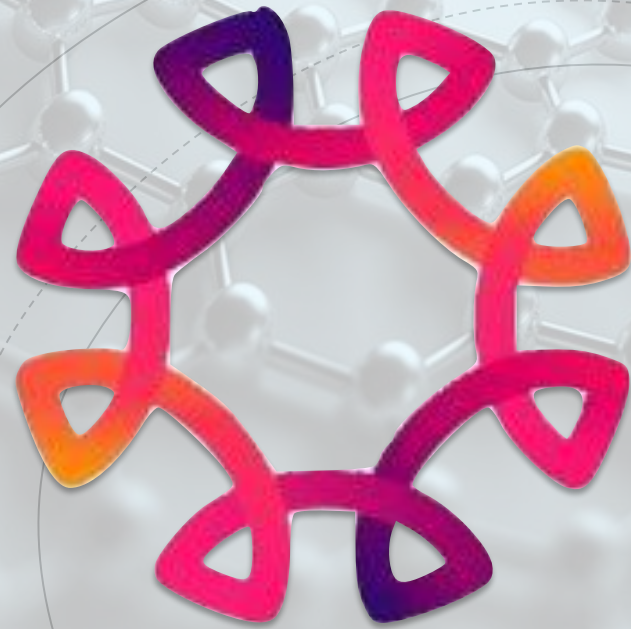
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA,
MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO



UFG
UNIVERSIDADE
FEDERAL DE GOIÁS



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás



Cerise

CENTRO DE EXCELÊNCIA EM REDES INTELIGENTES
SEM FIO E SERVIÇOS AVANÇADOS

6G: Cell -Free Massive MIMO

Grupo/Eixo Temático: 6G- Pesquisas Avançadas

Participante: André Almeida Souza Coelho

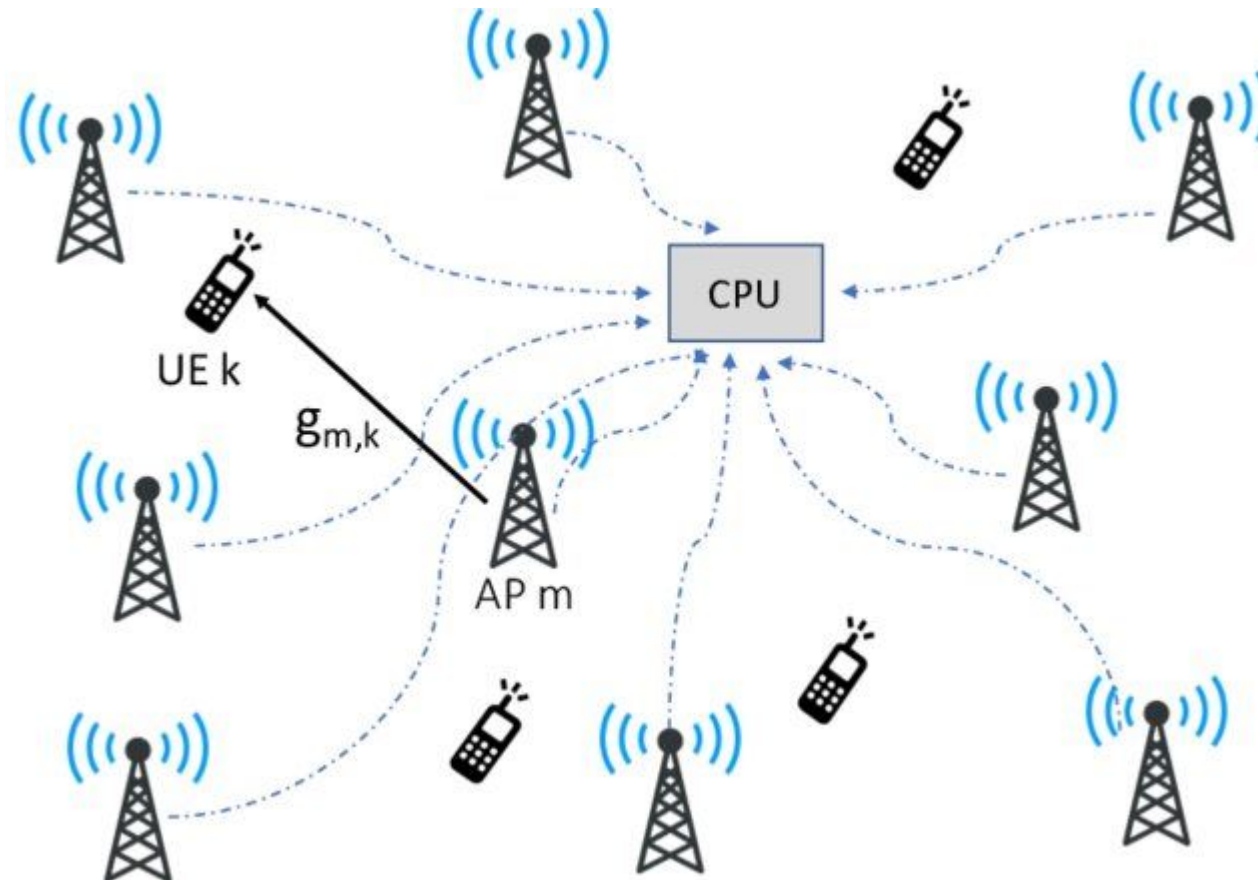
Coordenador do Grupo: Prof. Dr. Rodrigo P. Lemos

Sumário



- 1. Introdução**
- 2. IMT 2030**
- 3 Resumindo**
- 4 Pesquisas atuais**

Introdução



Introdução

- Idéia principal: permitir que muitos pontos de acesso distribuídos (*APS*) se comuniquem com todos os usuários da rede (*UEs*), usando o processamento coerente de sinal
- A idéia é implantar um grande número de pontos de acesso de antena distribuída (*APS*), que estão conectados a uma unidade central de processamento (*CPU*), também conhecida como processador de nuvem de borda ou rede de acesso de rádio em nuvem (*C-Ran*) *Data Center*
- Consideramos uma rede livre de células que consiste em K *UEs* e L *APs*, cada um equipado com N antenas, que são arbitrariamente distribuídas pela área de cobertura. Os *APs* estão conectados a uma *CPU* através de um Fronthaul

- $L \gg K$

$$\tau_c = \tau_p + \tau_u + \tau_d.$$

$$\mathbf{h}_{kl} \in \mathbb{C}^N$$

$$\mathbf{h}_k \sim \mathcal{N}_{\mathbb{C}}(\mathbf{0}, \mathbf{R}_k)$$

$$\mathbf{h}_k = [\mathbf{h}_{k1}^T \dots \mathbf{h}_{kL}^T]^T \in \mathbb{C}^M \quad M = NL$$

Introdução

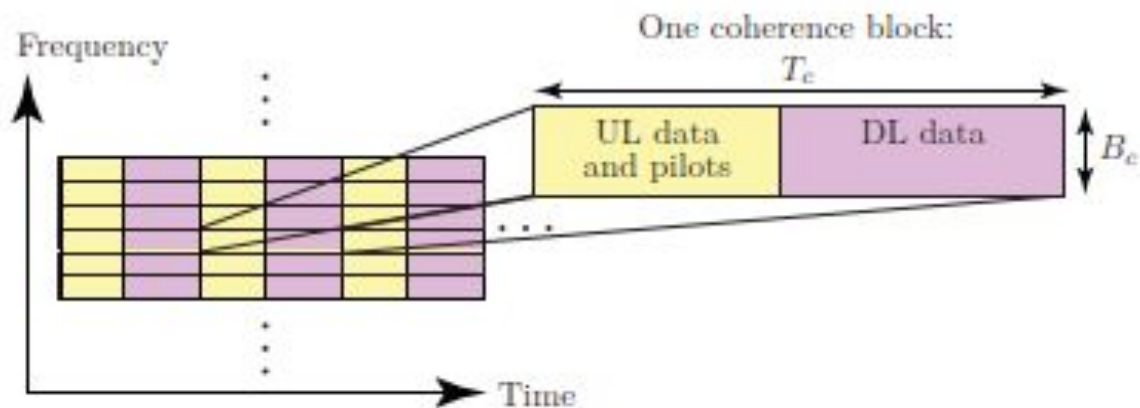
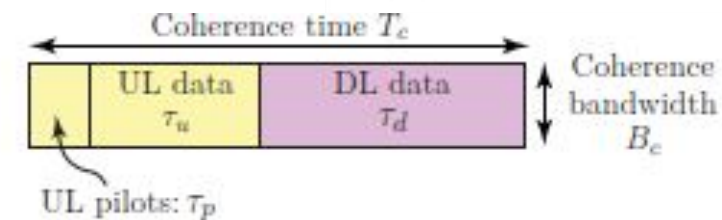
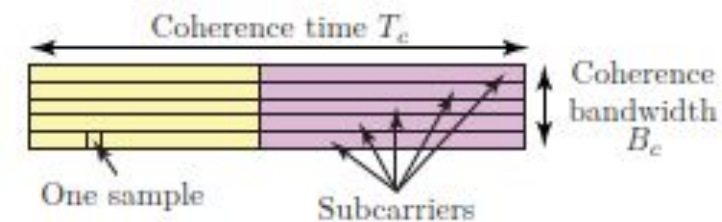


Figure 2.1: The TDD multicarrier modulation scheme of a canonical Massive MIMO network. The time-frequency plane is divided into coherence blocks in which each channel is time-invariant and frequency-flat.



(a) The samples are used for UL pilots, UL data, and DL data.



(b) The samples can belong to different subcarriers.

Figure 2.2: Each coherence block contains $\tau_c = B_c T_c$ complex-valued samples.

Introdução

- A distribuição gaussiana modela o desvanecimento de pequena escala
- A matriz de correlação semi-infinita positiva descreve o desvanecimento em larga escala, incluindo o *Path-Loss* geométrico, sombreamento, ganhos de antena e correlação do canal espacial \mathbf{R}_{kl}
- Assumimos que os vetores de canal de diferentes *APs* são independentemente distribuídos $\mathbb{E}\{\mathbf{h}_{kn}(\mathbf{h}_{kl})^H\} = \mathbf{0} \quad l \neq n.$

Introdução

- O canal coletivo do k -ésimo UE $\mathbf{h}_k \sim \mathcal{N}_{\mathbb{C}}(\mathbf{0}, \mathbf{R}_k)$

$$\mathbf{R}_k = \text{diag}(\mathbf{R}_{k1}, \dots, \mathbf{R}_{kL}) \in \mathbb{C}^{M \times M}$$

- As matrizes de correlação são assumidas como disponíveis

Tx de pilotos e Estimação de canais

- τ_p pilotos mutuamente ortogonais de comprimento τ_p
- $\mathcal{S}_t \subset \{1, \dots, K\}$: subconjunto de UEs designados a piloto t
- Sinal recebido no AP l após UEs transmitirem as pilotos:

$$\mathbf{y}_{tl}^{\text{pilot}} \in \mathbb{C}^N$$

$$\mathbf{y}_{tl}^{\text{pilot}} = \sum_{i \in \mathcal{S}_t} \sqrt{\tau_p p_i} \mathbf{h}_{il} + \mathbf{n}_{tl}$$

Tx de pilotos e Estimação de canais

- Canais estimados MMSE: $\hat{\mathbf{h}}_{kl} = \sqrt{p_k \tau_p} \mathbf{R}_{kl} \Psi_{tl}^{-1} \mathbf{y}_{tl}^{\text{pilot}}$
- $\Psi_{tl} = \mathbb{E}\{\mathbf{y}_{tl}^{\text{pilot}} (\mathbf{y}_{tl}^{\text{pilot}})^H\} = \sum_{i \in \mathcal{S}_t} \tau_p p_i \mathbf{R}_{il} + \sigma^2 \mathbf{I}_N$
- Contaminação Piloto:
 1. Reduz a qualidade da estimativa que torna transmissão coerente menos eficaz;
 2. As estimativas para $k \in \mathcal{S}_t$ tornam-se correlacionadas, o que leva a interferência adicional.(Interferência Coerente)

Tx de dados em UL e DL

- Sinal recebido no $AP\ l$: $\mathbf{y}_l^{\text{ul}} = \sum_{i=1}^K \mathbf{h}_{il} s_i + \mathbf{n}_l \quad \mathbf{y}_l^{\text{ul}} \in \mathbb{C}^N$
- $AP\ l$ seleciona o vetor $\mathbf{v}_{kl} \in \mathbb{C}^N$ e calcula $\mathbf{v}_{kl}^H \mathbf{y}_l^{\text{ul}}$ local:

$$\begin{aligned}\hat{s}_k &= \sum_{l=1}^L \mathbf{v}_{kl}^H \mathbf{y}_l^{\text{ul}} \\ &= \left(\sum_{l=1}^L \mathbf{v}_{kl}^H \mathbf{h}_{kl} \right) s_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K \left(\sum_{l=1}^L \mathbf{v}_{kl}^H \mathbf{h}_{il} \right) s_i + \sum_{l=1}^L \mathbf{v}_{kl}^H \mathbf{n}_l \\ &= \mathbf{v}_k^H \mathbf{h}_k s_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K \mathbf{v}_k^H \mathbf{h}_i s_i + \mathbf{v}_k^H \mathbf{n} \quad (6)\end{aligned}$$

Tx de dados em UL e DL

- No DL $AP\ l$: $\mathbf{w}_{il} \in \mathbb{C}^N$ precoder que o $AP\ l$ designa para o $UE\ i$

- O sinal recebido no $UE\ k$:

$$y_k^{\text{dl}} = \sum_{l=1}^L \mathbf{h}_{kl}^H \sum_{i=1}^K \mathbf{w}_{il} s_i + n_k = \mathbf{h}_k^H \sum_{i=1}^K \mathbf{w}_i s_i + n_k$$

- sinal de dados de potência unitária

$$s_i \in \mathbb{C}$$

$$\mathbf{w}_{il} = \sqrt{\rho_i} \frac{\hat{\mathbf{h}}_{il}}{\sqrt{\mathbb{E}\{\|\hat{\mathbf{h}}_{il}\|^2\}}}$$

- O modelo canônico Cell-Free não é escalável.
- Uma tecnologia de rede é escalável se $K \rightarrow \infty$.
- A definição de escalabilidade considerada mantém a complexidade computacional e os recursos de Fronthaul por AP Finitos com $k \rightarrow \infty$.

- Uma proposta de solução para Escalabilidade é o DCC(*Dynamic Cluster Cooperation*)
- $\mathbf{D}_{il} \in \mathbb{C}^{N \times N}$, for $i = 1, \dots, K$ and $l = 1, \dots, L$, é uma matriz diagonal que determina qual AP transmite para qual UE

Escalabilidade em *Cell-Free*

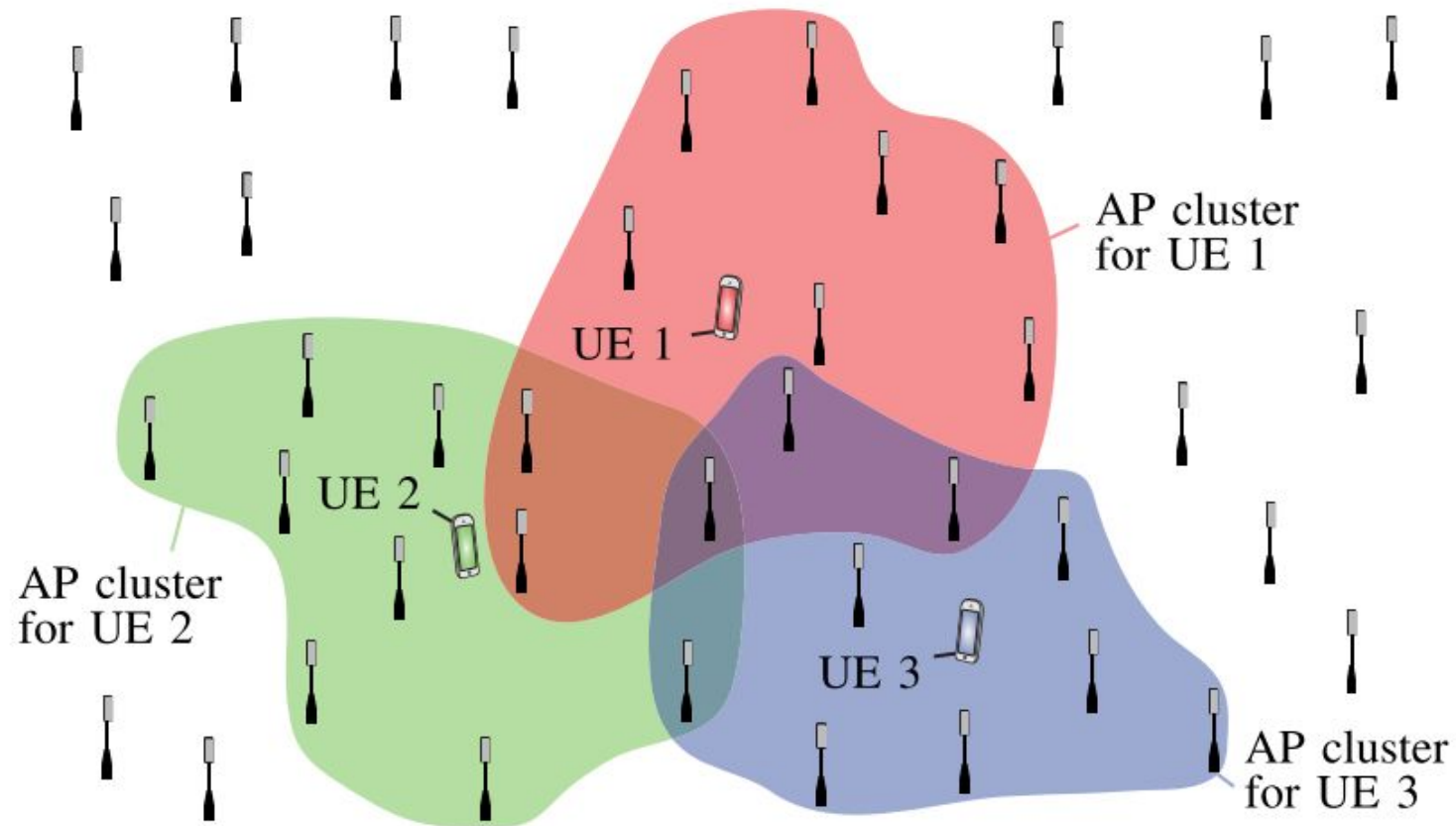


Fig. 2. Example of dynamic cooperation clusters for three UEs in a cell-free network with a large number of APs.

DCC Tx de dados em UL e DL

$$\hat{s}_k = \sum_{l=1}^L \mathbf{v}_{kl}^H \mathbf{D}_{kl} \mathbf{y}_l^{\text{ul}}$$

$$= \mathbf{v}_k^H \mathbf{D}_k \mathbf{h}_k s_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K \mathbf{v}_k^H \mathbf{D}_k \mathbf{h}_i s_i + \mathbf{v}_k^H \mathbf{D}_k \mathbf{n}$$

$$\mathbf{D}_k = \text{diag}(\mathbf{D}_{k1}, \dots, \mathbf{D}_{kL}) \in \mathbb{C}^{M \times M}$$

$$y_k^{\text{dl}} = \sum_{l=1}^L \mathbf{h}_{kl}^H \sum_{i=1}^K \mathbf{D}_{il} \mathbf{w}_i s_i + n_k = \mathbf{h}_k^H \sum_{i=1}^K \mathbf{D}_i \mathbf{w}_i s_i + n_k.$$

Definições para escalabilidade

- Definimos um conjunto de UEs servidos por pelo menos uma das antenas do AP l

$$\mathcal{D}_l = \left\{ i : \text{tr}(\mathbf{D}_{il}) \geq 1, i \in \{1, \dots, K\} \right\}.$$

- Cada AP serve no máximo τ_p UEs por piloto

$$|\mathcal{D}_l| \leq \tau_p$$

-

$$\mathbf{D}_{il} = \begin{cases} \mathbf{I}_N & i \in \mathcal{D}_l \\ \mathbf{0}_N & i \notin \mathcal{D}_l \end{cases}$$

Definições para escalabilidade

Step 1: The accessing UE measures $\beta_l = \text{tr}(\mathbf{R}_{(K+1)l})/N$ for all nearby APs by using the periodically broadcasted synchronization signals.⁴ Then, the UE appoints AP ℓ with

$$\ell = \arg \max_l \beta_l \quad (14)$$

as its Master AP. The UE also uses the broadcasted signal to synchronize to the AP. The UE contacts its Master AP via a standard random access procedure [42]–[44].

Definições para escalabilidade

Step 2: The appointed Master AP responds by assigning pilot τ to the UE, where

$$\tau = \arg \min_t \text{tr}(\Psi_{tl}) \quad (15)$$

with Ψ_{tl} given in (4). The computation only involves the existing K UEs and τ is the pilot where the Master AP observes the least pilot contamination. The Master AP informs a limited set of neighboring APs that it is going to serve UE $K + 1$ on pilot τ .

Step 3: Each of the neighboring AP decides if it will serve UE $K + 1$. The decision rule is to serve the UE if either the AP does not serve any UE on pilot τ or the new UE has a better channel than the UE it currently serves, in which case it switches serving to the new UE.

MUITO OBRIGADO!