

# ***Introduzione ad IEEE 802.11ay***

*Andrea Sghedoni, MATR. 0000736038, A.A. 2015/2016*

Corso di Sistemi e Reti Wireless

# INDICE

- Introduzione
- Casi d'uso
- Requisiti funzionali
- Channel Model
- Mobilità
- Tecnologia MIMO
- Conclusioni

# Cos'è IEEE 802.11ay ?

- Standard IEEE per Wireless LAN
- Estensione del preesistente standard 802.11ad
- Gruppo di lavoro Task Group ay
- Approvato nel Marzo 2015
- Presunta data di pubblicazione Dicembre 2019

# Obiettivi e caratteristiche

- Estendere ed integrare l'802.11ad rendendolo compatibile con nuovi scenari, ambienti di utilizzo e casi d'uso
- Permettere la comunicazione wireless utilizzando onde millimetriche (mmWave), con frequenze intorno ai 60GHz (Extra High Frequency)
- Gestire la mobilità delle stazioni coinvolte nella comunicazione
- Data rate elevati con target massimo sui 20 Gbps

# Caso d'uso 1 - Ultra Short Range Communication

- Comunicazione Ultra Short Range tra un chiosco ed un device portatile
- Comunicazione in Line-Of-Sight, minimizzando la probabilità di interferenza
- Goal principale:
  - Sincronizzare dati/files, reperire contenuti multimediali di diversi Gb, offerti dal chiosco, nell'ordine del secondo
- Data rate sui 10 Gbps, circa 10 volte maggiore rispetto all'802.11ad
- Esempi:
  - Stazioni, aeroporti, spazi pubblici

# Caso d'uso 1 - Ultra Short Range Communication



@ 70% MAC-App efficiency	Size	11ay Device	11ad Device
4K UHD movie	60 GB	1.1 min @ 10Gbps	11.4 min@1Gbps
HD movie	5 GB	5.7 sec @ 10Gbps	57.1 sec @ 1Gbps
SD movie	1.5 GB	1.7 sec @ 10Gbps	17.1 sec @ 1Gbps
Picture library	1 GB	1.1 sec @ 10Gbps	11.4 sec @ 1Gbps
4K movie trailer	1.2 GB	1.4 sec @ 10Gbps	13.7 sec @ 1Gbps
HD movie trailer	100 MB	0.1 sec @ 10Gbps	1.1 sec @ 1Gbps
E-magazine	250 MB	0.3 sec @ 10Gbps	2.8 sec @ 1Gbps

## Caso d'uso 2 - Distribuzione Video/Mass-Data

- Riproduzione simultanea di contenuti streaming su device client
- Numero importante di client posti in una sala conferenze/show room che mostrano contenuti streaming in simultanea
- APs sul soffitto per minimizzare le interferenze dato che la comunicazione non è più nell'ordine del centimetro



## Caso d'uso 3 - Mobile Offloading and MultiBand

- Considera device mobili con interfacce di rete 4G e più interfacce WiFi
- Considera device mobili con possibilità di fare switch tra tecnologie diverse
- Caso d'uso illustrato dai documenti ufficiali TG prevede un utente che, durante una videochiamata, entra nel range di un Hotspot 802.11ay
- Il device utente quindi dovrebbe accorgersi dell'Hotspot e fare switch nella tecnologia 802.11ay, portando all'utente benefici in QoS, QoE dei contenuti streaming, dato l'alto data rate offerto dallo standard
- Gestione della bassa mobilità (pedoni)



# Requisiti funzionali

- Dipende anche dal caso d'uso/ambiente in cui si intende utilizzare la tecnologia
- In linea di massima si richiede:
  - Banda di frequenza
    - 57 GHz - 64 GHz
  - Data rate
    - al più di 20Gbps (cercando di avvicinarsi sempre di più)
  - Retrocompatibilità con stazioni multigigabit 802.11ad e con gli altri standard preesistenti che operano nella banda di frequenza in questione
  - Range
    - sui 10 m indoor
    - almeno 100 m outdoor
  - Supporto degli ambienti outdoor
  - Supporto alla bassa mobilità

# Channel Model

- Si occupa di rappresentare ed analizzare il canale di comunicazione della tecnologia
- Necessità, in fase progettazione, di descrivere ed individuare le componenti di segnale utili che giungono alla stazione ricevente
- 802.11ad si basava su ray-tracing puro
- Il ray tracing non riesce a descrivere al meglio i contributi delle onde radio in ambiente indoor ampi ed ambienti outdoor
- Vi potrebbero essere contributi di onde radio, riflesse da oggetti presenti in modo aleatorio nell'ambiente che non vengono considerate dall'approccio deterministico

# Channel Model - approccio

- L'802.11ay utilizza un approccio ibrido, considerando simultaneamente componenti **deterministiche** ed **aleatorie**:
  - Componente deterministica → deriva dal ray tracing e dallo studio dell'ambiente
  - Componente stocastica → rappresenta fenomeni che non possono essere rappresentati a priori (ad esempio il passaggio di un'auto nell'ambiente o la presenza di oggetti non prevedibile a priori)
  - Componente empirica → rilevazioni e testing di invio/ricezioni radio nell'ambiente considerato

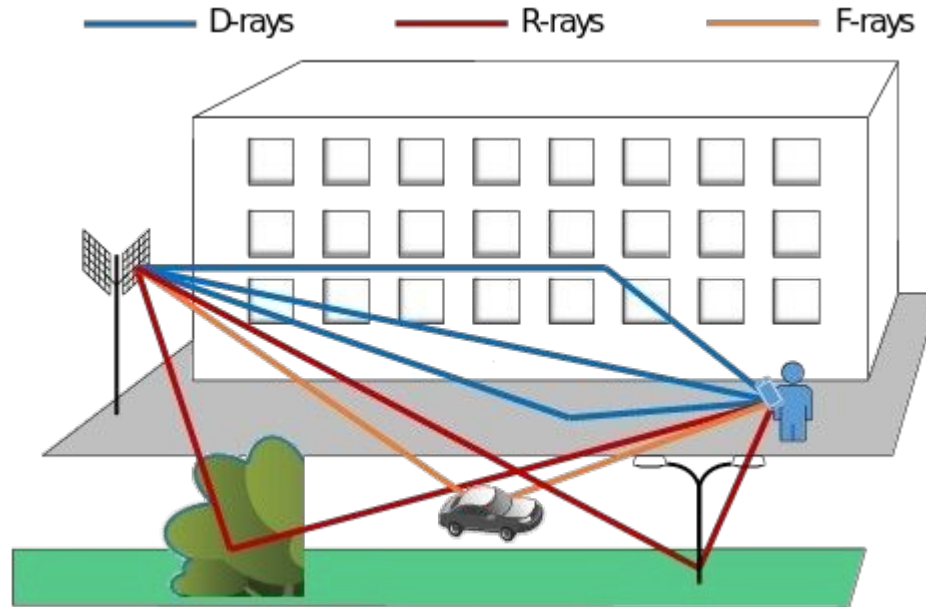
# Channel Model - Quasi-Deterministic Approach(1)

- Modello descritto prende il nome di *Quasi-Deterministic Approach*, dove la quantità di segnale utile sulla stazione ricevente può essere interpretata come l'aggregazione di 3 tipi di raggio:
  - **Raggi D**
    - Componente deterministica e raggi che danno il maggior contributo al segnale in arrivo
    - Determinati a priori nell'ambiente in cui si utilizza l'802.11ay
    - Raggi diretti in LOS tra TX e RX
    - raggi riflessi di primo/secondo ordine da oggetti considerati costanti nell'ambiente (es il suolo)

# Channel Model - Quasi-Deterministic Approach(2)

- **Raggi R**
  - Componente stocastica
  - Raggi riflessi da oggetti non considerabili deterministicamente a priori, dipendenti dall'ambiente in cui si va ad operare
- **Raggi F**
  - Componente stocastica
  - Introdotti per ambienti dinamici
  - Componente che rappresenta raggi riflessi
  - Possono portare contributi importanti di segnale al RX
  - Considerati per un  $\Delta t$  limitato

# Channel Model - Quasi-Deterministic Approach(3)



# La mobilità

- Fondamentale importanza se si vuole adottare lo standard con device mobili in ambienti outdoor
- Movimento della stazione RX → Effetto Doppler
- Questo, combinato con i ritardi degli echi sulla stazione ricevente produce uno scostamento di fase e variazione di ampiezza che può portare ad ISI
- Si considera un'esperienza che paragona la configurazione di un canale IEEE 802.11ad con i parametri tipici di un canale mmWave

# Parametri

- **Delay spread ( $T_s$ )**
  - ritardo degli echi dovuto alla propagazione multipath
- **Banda di coerenza ( $B_c$ )**
  - massima separazione in freq per cui due sinusoidi possono ancora essere correlate in ampiezza, avendo subito attenuazione e sfasamento simili
  - $B_c = 1/T_s$
- **Doppler Spread ( $B_d$ )**
  - scostamento massimo in frequenza causato dall'effetto Doppler
  - $B_d = f_c (\Delta_v) / c$

IEEE 802.11ad system parameters		Millimeter-wave channel parameters	
Sample duration	0.3-0.5 ns	Delay spread	3-5 ns
Bandwidth	2160 MHz	Coherence bandwidth	200-350 MHz
Symbol duration	242 ns / 328 ns	Doppler frequency	170 – 6700 Hz
Frame Duration	0.1-0.7 ms	Channel coherence time	0.15 – 6 ms

- **Tempo coerenza canale ( $T_c$ )**
  - tempo entro il quale i segnali subiscono lo stesso tipo di fading
  - $T_c = 1/B_d$



# Considerazioni(1)

- Considerando il canale mmWave in ambiente outdoor:
  - RX con velocità pari a 3 km/h
    - Doppler Spread  $B_d$  170 Hz
    - tempo di coerenza  $T_c$  6ms
  - RX con velocità 120 km/h
    - Doppler Spread  $B_d$  6700 Hz
    - tempo di coerenza canale  $T_c$  0.15ms

→ All'aumentare della velocità RX diminuisce il  $T_c$  portando a fenomeni di fading temporale

# Considerazioni(2)

- Considerando il canale 802.11ad:
  - Banda 11ad (2160 MHz) >>> Banda di coerenza  $B_c$  ( $\sim 300$  MHz)
  - Sistema a banda larga

→ Rischio di introdurre ISI e distorsione del segnale in ricezione

Lo Standard 802.11ay dovrà trovare il giusto trade-off per non introdurre ISI e fading temporale nelle proprie trasmissioni

# Tecnologia MIMO

- 802.11ad utilizza prevalentemente la tecnologia SISO
- Tecnologia MIMO:
  - utilizzare sistemi di multi antenne sulla stazioni riceventi e trasmittenti per aumentare la capacità del canale trasmissivo
  - Questo permette agli array multi antenna di comprendere più simboli in simultanea, aumentando di conseguenza il numero di bit in ricezione
  - Sottoclassi:
    - SU-MIMO → La comunicazione rimane 1:1 tra TX e RX
    - MU-MIMO → Stream dati in simultanea per la comunicazione con più utenti riceventi

# Beamforming

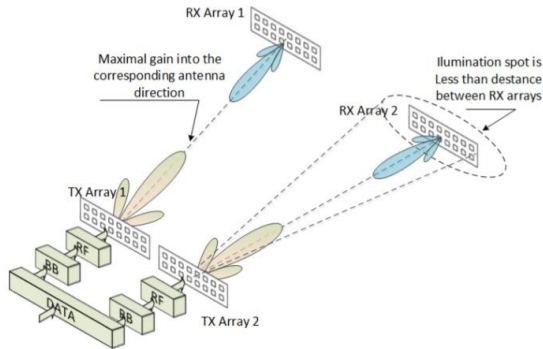
- tecnica per potenziare il segnale in ricezione, direzionando lato trasmittente la propagazione verso la direzione RX
- rispetto all'antenna omnidirezionale cerca di indirizzare il segnale verso dispositivi target, identificati come riceventi
- funziona bene per le brevi distanze, ottenendo un buon rapporto segnale utile/rumore
- Utilizzo di Phased-Array Antenna, direzionando il lobo principale con maggior guadagno verso una antenna RX

# Tecniche MIMO

- Per ottenere tutti i benefici che il MIMO si prefigge:

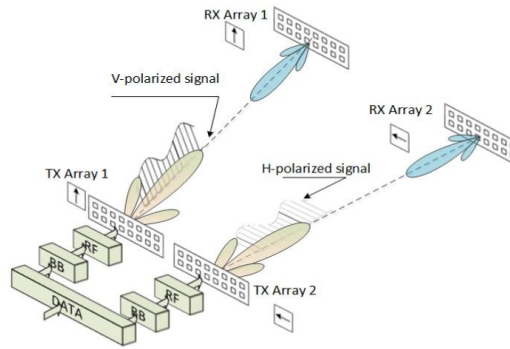
## 1. Separazione spaziale

- Predisporre gli array ad una giusta distanza tra loro per evitare interferenze



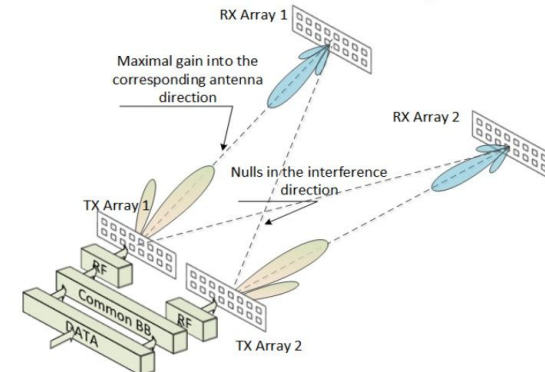
## 2. Separazione polarizzazione

- Polarizzare nella stessa maniera array che si intendono far comunicare, ed in maniera diversa dagli altri



## 3. Hybrid beamforming

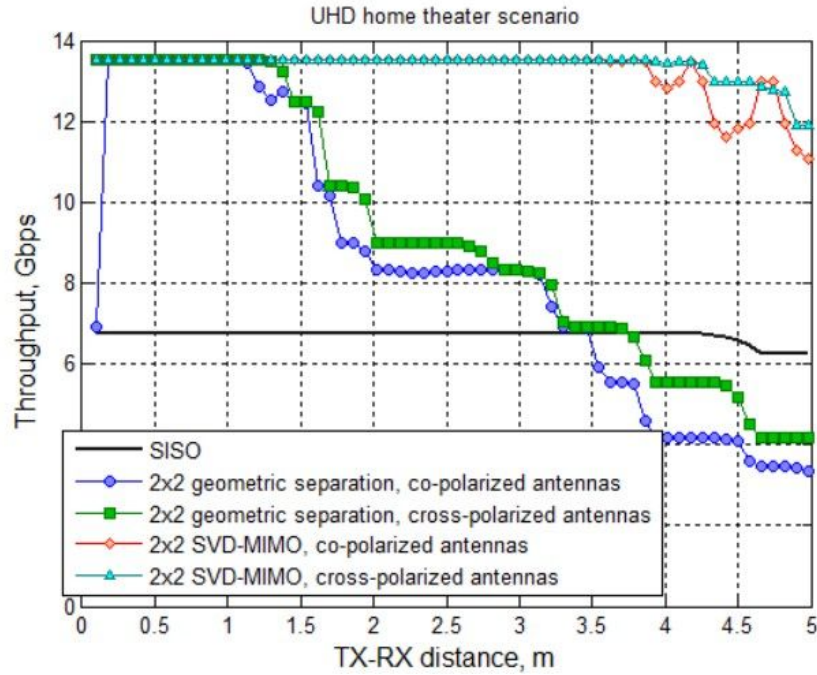
- Gli array cercano di non propagare segnale in eventuali direzioni di interferenza



# Esperienza

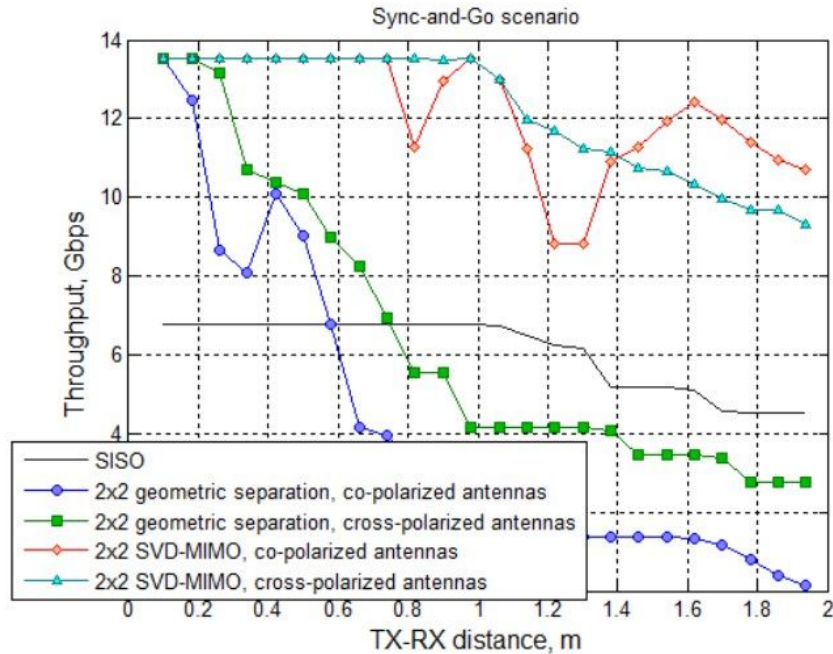
- **Casi d'uso:**
  - Home theater
  - Sync-and-Go
- **Antenne PAA:**
  - 1x4 elementi smartphone
  - 1x8 Laptop e TV
- **Obiettivo:**
  - Mostrare differenze di performance ed eventuali benefici della tecnologia MIMO, comparandola con la tecnologia SISO, variando inoltre le tecniche viste nella slide precedente

# Risultati Home Theater



- Nei primi 1,5 m il throughput (**14 Gbps**) è completamente raddoppiato rispetto al SISO (**7 Gbps**)
- Dai 3,5 m il SISO diventa più performante del semplice MIMO, mentre il MIMO Hybrid beamformed continua su prestazioni elevate

# Risultati Sync-and-Go



- Andamento simile al caso precedente, con semplice MIMO più performante sotto gli 0,5 m
- MIMO Hybrid beamformed continua su prestazioni elevate per le distanze considerate
- Le distanze sono minori a causa dei requisiti del caso d'uso e del minor numero di elementi negli array PAA dello smartphone



# Conclusioni

- Introduzione all'802.11ay definendo Casi d'uso, requisiti funzionali e Channel Model
- Quasi-Deterministic Approach introducendo aleatorietà per ambienti dinamici
- Si prefigge il goal di lavorare su frequenze dei 60GHz con data rate sui 15-20 Gbps
- Necessità di gestione della mobilità dei device, evitando di introdurre ISI e fading temporale nelle comunicazioni
- Adottare tecnologia MIMO in maniera che porti benefici
- Fine lavori previsti nel dicembre 2019

# Bibliografia

- [1] Task Group IEEE 802.11ay, “**Standard IEEE 802.11ay**”, [http://www.ieee802.org/11/Reports/tgay\\_update.htm](http://www.ieee802.org/11/Reports/tgay_update.htm), Mar. 2015 –In corso
  - Documenti della Tgay:
    - *Usage model*
    - *Functional requirements*
    - *Channel model*
- [2] A.Maltsev, A.Sadri, C.Cordeiro, A.Pudeyev, “**Practical LOS MIMO Technique for Short-Range Millimeter-Wave systems**”, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7324501/> , Nov. 2015
- [3] A.Maltsev, I.Bolotin, A.Lomayev, A.Pudeyev, “**User Mobility Impact on Millimeter-Wave System Performance**”, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7481505/> , Apr. 2016
- [4] A.Maltsev, I.Bolotin, A.Lomayev, A.Pudeyev, “**Channel modeling in the next generation mmWave Wi-Fi: IEEE 802.11ay standard**”, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7499315/> ,  
Giu.2016