**1. Received Signal Strength (RSS) Calculation - Free Space Path Loss Model**

**🔹 তত্ত্ব (Theory):**

* **Received Signal Strength (RSS)** হলো রিসিভারে পাঠানো সংকেতের শক্তি, যা সাধারণত dBm এককে পরিমাপ করা হয়।
* **Free Space Path Loss (FSPL)** মডেল এমন একটি আদর্শ মডেল, যা মুক্ত বাতাসে সংকেতের শক্তি কতটুকু ক্ষয় হয় তা হিসাব করতে ব্যবহৃত হয়।

**🔹 সূত্র:**

**🔹 মুখ্য উপাদান ও কোড:**

* Pt = পাঠানো শক্তি (Transmit power)
* f = ফ্রিকোয়েন্সি (MHz)
* d = দূরত্ব (m)
* Output: RSS (dBm-এ)

**🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:**

1. **RSS বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: RSS (Received Signal Strength) হলো রিসিভার অ্যান্টেনায় প্রাপ্ত সংকেতের শক্তি। এটি সাধারণত dBm এককে প্রকাশ করা হয়।
2. **RSS-এর ওপর কী কী বিষয় প্রভাব ফেলে?** ▶️ উত্তর: দূরত্ব, ফ্রিকোয়েন্সি, বাধা বা প্রতিবন্ধকতা (যেমন দেয়াল), পরিবেশ, অ্যান্টেনার উচ্চতা ও গেইন, এবং প্রতিফলন ইত্যাদি।
3. **FSPL মডেল কবে ব্যবহার করা হয়?** ▶️ উত্তর: যখন কোনো প্রতিবন্ধকতা ছাড়াই মুক্ত বাতাসে সংকেত প্রেরণ ও গ্রহণ হয় (Line-of-Sight), তখন FSPL মডেল ব্যবহার করা হয়।
4. **32.44 এই মানটি কেন ব্যবহার করা হয়েছে?** ▶️ উত্তর: এটি একটি ধ্রুবক যা MHz ও কিলোমিটার এককের জন্য সূত্রটিকে উপযুক্ত করে তোলে।
5. **RSS-এর একক কী?** ▶️ উত্তর: RSS এর একক হলো dBm (ডেসিবেল মিলিওয়াট)।
6. **RSS বেশি ভালো মানে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: RSS বেশি মানে সংকেত শক্তিশালী, নেটওয়ার্ক ভালো। সাধারণত -30 dBm অনেক ভালো, আর -100 dBm অনেক দুর্বল সংকেত।
7. **RSS কিসে ব্যবহৃত হয়?** ▶️ উত্তর: নেটওয়ার্ক কভারেজ নির্ধারণ, মোবাইল পজিশনিং, হ্যান্ডঅফ সিদ্ধান্ত, ওয়্যারলেস ডিজাইন ইত্যাদিতে।

**✅ 2. Frequency Modulation (FM)**

**🔹 তত্ত্ব (Theory):**

* Frequency Modulation (FM) একটি মডুলেশন পদ্ধতি, যেখানে মডুলেটিং সংকেতের মান অনুযায়ী ক্যারিয়ার সংকেতের ফ্রিকোয়েন্সি পরিবর্তিত হয়।

**🔹 সূত্র:**

**🔹 মুখ্য উপাদান ও কোড:**

* fm = মডুলেটিং সংকেতের ফ্রিকোয়েন্সি
* fc = ক্যারিয়ার ফ্রিকোয়েন্সি
* b = ফ্রিকোয়েন্সি বিচ্যুতি (frequency deviation)
* x = মডুলেটিং সংকেত
* y = ক্যারিয়ার সংকেত
* z = FM সংকেত

**🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:**

1. **Frequency Modulation বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: এটি এমন একটি মডুলেশন পদ্ধতি, যেখানে ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফ্রিকোয়েন্সি মেসেজ সিগন্যাল অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়।
2. **FM কেন AM এর চেয়ে ভালো?** ▶️ উত্তর: কারণ FM-এ শব্দ (noise) কম থাকে এবং সংকেতের গুণমান বেশি থাকে। এটি ভালো অডিও কোয়ালিটি প্রদান করে।
3. **Frequency deviation বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: ক্যারিয়ার ফ্রিকোয়েন্সি মূল মান থেকে যতটা পরিবর্তিত হয়, সেটাই frequency deviation।
4. **Modulation index কী?** ▶️ উত্তর: Modulation index = frequency deviation ÷ modulating frequency। এটি নির্ধারণ করে সংকেত কতটা পরিবর্তিত হবে।
5. **FM-এর ব্যবহার কোথায় হয়?** ▶️ উত্তর: FM রেডিও, রাডার, স্যাটেলাইট, টেলিমেট্রি, এবং মোবাইল কমিউনিকেশন ইত্যাদিতে।
6. **FM signal-এর bandwidth বেশি কেন?** ▶️ উত্তর: কারণ FM-এ ফ্রিকোয়েন্সির পরিবর্তন বেশি হয়, তাই এটি বেশি bandwidth ব্যবহার করে।

**3.🔹 Grade of Service (GoS) কী?**

**Grade of Service (GoS)** হলো একটি পরিমাণ যা বলে **ব্যস্ত সময়ে (Busy Hour)**—  
কত শতাংশ কল **ব্যর্থ (fail)** হয়েছে কারণ সিস্টেমে পর্যাপ্ত চ্যানেল ছিল না।

👉 এটি নেটওয়ার্কের **সার্ভিস কোয়ালিটি** বোঝার একটি পদ্ধতি।

🔸 Lost Calls = যে সব কল ব্যর্থ হয়েছে (চ্যানেল না পাওয়ায়)  
🔸 Offered Calls = Lost + Carried calls

**🔹 বাস্তব উদাহরণ:**

ধরুন ১ ঘণ্টায় ১০টি কল ব্যর্থ হয়েছে এবং ৩৮০টি সফল হয়েছে।

তাহলে,

* Total calls = 10 + 380 = 390
* GoS = 10 / 390 = 0.0256 (অর্থাৎ 2.56%)

**🔹 GoS থেকে আমরা কী বুঝি?**

* GoS বেশি = অনেক কল ব্যর্থ, খারাপ নেটওয়ার্ক
* GoS কম = ভালো নেটওয়ার্ক, কম কল ড্রপ

✅ আদর্শ GoS মান: **≤ 2%**

**🔹 Viva প্রশ্ন ও উত্তর (বাংলায়):**

1. **Grade of Service বলতে কী বোঝায়?**  
   ▶️ এটা হলো এমন একটি সূচক যা দেখায়—ব্যস্ত সময়ে কত শতাংশ কল ব্যর্থ হয়েছে।
2. **GoS কোথায় ব্যবহৃত হয়?**  
   ▶️ মোবাইল কোম্পানি, টেলিকম ইঞ্জিনিয়ার, নেটওয়ার্ক ডিজাইনাররা এটা ব্যবহার করেন সার্ভিস প্ল্যানিংয়ের জন্য।
3. **GoS বেশি হলে কী বোঝায়?**  
   ▶️ কল ড্রপ বেশি, গ্রাহকের অভিজ্ঞতা খারাপ।
4. **GoS কম হলে কী বোঝায়?**  
   ▶️ সিস্টেম ভালোভাবে কাজ করছে, কল রিসিভ করার সক্ষমতা ভালো।
5. **Acceptable GoS মান কত হওয়া উচিত?**  
   ▶️ সাধারণত 2% বা তার কম।

### 🔹 কেন Acceptable GoS মান 2% বা তার কম?

#### ✅ 1. ****কাস্টমারের দৃষ্টিকোণ থেকে:****

* যদি ১০০ জন গ্রাহকের মধ্যে ২ জনের কল ব্যর্থ হয়, তাহলে এটি এখনো **সহনীয়**।
* বেশি হলে গ্রাহক মনে করেন যে **নেটওয়ার্ক খারাপ**, এবং তারা অসন্তুষ্ট হন।

#### ✅ 2. ****নেটওয়ার্ক কোম্পানির দৃষ্টিকোণ থেকে:****

* GoS যদি 0% করতে হয়, তাহলে প্রতিটি সম্ভাব্য কলের জন্য আলাদা চ্যানেল রাখতে হবে — যা **অর্থনৈতিকভাবে ব্যয়বহুল ও বাস্তবসম্মত নয়**।
* তাই ২% রাখা হয় যাতে গ্রাহক খুশি থাকেন এবং অপারেটরের খরচও সীমিত থাকে।

#### ✅ 3. ****আন্তর্জাতিক মান (ITU) অনুযায়ী:****

* আন্তর্জাতিক টেলিকমিউনিকেশন ইউনিয়ন (ITU) বলে যে Acceptable GoS value during busy hour should be ≤ 2%.

### ✅ Grade of Service (GoS) – Unit ব্যাখ্যা

#### 🔹 GoS-এর একক (Unit):

* **GoS-এর কোনো একক (unit) নেই**। এটি একটি **dimensionless ratio বা অনুপাত**, যেটি শতকরা হারে বা দশমিক রূপে প্রকাশ করা হয়।

#### 🔸 উদাহরণ:

* GoS = 0.02 → অর্থাৎ ২% কল ব্যর্থ হয়েছে
* GoS = 0.005 → ০.৫% কল ব্যর্থ হয়েছে

#### 🔹 কেন unit থাকে না?

* কারণ এটি **দুইটি সংখ্যার অনুপাত**: (Lost Calls ÷ Offered Calls)
* যেহেতু উভয় সংখ্যার একক (number of calls) এক, তাই GoS-এর আলাদা কোনো একক হয় না।

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **GoS-এর একক কী?** ▶️ উত্তর: GoS-এর কোনো একক নেই। এটি একটি অনুপাত বা percentage।
2. **GoS কীভাবে প্রকাশ করা হয়?** ▶️ উত্তর: দশমিক রূপে (যেমন 0.02) বা শতকরা রূপে (যেমন 2%)।
3. **GoS-এর মান কী কখনো ১ বা তার বেশি হতে পারে?** ▶️ উত্তর: না। GoS সর্বোচ্চ ১ হতে পারে (যদি সব কল ব্যর্থ হয়), তবে সাধারণত তা ০.০২ বা তার নিচে রাখা হয়।

### ✅ 1. Received Signal Strength (RSS) Calculation - Free Space Path Loss Model

#### 🔹 তত্ত্ব (Theory):

* **Received Signal Strength (RSS)** হলো রিসিভারে পাঠানো সংকেতের শক্তি, যা সাধারণত dBm এককে পরিমাপ করা হয়।
* **Free Space Path Loss (FSPL)** মডেল এমন একটি আদর্শ মডেল, যা মুক্ত বাতাসে সংকেতের শক্তি কতটুকু ক্ষয় হয় তা হিসাব করতে ব্যবহৃত হয়।

#### 🔹 সূত্র:

#### 🔹 মুখ্য উপাদান ও কোড:

* Pt = পাঠানো শক্তি (Transmit power)
* f = ফ্রিকোয়েন্সি (MHz)
* d = দূরত্ব (m)
* Output: RSS (dBm-এ)

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **RSS বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: RSS (Received Signal Strength) হলো রিসিভার অ্যান্টেনায় প্রাপ্ত সংকেতের শক্তি। এটি সাধারণত dBm এককে প্রকাশ করা হয়।
2. **RSS-এর ওপর কী কী বিষয় প্রভাব ফেলে?** ▶️ উত্তর: দূরত্ব, ফ্রিকোয়েন্সি, বাধা বা প্রতিবন্ধকতা (যেমন দেয়াল), পরিবেশ, অ্যান্টেনার উচ্চতা ও গেইন, এবং প্রতিফলন ইত্যাদি।
3. **FSPL মডেল কবে ব্যবহার করা হয়?** ▶️ উত্তর: যখন কোনো প্রতিবন্ধকতা ছাড়াই মুক্ত বাতাসে সংকেত প্রেরণ ও গ্রহণ হয় (Line-of-Sight), তখন FSPL মডেল ব্যবহার করা হয়।
4. **32.44 এই মানটি কেন ব্যবহার করা হয়েছে?** ▶️ উত্তর: এটি একটি ধ্রুবক যা MHz ও কিলোমিটার এককের জন্য সূত্রটিকে উপযুক্ত করে তোলে।
5. **RSS-এর একক কী?** ▶️ উত্তর: RSS এর একক হলো dBm (ডেসিবেল মিলিওয়াট)।
6. **RSS বেশি ভালো মানে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: RSS বেশি মানে সংকেত শক্তিশালী, নেটওয়ার্ক ভালো। সাধারণত -30 dBm অনেক ভালো, আর -100 dBm অনেক দুর্বল সংকেত।
7. **RSS কিসে ব্যবহৃত হয়?** ▶️ উত্তর: নেটওয়ার্ক কভারেজ নির্ধারণ, মোবাইল পজিশনিং, হ্যান্ডঅফ সিদ্ধান্ত, ওয়্যারলেস ডিজাইন ইত্যাদিতে।

### ✅ 2. Frequency Modulation (FM)

#### 🔹 তত্ত্ব (Theory):

* Frequency Modulation (FM) একটি মডুলেশন পদ্ধতি, যেখানে মডুলেটিং সংকেতের মান অনুযায়ী ক্যারিয়ার সংকেতের ফ্রিকোয়েন্সি পরিবর্তিত হয়।

#### 🔹 সূত্র:

#### 🔹 মুখ্য উপাদান ও কোড:

* fm = মডুলেটিং সংকেতের ফ্রিকোয়েন্সি
* fc = ক্যারিয়ার ফ্রিকোয়েন্সি
* b = ফ্রিকোয়েন্সি বিচ্যুতি (frequency deviation)
* x = মডুলেটিং সংকেত
* y = ক্যারিয়ার সংকেত
* z = FM সংকেত

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **Frequency Modulation বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: এটি এমন একটি মডুলেশন পদ্ধতি, যেখানে ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফ্রিকোয়েন্সি মেসেজ সিগন্যাল অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়।
2. **FM কেন AM এর চেয়ে ভালো?** ▶️ উত্তর: কারণ FM-এ শব্দ (noise) কম থাকে এবং সংকেতের গুণমান বেশি থাকে। এটি ভালো অডিও কোয়ালিটি প্রদান করে।
3. **Frequency deviation বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: ক্যারিয়ার ফ্রিকোয়েন্সি মূল মান থেকে যতটা পরিবর্তিত হয়, সেটাই frequency deviation।
4. **Modulation index কী?** ▶️ উত্তর: Modulation index = frequency deviation ÷ modulating frequency। এটি নির্ধারণ করে সংকেত কতটা পরিবর্তিত হবে।
5. **FM-এর ব্যবহার কোথায় হয়?** ▶️ উত্তর: FM রেডিও, রাডার, স্যাটেলাইট, টেলিমেট্রি, এবং মোবাইল কমিউনিকেশন ইত্যাদিতে।
6. **FM signal-এর bandwidth বেশি কেন?** ▶️ উত্তর: কারণ FM-এ ফ্রিকোয়েন্সির পরিবর্তন বেশি হয়, তাই এটি বেশি bandwidth ব্যবহার করে।

### ✅ 3. Grade of Service (GoS) – Unit ব্যাখ্যা

#### 🔹 GoS-এর একক (Unit):

* **GoS-এর কোনো একক (unit) নেই**। এটি একটি **dimensionless ratio বা অনুপাত**, যেটি শতকরা হারে বা দশমিক রূপে প্রকাশ করা হয়।

#### 🔸 উদাহরণ:

* GoS = 0.02 → অর্থাৎ ২% কল ব্যর্থ হয়েছে
* GoS = 0.005 → ০.৫% কল ব্যর্থ হয়েছে

#### 🔹 কেন unit থাকে না?

* কারণ এটি **দুইটি সংখ্যার অনুপাত**: (Lost Calls ÷ Offered Calls)
* যেহেতু উভয় সংখ্যার একক (number of calls) এক, তাই GoS-এর আলাদা কোনো একক হয় না।

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **GoS-এর একক কী?** ▶️ উত্তর: GoS-এর কোনো একক নেই। এটি একটি অনুপাত বা percentage।
2. **GoS কীভাবে প্রকাশ করা হয়?** ▶️ উত্তর: দশমিক রূপে (যেমন 0.02) বা শতকরা রূপে (যেমন 2%)।
3. **GoS-এর মান কী কখনো ১ বা তার বেশি হতে পারে?** ▶️ উত্তর: না। GoS সর্বোচ্চ ১ হতে পারে (যদি সব কল ব্যর্থ হয়), তবে সাধারণত তা ০.০২ বা তার নিচে রাখা হয়।

### ✅ 4. Okumura Model – Median Path Loss Calculation

#### 🔹 তত্ত্ব (Theory):

* **Okumura Model** একটি বাস্তবভিত্তিক রেডিও প্রপাগেশন মডেল, যা শহর এলাকায় রেডিও সিগন্যালের ক্ষয় (path loss) গণনায় ব্যবহৃত হয়।
* এটি মূলত 150 MHz থেকে 1920 MHz ফ্রিকোয়েন্সির মধ্যে কার্যকর এবং 1-100 কিমি দূরত্বের মধ্যে প্রযোজ্য।
* এই মডেলটি বাস্তব রেডিও পরিমাপের ভিত্তিতে তৈরি এবং এটি একটি বেস স্টেশন ও মোবাইল স্টেশনের মধ্যে যোগাযোগের ক্ষয় হিসাব করে।

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **Okumura Model কী?** ▶️ উত্তর: এটি একটি শহরভিত্তিক রেডিও প্রপাগেশন মডেল যা বাস্তব রেডিও পরিমাপের ভিত্তিতে তৈরি।
2. **এই মডেল কোন ফ্রিকোয়েন্সি ও দূরত্বে কার্যকর?** ▶️ উত্তর: 150 MHz থেকে 1920 MHz ফ্রিকোয়েন্সি এবং 1 থেকে 100 কিমি দূরত্বে।
3. **Okumura Model-এ কী কী উপাদান লাগে?** ▶️ উত্তর: Free space loss, median attenuation, মোবাইল ও বেস স্টেশনের অ্যান্টেনা গেইন, এবং correction factor।
4. **Median attenuation কী?** ▶️ উত্তর: এটি হলো বাস্তব পরিবেশে রেডিও তরঙ্গের অতিরিক্ত ক্ষয়, যা ফ্রি স্পেস লসের সঙ্গে যোগ হয়।
5. **Okumura Model-এর সীমাবদ্ধতা কী?** ▶️ উত্তর: এটি শুধুমাত্র শহর অঞ্চলে কার্যকর এবং একে উন্নত করার জন্য Hata Model তৈরি করা হয়েছে।

## **কেন Okumura Model ব্যবহার করা হয়?**

### 🔹 1. ****বাস্তব পরিস্থিতির ঘনিষ্ঠ মডেল:****

Okumura Model বাস্তব রেডিও পরিবেশে করা বহু পরীক্ষার ফলাফলের ভিত্তিতে তৈরি। তাই এটি বাস্তব পরিস্থিতির সঙ্গে অনেক বেশি মিল খায়।

📍 উদাহরণ: বড় শহরের ভবনের প্রতিফলন, ছায়া, বাধা ইত্যাদি — সবকিছু এই মডেল ধরতে পারে।

### 🔹 2. ****Line-of-Sight না থাকলেও কার্যকর:****

FSPL (Free Space Path Loss) শুধু সরাসরি (Line-of-Sight) সংযোগের জন্য কাজ করে।  
কিন্তু **Okumura Model** শহরের ভিতরে ভবনের কারণে সিগন্যাল বাউন্স করলে বা ব্লক হলে তার ক্ষয়ও হিসাব করতে পারে।

### 🔹 3. ****বিস্তৃত ফ্রিকোয়েন্সি ও দূরত্বে কাজ করে:****

* Frequency: **150 MHz থেকে 1920 MHz**
* Distance: **1 থেকে 100 কিমি**

📶 এর মানে — এটি মোবাইল কমিউনিকেশন, রেডিও টাওয়ার, বা শহরভিত্তিক ওয়্যারলেস প্ল্যানিংয়ের জন্য আদর্শ।

### 🔹 4. ****নেটওয়ার্ক ডিজাইন ও কভারেজ প্ল্যানিংয়ে ব্যবহৃত হয়:****

মোবাইল কোম্পানিগুলো শহরের জন্য কতটি টাওয়ার লাগবে, সিগন্যাল কোথায় দুর্বল হবে—তা নির্ধারণে এই মডেল ব্যবহার করে।

### 🔹 সংক্ষেপে:

| **কারণ** | **ব্যাখ্যা** |
| --- | --- |
| বাস্তব পরিবেশের অনুকরণ | বাস্তব রেডিও মেজারমেন্টের উপর ভিত্তি করে তৈরি |
| Line-of-sight দরকার নেই | শহর অঞ্চলে বাধা-যুক্ত সিগন্যালের ক্ষয় হিসাব করে |
| বড় দূরত্ব ও ফ্রিকোয়েন্সি কভার করে | 1–100 কিমি এবং 150–1920 MHz পর্যন্ত কার্যকর |
| মোবাইল নেটওয়ার্ক প্ল্যানিং | শহরের জন্য টাওয়ার সংখ্যা, কভারেজ বুঝতে সাহায্য করে |

### 5. Hata Model – Radio Wave Propagation Prediction

#### 🔹 কেন Hata Model ব্যবহার হয়?

* এটি সহজ এবং প্র্যাকটিক্যাল মডেল যা বিভিন্ন অঞ্চলের জন্য (Urban, Suburban, Rural) আলাদা ক্ষয় নির্ধারণ করে।
* এটি **Okumura Model-এর গাণিতিক রূপ** হওয়ায় সহজে প্রোগ্রামে ব্যবহার করা যায়।
* মোবাইল বেজ স্টেশন এবং রিসিভার-এর উচ্চতা পরিবর্তনের প্রভাব সহজে নির্ণয় করা যায়।
* শহর/শহরতলি/গ্রামীণ যেকোনো পরিবেশে টাওয়ার কভারেজ ডিজাইন, সিগন্যাল স্ট্রেন্থ ও সিস্টেম প্ল্যানিংয়ের জন্য এটি কার্যকর।

#### 🔹 তত্ত্ব (Theory):

* **Hata Model** হলো Okumura Model-এর সরলীকৃত ও উন্নত সংস্করণ, যা শহর, শহরতলি ও গ্রামাঞ্চলে রেডিও তরঙ্গ ছড়িয়ে পড়ার ক্ষয় (path loss) নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।
* এটি বিশেষভাবে **150 MHz থেকে 1500 MHz** ফ্রিকোয়েন্সির মধ্যে কার্যকর।
* এটি মোবাইল ও বেস স্টেশনের উচ্চতা, ফ্রিকোয়েন্সি এবং দূরত্ব অনুযায়ী মিডিয়ান পাথ লস গণনা করে।

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **Hata Model কী?** ▶️ উত্তর: এটি Okumura Model-এর গাণিতিক রূপ, যা শহর ও শহরতলি অঞ্চলে রেডিও সিগন্যাল ক্ষয় নির্ধারণে ব্যবহৃত হয়।
2. **Hata Model কোথায় ব্যবহার হয়?** ▶️ উত্তর: মোবাইল কমিউনিকেশন সিস্টেম, বেস স্টেশন প্ল্যানিং, কভারেজ এনালাইসিসে।
3. **এই মডেল কোন ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জে কার্যকর?** ▶️ উত্তর: 150 MHz – 1500 MHz
4. **a(hm) বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: এটি মোবাইল স্টেশনের উচ্চতার ভিত্তিতে সংশোধনী ফ্যাক্টর, যা শহরের জন্য path loss এডজাস্ট করে।
5. **Urban ও Suburban path loss এর পার্থক্য কী?** ▶️ উত্তর: Suburban area-তে কিছু কম ক্ষয় হয়, তাই Urban loss থেকে অতিরিক্ত কিছু বাদ দেওয়া হয়।
6. **Hata Model কেন ব্যবহৃত হয়?** ▶️ উত্তর: এটি সরল ও দ্রুত হিসাবযোগ্য, এবং শহর/গ্রামাঞ্চলে বাস্তব পরিবেশের কাছাকাছি ফলাফল দেয়।

**🔄 Hata Model বনাম Okumura Model:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **বৈশিষ্ট্য** | **Okumura Model** | **Hata Model** |
| তৈরি কৌশল | গ্রাফিকাল ও রেডিও পরিমাপ নির্ভর মডেল | গাণিতিক রূপ যা Okumura মডেল থেকে তৈরি |
| ব্যবহারযোগ্যতা | শহরাঞ্চলে বাস্তব মেজারমেন্ট নির্ভর | শহর, শহরতলি ও গ্রামীণ এলাকায় কার্যকর |
| ফ্রিকোয়েন্সি সীমা | 150 MHz – 1920 MHz | 150 MHz – 1500 MHz |
| ইনপুট জটিলতা | চার্ট ও ডেটা টেবিল প্রয়োজন | গাণিতিক ফর্মুলা ব্যবহার করলেই চলে |
| কম্পিউটার প্রোগ্রামে ব্যবহার | তুলনামূলক কঠিন | সহজে প্রোগ্রামিং/সিমুলেশনে প্রয়োগযোগ্য |
| উন্নয়ন | প্রাথমিকভাবে তৈরি | উন্নত ও সিম্প্লিফায়েড ফর্ম |

**🔹 কেন তুলনা গুরুত্বপূর্ণ?**

* Hata Model মূলত Okumura-এরই একটা পরিশোধিত ও সহজ সংস্করণ।
* ব্যবহারকারী সহজেই Hata Model ব্যবহার করে বিভিন্ন পরিবেশে (Urban/Suburban/Rural) দ্রুত ফলাফল পেতে পারে।

### 6. BHCA (Busy Hour Call Attempts) — সহজ ভাষায় ব্যাখ্যা

#### 🔹 কী?

* **BHCA** মানে হলো: এক ঘণ্টার ব্যস্ততম সময়ে যতগুলো কল চেষ্টা (call attempts) করা হয়, তার সংখ্যা।

#### 🔹 উদাহরণ:

* ধরুন, প্রতি সেকেন্ডে 20টি কল চেষ্টা হচ্ছে: ➤ BHCA = 20 × 3600 = **72,000 call attempts/hour**

#### 🔹 ব্যবহার:

* এটি মোবাইল নেটওয়ার্ক ডিজাইনে ব্যতিক্রম গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে:
  + কোন সময় ট্রাফিক সবচেয়ে বেশি?
  + কতগুলো ট্রাঙ্ক/সুইচ দরকার হবে?

#### 🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:

1. **BHCA কী?** ▶️ উত্তর: এক ঘণ্টার ব্যস্ততম সময়ে যতগুলো কল চেষ্টা করা হয়েছে, তার সংখ্যা।
2. **BHCA-এর একক কী?** ▶️ উত্তর: এটি একটি সংখ্যা, একক — “Call Attempts per Hour”।
3. **BHCA-এর প্রয়োজনীয়তা কী?** ▶️ উত্তর: এটি দিয়ে বোঝা যায় নেটওয়ার্কে কত কল হ্যান্ডল করতে হবে — যা নেটওয়ার্ক ক্যাপাসিটি ও ডিজাইন নির্ধারণে সাহায্য করে।
4. **BHCA বেশি হলে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: ব্যস্ত সময়ের ট্রাফিক বেশি, তাই বেশি সুইচিং ক্যাপাসিটি বা চ্যানেল লাগবে।
5. **Hata Model কী?** ▶️ উত্তর: এটি Okumura Model-এর গাণিতিক রূপ, যা শহর ও শহরতলি অঞ্চলে রেডিও সিগন্যাল ক্ষয় নির্ধারণে ব্যবহৃত হয়।
6. **Hata Model কোথায় ব্যবহার হয়?** ▶️ উত্তর: মোবাইল কমিউনিকেশন সিস্টেম, বেস স্টেশন প্ল্যানিং, কভারেজ এনালাইসিসে।
7. **এই মডেল কোন ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জে কার্যকর?** ▶️ উত্তর: 150 MHz – 1500 MHz
8. **a(hm) বলতে কী বোঝায়?** ▶️ উত্তর: এটি মোবাইল স্টেশনের উচ্চতার ভিত্তিতে সংশোধনী ফ্যাক্টর, যা শহরের জন্য path loss এডজাস্ট করে।
9. **Urban ও Suburban path loss এর পার্থক্য কী?** ▶️ উত্তর: Suburban area-তে কিছু কম ক্ষয় হয়, তাই Urban loss থেকে অতিরিক্ত কিছু বাদ দেওয়া হয়।
10. **Hata Model কেন ব্যবহৃত হয়?** ▶️ উত্তর: এটি সরল ও দ্রুত হিসাবযোগ্য, এবং শহর/গ্রামাঞ্চলে বাস্তব পরিবেশের কাছাকাছি ফলাফল দেয়।

**10. Number of Mobile Subscribers Supported — সহজ ভাষায়**

**🔹 কী?**

* একটি মোবাইল সেলুলার সিস্টেম কতজন ইউজার হ্যান্ডল করতে পারবে তা নির্ভর করে:
  + মোট সেল সংখ্যা,
  + প্রতি সেলের ট্রাফিক ক্যাপাসিটি,
  + Acceptable Blocking Probability (GoS)।

**🔹 সূত্র:**

M=m×NGoSM = \frac{m \times N}{GoS}M=GoSm×N​

* যেখানে:
  + **M** = মোট ইউজার সংখ্যা
  + **m** = প্রতি সেলে ট্রাফিক ক্যাপাসিটি (Erlangs)
  + **N** = মোট সেল সংখ্যা
  + **GoS** = গ্রেড অব সার্ভিস (যেমন 0.02)

**🔹 উদাহরণ:**

* যদি প্রতি সেলে 15 Erlang হ্যান্ডল করা যায়,
* মোট 100টি সেল থাকে,
* এবং GoS = 0.02 হয়,

তাহলে:

M=15×1000.02=75,000subscribersM = \frac{15 \times 100}{0.02} = 75,000 subscribersM=0.0215×100​=75,000subscribers

**🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:**

1. **একটি মোবাইল সিস্টেম কত জন ইউজার সাপোর্ট করতে পারে?**  
   ▶️ উত্তর: এটি নির্ভর করে সেলের সংখ্যা, ট্রাফিক ক্যাপাসিটি এবং Acceptable GoS এর উপর।
2. **GoS-এর মান কম হলে কী হয়?**  
   ▶️ উত্তর: কল ব্লকিং কম হবে, কিন্তু সিস্টেম কম ইউজার সাপোর্ট করবে।
3. **সাবস্ক্রাইবার সংখ্যা বাড়াতে কী করা যায়?**  
   ▶️ উত্তর:
   * সেলের সংখ্যা বাড়ানো
   * চ্যানেল সংখ্যা বাড়ানো
   * ফ্রিকোয়েন্সি রিইউজ উন্নত করা
4. **Acceptable GoS কত হওয়া উচিত?**  
   ▶️ উত্তর: সাধারণত 2% বা 0.02 পর্যন্ত ব্লকিং গ্রহণযোগ্য ধরা হয়।

### Extra Viva প্রশ্নোত্তর (Wireless Communication Topics)

#### 🔹 1. ****Erlang কী?****

▶️ এটি এমন একটি একক যা বলে দেয় — এক ঘণ্টায় একটি চ্যানেল 100% সময় ব্যবহৃত হলে তা 1 Erlang হবে।

#### 🔹 2. ****Frequency Reuse কী?****

▶️ একই ফ্রিকোয়েন্সি বিভিন্ন দূরের সেলগুলোতে বারবার ব্যবহার করাকে Frequency Reuse বলে।

#### 🔹 3. ****Reuse Factor কী?****

▶️ এটি প্রতি cluster-এ কতটি সেল আছে, তা বোঝায়। যেমন Reuse Factor 7 হলে, প্রতি 7টি সেলের পরে ফ্রিকোয়েন্সি পুনঃব্যবহার হয়।

#### 🔹 4. ****Handoff কী?****

▶️ মোবাইল ইউজার যখন এক সেল থেকে অন্য সেলে যায় এবং সংযোগ না কেটে নতুন সেলের সাথে যুক্ত হয় — তাকে হ্যান্ডঅফ বলে।

#### 🔹 5. ****Handoff-এর ধরন****

* **Hard Handoff**: পুরনো সেল ছেড়ে নতুন সেলে একবারে চলে যায়
* **Soft Handoff**: দুই সেলের মধ্যে কিছু সময় overlap হয়

#### 🔹 6. ****Cell Splitting****

▶️ একটি বড় সেলকে ছোট ছোট সেলে ভাগ করা, যাতে বেশি ইউজারকে সাপোর্ট করা যায়।

#### 🔹 7. ****Trunking****

▶️ সীমিত সংখ্যক চ্যানেল অনেক ইউজার মিলে ব্যবহার করলে তাকে ট্রাঙ্কিং বলে। এতে resource efficient হয়।

#### 🔹 8. ****Call Blocking কমাতে করণীয়****

▶️ চ্যানেল সংখ্যা বাড়ানো, ট্রাঙ্কিং অপ্টিমাইজ করা, সেল সংখ্যা বাড়ানো।

#### 🔹 9. ****Call Block vs Call Drop****

* **Call Block**: কল শুরু করার আগেই ব্যর্থ
* **Call Drop**: কল চলাকালীন সময়ে হঠাৎ কেটে যায়

#### 🔹 10. ****Duplexing প্রকারভেদ****

▶️ দুই প্রকার:

* FDD (ভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সিতে আপ ও ডাউনলিংক)
* TDD (একই ফ্রিকোয়েন্সিতে সময় ভাগ করে)

**Cluster-এর ব্যবহার:**

* ফ্রিকোয়েন্সি পুনঃব্যবহার (reuse) করতে সাহায্য করে
* Efficient coverage এবং capacity বাড়াতে সাহায্য করে
* Interference কমায়

**🔹 Viva প্রশ্নোত্তর:**

1. **Cluster কী?**  
   ▶️ উত্তর: কিছু সংখ্যক সেল মিলে একটি ক্লাস্টার গঠিত হয় যাতে প্রত্যেক সেল ভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সি ব্যবহার করে।
2. **Cluster কেন প্রয়োজন?**  
   ▶️ উত্তর: যেন একই ফ্রিকোয়েন্সি দূরের এলাকায় আবার ব্যবহার করা যায়, কিন্তু interference না হয়।
3. **Reuse Factor বলতে কী বোঝায়?**  
   ▶️ উত্তর: একটি ক্লাস্টারে কতটি ভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সি সেল আছে, তা Reuse Factor দিয়ে বোঝানো হয়। যেমন, N=7 মানে প্রতি 7 সেলের পরে পুনরাবৃত্তি হবে।
4. **Cluster Size বাড়লে কী হয়?**  
   ▶️ উত্তর: Interference কমে, কিন্তু ফ্রিকোয়েন্সি efficiency কমে যায়।

### Cluster কী? (সহজ বাংলায় ব্যাখ্যা)

**Cluster** হলো কিছু সংখ্যক সেল বা সেলুলার ইউনিটের একটি দল, যাদের মধ্যে প্রত্যেকটি ভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সি ব্যবহার করে, যাতে একে অপরের সাথে ইন্টারফেয়ার না করে।

### ✅ সহজভাবে ধরুন:

একটি **সেল** হলো একটি ছোট এলাকার মোবাইল কভারেজ অঞ্চল (যেমন একটি টাওয়ারের কভারেজ এলাকা)।  
**Cluster** হলো এরকম কয়েকটি সেল একসাথে যেখানে **সেই ক্লাস্টারে কোনো ফ্রিকোয়েন্সি বারবার ব্যবহার করা হয় না**।

### AM ও FM — সহজ বাংলায় ব্যাখ্যা

#### 🔹 AM (Amplitude Modulation) কী?

▶️ AM হলো এমন একটি পদ্ধতি, যেখানে সিগন্যাল প্রেরণের জন্য ক্যারিয়ার তরঙ্গের **অ্যামপ্লিটিউড** (উচ্চতা) পরিবর্তন করা হয়, কিন্তু ফ্রিকোয়েন্সি অপরিবর্তিত থাকে।

#### 🔹 FM (Frequency Modulation) কী?

▶️ FM হলো এমন একটি পদ্ধতি, যেখানে ক্যারিয়ার তরঙ্গের **ফ্রিকোয়েন্সি** (কম্পন হার) পরিবর্তন করে তথ্য প্রেরণ করা হয়, কিন্তু অ্যামপ্লিটিউড অপরিবর্তিত থাকে।

### 🔁 তুলনা: AM vs FM

| **বৈশিষ্ট্য** | **AM** | **FM** |
| --- | --- | --- |
| পরিবর্তিত উপাদান | অ্যামপ্লিটিউড | ফ্রিকোয়েন্সি |
| সাউন্ড কোয়ালিটি | কম | অনেক ভালো |
| Noise প্রতিরোধ | কম | বেশি |
| ব্যান্ডউইথ | প্রায় 10 kHz | প্রায় 200 kHz |
| ব্যবহার | নিউজ, টক-শো, AM রেডিও | মিউজিক, উচ্চমানের অডিও |