

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:

- P_t = 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:

- f_m = মডুলেটিং সংকেতের ফ্রিকোয়েন্সি
- f_c = 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: $\text{Modulation index} = \text{frequency deviation} \div \text{modulating frequency}$ । 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: $\leq 2\%$

◆ 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 $\leq 2\%$.

✓ 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:

- $GoS = 0.02 \rightarrow$ অর্থাৎ ২% কল ব্যর্থ হয়েছে
- $GoS = 0.005 \rightarrow 0.5\%$ কল ব্যর্থ হয়েছে

◆ কেন unit থাকে না?

- কারণ এটি দুইটি সংখ্যার অনুপাত: (Lost Calls \div 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:

- P_t = 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:

- f_m = মডুলেটিং সংকেতের ফ্রিকোয়েন্সি
- f_c = 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: $\text{Modulation index} = \text{frequency deviation} \div \text{modulating frequency}$ । 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:

- $\text{GoS} = 0.02 \rightarrow$ অর্থাৎ ২% কল ব্যর্থ হয়েছে
- $\text{GoS} = 0.005 \rightarrow 0.5\%$ 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

কারণ

ব্যাখ্যা

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 রেঞ্জ 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 সিম্পলিফায়েড 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: ► $BHCA = 20 \times 3600 = 72,000 \text{ call attempts/hour}$

◆ 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 রেঞ্জ 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:

$$M = m \times N \times \text{GoS} \quad M = \frac{m \times N}{\text{GoS}}$$

- 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:

$$M = 15 \times 100 \times 0.02 = 75,000 \text{ subscribers}$$
$$M = \frac{15 \times 100}{0.02} = 75,000 \text{ subscribers}$$
$$M = 0.02 \times 15 \times 100 = 75,000 \text{ subscribers}$$

◆ 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 অপটিমাইজ 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 ইন্টারফেরেন্স 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	