

سؤال 1: هدف اصلی استفاده از Digital Twin در شبکه‌های 6G چیست؟

- الف) افزایش توان ارسال
- ب) شبیه‌سازی ترافیک شهری
- ج) پایش و تحلیل پویای محیط پیچیده و امنیت شبکه
- د) کاهش هزینه سخت‌افزار

✓ پاسخ صحیح: ج

سؤال 2: مشکل اصلی راهکارهای Digital Twin موجود در 6G چیست؟

- الف) استفاده از مدل‌های یادگیری تقویتی
- ب) وابستگی به مدل‌های ایستا و بار محاسباتی بالا
- ج) نداشتن داده آموزشی
- د) عدم پشتیبانی از V2V

✓ پاسخ صحیح: ب

سؤال 3: کدام ماژول برای کاهش بُعد داده و توزیع بار محاسباتی استفاده شده است؟

- الف LSTM
- ب PCA ساده
- ج stacked sparse autoencoder (ssAE)
- د CNN

✓ پاسخ صحیح: ج

سؤال 4: استفاده از Online Learning چه مزیتی ایجاد می‌کند؟

- الف) افزایش نرخ ارسال داده
- ب) کاهش نیاز به دیتاست
- ج) تشخیص پایدار حملات در شرایط پویا
- د) حذف RSU

✓ پاسخ صحیح: ج

سؤالات ۵ تا ۷ — مقاله دوم (Joint Channel Estimation & Prediction)

سؤال 5: مشکل اصلی Frequency Hopping Sounding در تخمین CSI چیست؟

- الف) نویز بالا
- ب) محدود بودن نمونه‌های کانال در هر ارسال
- ج) همبستگی زیاد زیرحامل‌ها
- د) نیاز به Full Duplex

✓ پاسخ صحیح: ب

- سؤال 6: چرا مسئله JCEP به صورت MMV مدل سازی شده است؟
- الف) برای کاهش مصرف انرژی
 - ب) برای استفاده از CSI مشترک بین زیرباندها
 - ج) برای حذف Doppler
 - د) برای افزایش تعداد آنتن ها

✓ پاسخ صحیح: ب

- سؤال 7: الگوریتم پیشنهادی مقاله برای حل JCEP چیست؟
- الف AMP کلاسیک
 - ب OMP
 - ج Off-Grid-MS Hybrid Message Passing
 - د LSTM

✓ پاسخ صحیح: ج

سوالات ۸ تا ۱۰ — مقاله سوم (FlowMat & Masked Transformer)

- سؤال 8: ایده اصلی FlowMat از کدام حوزه الهام گرفته شده است؟
- الف Reinforcement Learning
 - ب Masked Autoencoders در بینایی ماشین
 - ج Graph Neural Networks
 - د Compressed Sensing

✓ پاسخ صحیح: ب

- سؤال 9: واحد پایه پردازش در FlowMat چیست؟
- الف) آنتن
 - ب) زیر حامل فضایی
 - ج) بردار دامنه فرکانس به عنوان Token
 - د) کل ماتریس CSI

✓ پاسخ صحیح: ج

- سؤال 10: مزیت اصلی استفاده از Mask Token در FlowMat چیست؟
- الف) افزایش پیچیدگی
 - ب) کاهش نرخ یادگیری
 - ج) بازسازی همزمان و فشرده سازی CSI
 - د) حذف نیاز به Decoder

✓ پاسخ صحیح: ج

سؤال 1: نقش Digital Twin در شبکه‌های 6G Internet of Vehicles چیست و چرا برای این شبکه‌ها ضروری است؟

پاسخ:

Digital Twin یک نسخه دیجیتالی و هم‌زمان از سیستم فیزیکی شبکه است که امکان پایش، تحلیل و پیش‌بینی رفتار شبکه را در شرایط پویا فراهم می‌کند. در 6G IoT به دلیل تحرک بالا، توپولوژی متغیر و ناهمگنی شدید، روش‌های سنتی کارایی ندارند. Digital Twin امکان مانیتورینگ بلادرنگ، شبیه‌سازی حملات، و واکنش سریع به تهدیدات امنیتی را فراهم کرده و نقش کلیدی در افزایش امنیت و پایداری شبکه ایفا می‌کند.

سؤال 2: چرا مدل‌های ایستا (Static Models) برای تشخیص حمله در شبکه‌های 6G IoT ناکارآمد هستند؟

پاسخ:

مدل‌های ایستا نمی‌توانند خود را با تغییرات سریع ترافیک، الگوهای جدید حملات و شرایط متغیر شبکه وفق دهند. در 6G IoT داده‌های شبکه دائماً تغییر می‌کنند و استفاده از مدل ثابت باعث افت دقت، ناپایداری عملکرد و اختلاف زیاد نتایج بین دیتاست‌ها می‌شود. به همین دلیل، مدل‌های پویا و یادگیری آنلاین ضروری هستند.

سؤال 3: چگونه استفاده از stacked sparse autoencoder (ssAE) به بهبود کارایی سیستم کمک می‌کند؟

پاسخ:

ssAE با استخراج ویژگی‌های مهم و حذف ویژگی‌های زائد، بُعد داده‌ها را کاهش می‌دهد. این کار باعث کاهش بار محاسباتی، مصرف حافظه و تأخیر سیستم می‌شود. همچنین با حفظ اطلاعات کلیدی داده، دقت تشخیص حمله حفظ شده و حتی بهبود می‌یابد. قرار دادن این ماژول در لایه Cyber Twin باعث توزیع بار محاسباتی در کل سیستم می‌شود.

سؤال 4: اهمیت Online Learning در چارچوب پیشنهادی مقاله چیست؟

پاسخ:

Online Learning امکان به‌روزرسانی مداوم مدل تشخیص حمله را بر اساس شرایط فعلی شبکه فراهم می‌کند. این رویکرد باعث می‌شود سیستم نسبت به تغییر نوع حملات و داده‌های جدید مقاوم باشد و عملکرد پایدار و یکنواختی در دیتاست‌ها و شرایط مختلف داشته باشد، که برای محیط‌های پویای 6G IoT حیاتی است.

سؤال 5: چرا در سیستم‌های Massive MIMO، تخمین و پیش‌بینی کانال باید به‌صورت مشترک (JCEP) انجام شود؟

پاسخ:

تخمین کانال به CSI فعلی و پیش‌بینی کانال به CSI آینده مربوط است. این دو مسئله از نظر ماهیت یکی هستند و تنها از نظر زمان تفاوت دارند. انجام جداگانه آن‌ها باعث اتلاف اطلاعات مشترک می‌شود. JCEP با بهره‌گیری هم‌زمان از همبستگی زمانی، فرکانسی و فضایی، دقت CSI را افزایش داده و مشکل کهنگی (CSI Staleness) را کاهش می‌دهد.

سؤال 6: مشکل Energy Leakage در حوزه Delay-Angle-Doppler چیست و چرا رخ می‌دهد؟

پاسخ:

Energy Leakage زمانی رخ می‌دهد که پارامترهای واقعی کانال دقیقاً روی گریدهای DFT قرار نگیرند. (Off-Grid) به دلیل محدود بودن تعداد زیرحامل‌ها، آنتن‌ها و نمونه‌های زمانی، DFT قادر به نمایش دقیق مسیرها نیست و انرژی یک مسیر بین چند گرید پخش می‌شود که دقت تخمین کانال را کاهش می‌دهد.

سؤال 7: الگوریتم Off-Grid-MS HMP چگونه مشکل کمبود CSI اولیه را حل می‌کند؟

پاسخ:

این الگوریتم با استفاده از چارچوب Bethe Free Energy و پیام‌رسانی ترکیبی، به‌صورت تطبیقی پارامترهای آماری کانال را یاد می‌گیرد. به‌جای نیاز به اطلاعات اولیه دقیق، الگوریتم در حین اجرا هاپرپارامترها را تخمین زده و خود را با شرایط واقعی کانال تطبیق می‌دهد.

سؤال 8: ایده Masked Token در FlowMat چه کمکی به تخمین و فیدبک CSI می‌کند؟

پاسخ:

با ماسک‌کردن بخشی از توکن‌های CSI، مدل مجبور می‌شود از همبستگی ذاتی داده‌ها برای بازسازی بخش‌های حذف‌شده استفاده کند. این کار باعث یادگیری عمیق‌تر ساختار کانال، کاهش حجم داده ارسالی و افزایش دقت بازسازی CSI در سمت گیرنده می‌شود.

سؤال 9: چرا دامنه فرکانس به‌عنوان واحد Token در FlowMat انتخاب شده است؟

پاسخ:

تحلیل‌ها نشان می‌دهد بین زیرحامل‌های فرکانسی همبستگی قوی وجود دارد. استفاده از بردارهای فرکانسی به‌عنوان Token مشابه Patch در بینایی ماشین یا Word در NLP است و امکان استفاده مؤثر از Self-Attention برای استخراج الگوهای محلی و سراسری CSI را فراهم می‌کند.

سؤال 10: مزیت اصلی استفاده از معماری Encoder-Decoder واحد در FlowMat چیست؟

پاسخ:

این معماری امکان انجام هم‌زمان تخمین کانال و فیدبک CSI را فراهم می‌کند، در حالی که روش‌های قبلی برای هر کدام شبکه جداگانه داشتند. نتیجه آن کاهش پیچیدگی، کاهش سربار محاسباتی و بهبود عملکرد کلی سیستم در هر دو وظیفه است.