‘क्वांटम की’ वितरण प्रौद्योगिकी

प्रिलिम्स के लिये:

‘क्वांटम की’ वितरण प्रौद्योगिकी, क्वांटम टेक्नोलॉजी और इसके अनुप्रयोग, क्यूबिट्स।

मेन्स के लिये:

‘क्वांटम की’ वितरण प्रौद्योगिकी और इसके लाभ तथा आवश्यकताएँ, क्वांटम प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग।

चर्चा में क्यों?

हाल ही में रक्षा अनुसंधान और विकास संगठन (DRDO) एवं **भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (IIT) दिल्ली** के वैज्ञानिकों की एक संयुक्त टीम ने देश में पहली बार उत्तर प्रदेश में प्रयागराज और विंध्याचल के बीच **100 किलोमीटर से अधिक की दूरी** पर **‘क्वांटम की’ वितरण लिंक (Quantum Key Distribution link)** का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया।

- इस सफलता के साथ देश ने सैन्य ग्रेड संचार सुरक्षा कुंजी पदानुक्रम बूटस्ट्रैपिंग के लिये सुरक्षित कुंजी हस्तांतरण की स्वदेशी तकनीक का प्रदर्शन किया है।
- इससे पहले चीन के उपग्रह मिसियस ने दुनिया के सबसे सुरक्षित संचार लिंक को स्थापित करने के लिये प्रकाश कणों को पृथ्वी पर भेजा था।

‘क्वांटम की’ वितरण प्रौद्योगिकी:

- **QKD, जिसे क्वांटम क्रिप्टोग्राफी भी कहा जाता है, सुरक्षित संचार विकसित करने का एक तंत्र है।**
- यह गुप्त कुंजियों को वितरित करने और साझा करने का एक तरीका प्रदान करता है जो क्रिप्टोग्राफिक प्रोटोकॉल के लिये आवश्यक हैं।
  - **क्रिप्टोग्राफी सुरक्षित संचार** तकनीकों का अध्ययन है जो केवल प्रेषक और संदेश के इच्छित प्राप्तकर्त्ता को इसकी सामग्री देखने की अनुमति देता है।
  - **क्रिप्टोग्राफिक एल्गोरिदम और प्रोटोकॉल** सिस्टम को सुरक्षित रखने के लिये आवश्यक हैं, खासकर जब इंटरनेट जैसे अविश्वसनीय नेटवर्क के माध्यम से संचार होता है।
- **डेटा-एन्क्रिप्शन** के लिये उपयोग किये जाने वाले **पारंपरिक क्रिप्टोसिस्टम गणितीय एल्गोरिदम** की जटिलता पर निर्भर करते हैं, जबकि क्वांटम संचार द्वारा दी जाने वाली सुरक्षा भौतिकी के नियमों पर आधारित होती है।

QKD की दो मुख्य श्रेणियाँ:

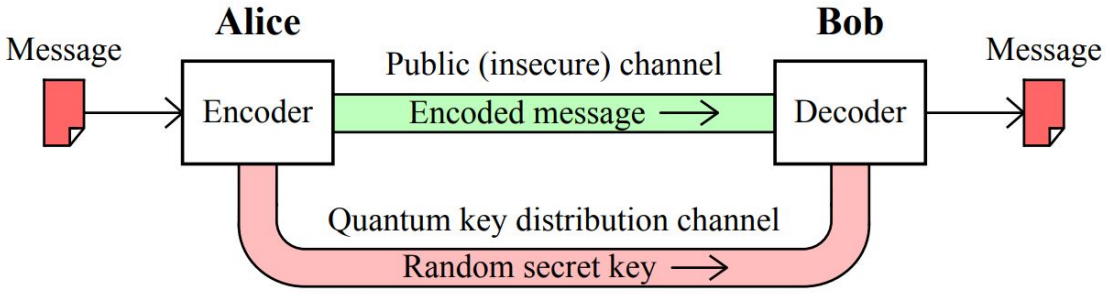
- **तैयार और माप प्रोटोकॉल:**
  - यह अज्ञात क्वांटम की अवस्थाओ को मापने पर केंद्रित है। इस प्रकार के प्रोटोकॉल का उपयोग ईव्सड्रॉपिंग (**Eavesdropping**) के साथ-साथ संभावित रूप से कितना डेटा इंटरसेप्ट किया गया, का पता लगाने के लिये किया जा सकता है।
- **इंटेंगलमेंट’ आधारित प्रोटोकॉल:**
  - यह क्वांटम राज्यों पर केंद्रित है जिसमें दो वस्तुएँ एक साथ जुड़ी होती हैं, एक संयुक्त क्वांटम राज्य बनाती हैं।
  - **इंटेंगलमेंट**’ का अर्थ है कि एक वस्तु का माप दूसरे को प्रभावित करता है। इस पद्धति में यदि कोई छिपकर बात करने वाला पहले से विश्वसनीय नोड तक पहुँचकर कुछ बदलाव करता है तो इसका पता अन्य शामिल पक्षों को चल जाएगा।

‘क्वांटम की’ वितरण कैसे कार्य करता है?

- QKD में एन्क्रिप्शन कुंजियों को ऑप्टिकल फाइबर में 'Qubits' (या क्वांटम बिट्स) के रूप में भेजा जाता है।
  - **क्यूबिट्स (Qubits)** - बाइनरी सिस्टम में बिट्स के बराबर।
  - **ऑप्टिकल फाइबर** अन्य माध्यमों की तुलना में लंबी दूरी और तेज़ी से अधिक डेटा संचारित करने में सक्षम हैं। यह पूर्ण आंतरिक परावर्तन

के सद्धिांत पर कार्य करता है।

- QKD कार्यान्वयन के लयि वैध उपयोगकर्त्ताओं के बीच परस्पर क्रयिा की आवश्यकता होती है। इन इंटरैक्शन को प्रमाणति करने की आवश्यकता होती है। यह कार्य वभिन्नि क्रप्टिोग्राफकि माध्यमों से प्राप्त कयिा जा सकता है।
  - QKD उन **दो उपयोगकर्त्ताओं को अनुमत** देता है जो शुरू में एक लंबी गुप्त कुंजी गुप्त बट्सि की एक सामान्य यादृच्छकि स्ट्रगि उत्पन्न करने के लयि साझा नहीं करते हैं, जसिे **गुप्त कुंजी (Secret Key)** कहा जाता है।
- अंततः QKD एक प्रमाणति संचार चैनल का उपयोग कर सकता है और इसे एक सुरक्षति संचार चैनल में बदल सकता है।
- इसे इस तरह से डज़िाइन कयिा गया है कि यदि कोई अज्ञात इकाई ट्रांसमशिन को पढ़ने की कोशशि करती है, तो यह **क्यूबट्सि** में हलचल उत्पन्न कर देता है, जो **फोटॉन** पर एन्कोडेड होते हैं।
- इससे ट्रांसमशिन त्रुटयिाँ उत्पन्न होंगी, जसिसे वैध अंतमि-उपयोगकर्त्ताओं को तुरंत सूचति कयिा जाएगा।



//

QKD की आवश्यकता:

- QKD वर्तमान संचार नेटवर्क के माध्यम से वभिन्नि महत्त्वपूर्ण क्षेत्रों द्वारा परविहन कयि जा रहे डेटा की सुरक्षा के लयि क्वांटम कंप्यूटगि में तेज़ी से प्रगतएिवं खतरे को दूर करने हेतु आवश्यक है।
  - क्वांटम प्रौद्योगकियिों को मोटे तौर पर चार वर्टकिल में वभिाजति कयिा जा सकता है- क्वांटम कंप्यूटगि, क्वांटम संचार, क्वांटम सेंसर और क्वांटम सामग्री।
- यह प्रौद्योगकिी क्वांटम सूचना के क्षेत्र में वभिन्नि स्टार्ट-अप और छोटे व मध्यम उद्यमों को सक्षम करने में उपयोगी होगी।
- यह सुरक्षा एजेंसयिों को स्वदेशी प्रौद्योगकिी अवसंरचना के साथ एक उपयुक्त क्वांटम संचार नेटवर्क की योजना बनाने में सक्षम बनाएगा।
- एन्क्रप्शिन सुरक्षति होता है और इसका मुख्य कारण फोटॉन के माध्यम से डेटा परविर्तन का तरीका है।
  - एक फोटॉन को पूरी तरह से कॉपी नहीं कयिा जा सकता है और इसे मापने का कोई भी प्रयास इसमें हस्तक्षेप करता है। इसका मतलब है कि डेटा को इंटरसेप्ट की कोशशि करने वाले व्यक्तकिो उसके द्वारा छोड़े गए नशिान के आधार पर खोजा जा सकता है।

QKD से जुड़ी चुनौतयिाँ:

- **QKD तंत्र का मौजूदा अवसंरचना में एकीकरण:**
  - QKD हेतु एक आदर्श बुनयिादी ढाँचे को लागू करना वर्तमान में कठनि है।
  - QKD सैद्धांतकि रूप में पूरी तरह से सुरक्षति है, लेकनि व्यवहार में एकल फोटॉन डटिेक्टरों जैसे उपकरणों में खामयिाँ कई सुरक्षा कमज़ोरयिाँ पैदा करती हैं।
- **वह दूरी जसिमें फोटॉन यात्रा करते हैं:**
  - आधुनकि फाइबर ऑप्टकि केबल आमतौर पर एक सीमा तक सीमति होते हैं कि वे एक फोटॉन को कतिनी दूर तक ले जा सकते हैं। सामान्य तौर पर यह रेंज 100 कमिी. से ऊपर देखी जाती है।
- **QKD का प्रयोग:**
  - QKD पहले से ही स्थापति संचार के पारंपरकि रूप से प्रमाणति चैनल पर नरि्भर करता है।
    - इसका मतलब यह है कि भाग लेने वाले उपयोगकर्त्ताओं में से एक ने संभवतः पहले से ही एक सममति कुंजी का आदान-प्रदान कयिा है, जसिसे पर्याप्त स्तर की सुरक्षा पैदा हो गई है।
    - एक अन्य उन्नत एन्क्रप्शिन मानक का उपयोग करके QKD के बनिा एक सस्टिम को पहले से ही पर्याप्त रूप से सुरक्षति बनाया जा सकता है।
  - जैसे-जैसे क्वांटम कंप्यूटर का उपयोग अधकि होता जा रहा है, यह संभावना बनी रहती है कि एक हमलावर क्वांटम कंप्यूटगि की वर्तमान एन्क्रप्शिन वधियिों में घुसपैठ करने की क्षमता का उपयोग कर सकता है, जसिसे QKD अधकि प्रासंगकि हो जाता है।

आगे की राह

- क्वांटम प्रौद्योगकिी और अनुप्रयोगों को वकिसति करने में शामलि स्टार्ट-अप्स और बगि टेक नगिमों की शक्तका उपयोग कयिा जाना चाहयि।
- अगले 10-15 वर्षों के लयि एक व्यापक रणनीतवकिसति करने पर ध्यान केंद्रति कयिा जाना चाहयि। जसिमें यह सुनश्चिति कयिा जाना चाहयि कि संसाधनों का गलत आवंटन न हो और जो प्रयास कयि गए हैं, वे उन प्रमुख क्षेत्रों में केंद्रति हैं जो आर्थकि और रणनीतकि लाभ प्रदान करते हैं।

स्रोत: पी.आई.बी.