समय-लेंस उर्फ समय के अंतराल का आवर्धन

एस. अनंतनारायणन

समय-लेंस समय के साथ वही करता है जो सूक्ष्मदर्शी वस्तुओं के साथ करते हैं यानी समय-लेंस समय को बड़ा करके दिखाता है।

डिजिटल संचार की दुनिया ऐसे उपकरणों पर टिकी है जो कंपनों (पल्स) की एक शृंखला का प्रेषण कर सकते हैं और उन्हें पकड़ सकते हैं। यह काम उन्हें काफी रफ्तार से और सटीकता से करना होता है। जब हम संचार लाइन्स पर अधिकाधिक डैटा भेजते हैं तो विद्युतीय कंपनों को ज़्यादा सघनता से पैक करना होता है और दो कंपनों के बीच समय का अंतराल कम होता जाता है। ऐसे में दो कंपनों के बीच अंतर कर पाना एक प्रमुख समस्या होती है।

यदि आपके पास जो डिटेक्टर हैं, उनकी इतने कम समय अंतराल पर आए संकेतों को अलग-अलग देखने की क्षमता नहीं है, तो संकेत गड्ड-मड्ड हो जाएंगे। ऐसे पास-पास आने वाले संकेतों को अलग-अलग देखने के लिए 'समय-सूक्ष्मदर्शी' जैसे उपकरणों का विकास हुआ है। ये समय-सूक्ष्मदर्शी समय अंतराल को आवर्धित करते हैं।

एक सरल संचार उपकरण पर विचार कीजिए। यह उपकरण प्रति सेकंड सिर्फ एक 'हां' या 'नहीं' का संकेत भेजता है। यदि कंपन आता है तो उसे 'हां' माना जाता है और कंपन नहीं आता तो उसे 'नहीं' माना जाता है। मगर वास्तविक संचार में तो हम चित्र, आवाज़, डैटा, संख्याएं वगैरह भेजना चाहते हैं। इनमें प्रति सेकंड भेजे जाने वाले पल्सेस की संख्या करोड़ों में हो सकती है। एक सेकंड में करोड़ों संकेत आएंगे तो उनके बीच समय अंतराल पिको-सेकंड यानी एक सेकंड का अरबवां हिस्सा रह जाएगा।

संचार व टेक्नॉलॉजी की ये उच्चतर ज़रूरतें अब इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों की ऊपरी सीमा को छूने लगी हैं। तरंगों के स्वरूप के विश्लेषण का सामान्य तरीका यह है कि पैटर्न को समय के मान से थोड़ा खींच दिया जाए। यह काम एक कंपनदर्शी की मदद से किया जाता है। फिलहाल जो कंपनदर्शी उपलब्ध हैं वे 30 पिको सेकंड के समय अंतराल वाले कंपनों को अलग-अलग करके दिखा सकते हैं। इससे बेहतर फर्क कर पाना भौतिक रूप से संभव नहीं है क्योंकि सूक्ष्म इलेक्ट्रॉनिक उपकरण छोटे होने की न्यूनतम सीमा पर पहुंच चुके हैं।

इस समस्या का जवाब विशुद्ध प्रकाशीय तकनीकों में है क्योंकि इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के विपरीत प्रकाश तरंगों की कोई न्यूनतम साइज़ नहीं होती। लिहाज़ा आजकल प्रकाशीय घटकों को सिलिकॉन चिप्स के साथ जोड़ने में काफी दिलचस्पी पैदा हुई है। इसके अंतर्गत उच्च गति वाले प्रकाशीय घटकों को पारंपरिक इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स में जोड़ना शामिल है।

ऐसी एक तकनीक इस तथ्य के आधार पर बनाई गई है कि प्रकाश तरंगों को 'समय के अनुसार' भी देखा जा सकता है। यह वैसा ही है जैसे हम तरंगों को 'स्थान में फैला' देखते हैं। प्रकाश की विद्युत-चुंबकीय तरंगों को गणित की ऐसी समीकरण के रूप में व्यक्त किया जा सकता है जिसमें समय व स्थान दोनों के परिवर्ती होते हैं। इस समीकरण के आधार पर आप चाहें तो किसी तरंग के गुणधर्मों को किसी एक समय पर स्थान के विभिन्न बिंदुओं पर समझ सकते हैं या इन गुणधर्मों को किसी स्थान पर अलग-अलग समय पर समझ सकते हैं। यानी किसी क्षण वह तरंग अलग-अलग स्थानों पर कैसी दिखेगी या किसी एक स्थान पर वह समय के साथ कैसे बदलेगी। इसका मतलब यह है कि प्रकाश तरंग के स्थान-सम्बंधी व्यवहार को समय के हिसाब से देखा जा सकता है।

बिल्लोरी कांच या सूक्ष्मदर्शी का विकास प्रकाश के स्थान-सम्बंधी व्यवहार के आधार पर हुआ है। जब हम किसी वस्तु को सूक्ष्मदर्शी में से देखते हैं, तो जो प्रतिबिंब दिखता है वह वस्तु से बड़ा होता है और उसके बिंदुओं के बीच अंतर बेहतर होता है (इसे रिज़ॉल्यूशन कहते हैं)। इसका कारण यह है कि प्रकाश अलग-अलग माध्यमों में अलग-अलग गति से चलता है और इसलिए माध्यम बदलने

पर मुड़ जाता है। हमें वस्तु का जो प्रतिबिंब दिखाई देता है वह प्रकाश की इन मुड़ी हुई किरणों के कारण दिखता है। दरअसल, होता यह है कि एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाने पर प्रकाश तरंगें विचलित होती हैं और वापिस मूल माध्यम में प्रवेश करने पर नए सिरे से फोकस होती हैं।

सवाल यह है कि जो विचलन स्थान के संदर्भ में होता है, क्या वैसा समय के सापेक्ष किया जा सकता है। अर्थात क्या दो प्रकाश पल्सेस, जो एक-दूसरे से थोड़े समय अंतराल पर पहुंचते हैं, उनके बीच के समय अंतराल को थोड़ा बढ़ाया जा सकता है? यदि ऐसा हो सके तो जिन घटनाओं के बीच बहुत कम समय अंतराल है उन्हें दूर-दूर करके आसानी से पढ़ा जा सकेगा।

आवर्धक लेंस की क्रिया को हम ज्यामिति के नियमों की मदद से समझ सकते हैं। इन नियमों की मदद से यह देखा जा सकता है कि एक बिंदु से निकलने वाली प्रकाश किरणें लेंस में से गुज़रने के बाद कहां जाकर मिलेंगी। मगर इस व्याख्या में इस बात को अनदेखा किया जाता है कि प्रकाश किरणें वास्तव में तरंगें हैं और स्थान के किसी भी बिंदु पर तरंग का एक मूल्य होता है जो कम या ज़्यादा हो सकता है। यदि हम इस पहलू को भी ध्यान में लें, तो हमें तरंगों के परस्पर टकराव यानी व्यतिक्रम को भी ध्यान में रखना होगा। ये तरंगें एक-दूसरे के प्रभाव में वृद्धि कर सकती हैं या निरस्त कर सकती हैं।

कॉर्नेल विश्वविद्यालय के एलेक्ज़ेंडर गेटा और साथियों ने रिपोर्ट किया है कि उन्होंने उच्च आवृत्ति की एक तरंग को बदलती आवृत्ति के एक लेज़र पल्स के साथ अंतर्क्रिया करवाने में सफलता प्राप्त की है, जिसके चलते एक मिली-जुली तरंग का निर्माण हुआ। उच्च आवृत्ति की तरंग के दो निकटवर्ती शिखरों की अंतर्क्रिया लेज़र पल्स से अलग-अलग समय पर हुई। लेज़र पल्स बदलती आवृत्ति का था, इसलिए दोनों शिखरों की अंतर्क्रिया के परिणामस्वरूप बनी तरंगें अलग-अलग आवृत्तियों की थीं। इन्हें एक-दूसरे से अलग-अलग करना संभव है। अलग-अलग करने पर स्पष्ट हुआ कि ये दो शिखर कितने समय अंतराल पर स्थित थे।

यह उपकरण पारंपरिक सिलिकॉन आधारित पुर्ज़ों से बना है और इसे किसी भी इलेक्ट्रॉनिक चिप का अंग बनाया जा सकता है। यह यंत्र संचार व इमेजिंग के क्षेत्र में नई टेक्नॉलॉजी का आगाज़ कर सकता है। ***(स्रोत फीचर्स)***