

**AZ OKTATÁS, A KUTATÁS ÉS  
A KÖZGYŰJTEMÉNYEK DIGITÁLIS  
TRANSZFORMÁCIÓJA FELSŐFOKON**

**NETWORKSHOP 2024  
33. Országos Informatikai Konferencia**

**2024. április 3–5.  
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger**

**AZ OKTATÁS, A KUTATÁS ÉS  
A KÖZGYŰJTEMÉNYEK DIGITÁLIS  
TRANSZFORMÁCIÓJA FELSŐFOKON**

**NETWORKSHOP 2024  
33. Országos Informatikai Konferencia**

**2024. április 3–5.  
Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger**

**Szerkesztette: Tick József, Kokas Károly, Holl András**

**HUNGARNET Egyesület  
Budapest, 2024**



**HUN-REN**  
Magyar Kutatási Hálózat

# NETWORKSHOP

Szerkesztette: Tick József, Kokas Károly, Holl András

Tipográfia és tördelés: Vas Viktória

Korrektúra: Danyi Melinda

Angol nyelvi lektor: Cseresnyés Dorottya

Networkshop 2024 konferencia előadásainak közleményei

Eszterházy Károly Egyetem, Eger

2024. április 3–5.

ISBN 978-615-82243-2-1

DOI: <https://doi.org/10.31915/NWS.2024>

Kiadja a HUNGARNET Egyesület  
az MTA Könyvtár és Információs Központ közreműködésével

Budapest

2024

Borítókép: [freepik.com](https://www.freepik.com)

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>Előszó</b> .....	5
<b>Ungváry Rudolf</b> A MARC21 formátum kettős szerkezete és a formátum felhasználói szintjének fordításai .....	7
<b>Holl András, Andódy Katalin</b> Adatbányászati gyakorlatok repositóriumra és MTMT-re.....	16
<b>Simon András</b> Mesterséges intelligenciával támogatott adatgazdagítás a Nemzeti Levéltárban.....	22
<b>Soós Gábor, Rövid András, Ormos Pál</b> V2X – A járművek közötti kommunikáció kihívásai .....	29
<b>Csernai Zoltán</b> Egy online tanulást támogató portál kurzusának vizsgálata Big Data adatelemző módszerekkel.....	36
<b>T. Nagy László, Németh Áron</b> A mesterséges intelligencia (MI) teológiai kompetenciái .....	45
<b>Mészáros Erika</b> Kodaktól a jövőig – Egy könyvtári digitalizálás szinterei.....	55
<b>Frankó Máté, Sándor Ákos</b> Adatvizualizáció a könyvtári menedzsmentben: fejlesztések az SZTE Klebelsberg Könyvtár döntéstámogató rendszerében.....	63
<b>Hernek István</b> A felhasználóképzés szintjei az SZTE Klebelsberg Könyvtárban: az elsőévesektől a kutatókig .....	72
<b>Némethi-Takács Margit, Borbély Mária</b> Bibliográfiai kapcsolatok az általános megjegyzés adatmezőben.....	78
<b>Dobás Kata, Tüskés Anna</b> A magyar irodalomtörténet bibliográfiájának migrációja az ITIdata szemantikus adatbázisba .....	87
<b>Horváth Péter</b> A kanonikus magyar költészet versformakeresője.....	96
<b>Sebestyén Ádám, Sárközi-Lindner Zsófia</b> Történeti források szemantikus feldolgozása – Az ELTEdata adatbázis új gyűjteményei .....	105

<b>Bolya Mátyás</b>	
Lyukkártya és népdalrendezés – Egy mechanikus népzenei adatbázis digitális rekonstrukciójának lehetőségei.....	112
<b>Kovácsházy Tamás</b>	
Az idő, mint alapvető infrastruktúra, az idő szerepe az adatközpontban.....	121
<b>Albert Ágota Katalin</b>	
A mesterséges intelligencia használatának követelményei az oktatási szektorban, különös tekintettel a mesterséges intelligencia használatáról szóló rendeleltre.....	129
<b>Varga Emese</b>	
Digitális szövegszerkesztés a dHUpla keretrendszerében .....	135
<b>Nemoda Zsuzsanna, Héjja Balázs, Nagy Andor, Tóth Máté</b>	
A Pest Megyei Digitális Könyvtár fejlesztése .....	141
<b>Nagy Dóra, Sándor Ákos</b>	
Voice2text: a hanganyagátírás lehetőségei MI segítségével.....	149
<b>Kalcsó Gyula</b>	
Képek és metaadataik gyűjteményezése scrapingtechnológiával közösségi képmegosztó oldalról .....	157
<b>Péter Róbert, Szántó Zsolt, Biacsi Zoltán, Kocsis Zoltán, Berend Gábor, Bilicki Vilmos</b>	
Az AVOBMAT (Analysis and Visualization of Bibliographic Metadata and Texts) többnyelvű kutatási eszköz munkafolyamata és új funkciói .....	163
<b>Máray Tamás</b>	
Kvantum-számítástechnika: ez már a „jövő”?.....	171
<b>Fellegi Zsófia</b>	
Digitális kiadások migrációja: gépi és emberi intelligencia együttműködése.....	177
<b>Palkó Gábor</b>	
Posztmodern intertextualitás és digitális szövegkiadás .....	184
<b>Antal Dániel</b>	
A szlovák adatkicserélési tér magyarországi föderációjának lehetőségei.....	192
<b>Vass Johanna</b>	
Kutatási adatok megosztása a gyakorlatban – Adatrepozitóriumok használata az Ökológiai Kutatóközpont publikációiban .....	199
<b>Mihály Eszter, Micsik András, Nagy Kadosa</b>	
Irodalmi levélváltások nyomában TEI-vel és térképpel.....	208

## Az idő, mint alapvető infrastruktúra, az idő szerepe az adatközpontban

### Time as a critical infrastructure, the role of time in the datacenter

Kovácsházy Tamás

*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem  
Mesterséges Intelligencia és Rendszertervezés Tanszék  
[khazy@mit.bme.hu](mailto:khazy@mit.bme.hu)*

#### Absztrakt

Jelenleg a Network Time Protocol (NTP) a széles körben használt megoldás az informatikai infrastruktúrában a számítógépek óráinak szinkronizálására, és számos alapvető, kritikus infrastruktúrának tekinthető informatikai alkalmazásban is fontos szerepe van (jogrendszer, közüzemi szolgáltatások, energiaellátás, ipari mérés- és irányítástechnika stb.). Az NTP többnyire GNSS-vezérelt mesterórákhoz vezeti vissza az időt, ezek szolgálnak referenciaként, és egy peer to peer, hibátűrő és biztonságossá (IT Security értelemben) tehető hierarchikus rendszerben történik meg az idő szétosztása a végfelhasználókhoz. Sajnos egyre több alkalmazásban az NTP által nyújtott pontosság és megbízhatóság nem elégséges, például a nagy adatközpontok (META, Microsoft, Amazon stb.) már IEEE 1588 Precision Time Protocol-t (PTP) vagy más hasonló megoldásokat alkalmaznak. A cikk kitér a nagy pontosságú, adatközpontokban alkalmazható óraszinkronizációs technológiákra, azok használatának okaira, különös tekintettel a META és az Intel ilyen jellegű megoldásaival szerzett saját tapasztalatokra, és az ilyen rendszerek alkalmazásából eredő biztonsági kihívásokra. A biztonsági kihívások általánosítása a szélesebb alkalmazási körre – beleértve az alapvető, kritikus infrastruktúrát – felveti, hogy szükséges lenne az időszolgáltatást magát is kritikus nyilvános infrastruktúráként (Mission Critical Public Utility Service) kezelni hazánkban is, követve a cikkben hivatkozott nemzetközi példákat.

**Kulcsszavak:** precíziós óraszinkronizáció, Network Time Protocol (NTP), adatközpont, IT-biztonság, IEEE 1588, Precision Time Protocol (PTP), kritikus infrastruktúra

#### Abstract

Network Time Protocol (NTP) is the most widely used time synchronization solution in Information and Communication Technology (ICT) infrastructure. Several fundamental and critical infrastructure ICT applications, such as the judiciary system, energy generation and distribution, and industrial measurement and control, depend on NTP. NTP traces back time to GNSS disciplined reference clocks, and it provides a peer-to-peer, fault-tolerant, and (if correctly implemented) secure system to distribute time to end users. Unfortunately, NTP is not precise and reliable enough for an increasing number of applications. For example, datacenters (META, Microsoft, Amazon, etc.) use IEEE 1588 Precision Time Protocol (PTP) or similar technologies. The paper details the modern, high-precision, data center time synchronization solutions, and the fundamental reasons for their application, primarily based on the personal experiences gained with META and Intel solutions, and also concentrating on the security challenges of time synchronization. By generalizing the security challenges of time synchronization to a wider set of applications, the final takeaway of the paper is that time service should be considered a Mission-Critical Public Utility in Hungary as well, following the referenced international examples.

**Keywords:** precision clock synchronization, Network Time Protocol (NTP), datacenter, IT Security, IEEE 1588, Precision Time Protocol (PTP), critical infrastructure

## Bevezetés

Az idő az SI-rendszerben a hét alapvető fizikai mennyiség egyike, amely egyben a legspeciálisabb, ismereteink szerint folyamatosan és állandó sebességgel nő, és mindenhol azonos értéket vesz fel a Földön (ha a relativisztikus hatások elhanyagolhatók). Ennek megfelelően tudjuk, hogy minden, az időt mérő eszköznek (órának) azonos értéket kéne mutatnia, amely feltételezés természetesen az órák hibái miatt nem teljesül. A gyakorlati tapasztalatunk is az, hogy az órák eltérő időt mutatnak, ha azokat hagyjuk felügyelet nélkül működni, és nem állítjuk be azokat – lényegében folytonosan – egy vélelmezett elég pontos referenciaórához.

Ez a természetes időfelfogás jellemző a modern informatikai rendszerekre és az azokat fejlesztőkre is. Az idő kezelése nem része az informatikai-, villamosmérnöki- stb. oktatásnak sem, ilyen jellegű tudás explicit átadására többnyire nem kerül sor. A tématerületen jobban elmélyedők a gyakorlatban tanulják meg, hogy a modern informatikai rendszerek órát a Network Time Protocol (NTP) vagy ennek az egyszerűsített SNTP-verziójának a felhasználásával az Interneten keresztül szinkronizálják, hogy azok mindig egy emberi szemmel pontos időt mutassanak. Megismerkednek a UTC (Universal Time Coordinated) fogalmával, és az időzónák, a nyári és téli időszámítás kezelésének részleteivel. Nyilvánvaló, hogy ez a megközelítés komoly negatív következményekkel jár, különösen, mivel – mint azt a cikkben bemutatom – az idő egyre fontosabb szerepet fog játszani a modern informatikai rendszerekben.

## Modern órás mesterség

Az idő az egyetlen fizikai mennyiség, ami számítógépes rendszerekben direkt módon mérhető. A számítógép órajellel működik, amelynek impulzusai egy számlálóval megszámlálhatók, és ez a számláló az adott számítógépre jellemző formátumban tárolja az aktuális időt egy kezdeti időponttól (epoch, pl. bekapcsolástól) számítva. A számítógép által belső formátumban tárolt időt számítógépes szabvány időléptékekre (pl. UNIX time vagy UTC) tudjuk átalakítani, majd humán felhasználásra alkalmas, emberi időléptékekre tudjuk konvertálni (időzóna, nyári/téli időszámítás stb.). Ezeket az emberi időléptékeket kalendáriumoknak hívjuk, amelyekből a modern világ a Gergely-naptárt használja. Persze ilyen értelemben a UNIX time vagy a UTC is egy kalendárium, csak nem emberi felhasználásra készült. A modern fizikai időformátum és időreferencia a Nemzetközi Atomidő (International Atomic Time, TAI).

## Az idő informatikai alkalmazásai

Az informatikai rendszerekben az időt események időpontjának rögzítésére, sorrendjüknek meghatározására (pl. egy elosztott rendszerben), határidők betartatására, valamint időfüggő egyéb fizikai jellemzők számítására (pl. sebesség) alkalmazzuk. Ennek megfelelően az informatika minden területén használjuk, de nagyon fontos szerepet játszik az államigazgatásban, a jogrendszerben, a pénzügyi rendszerben, a közüzemek és egyéb szol-



gáltatások területén, valamint a telekommunikációban, műsorszórásban és a termelésben (ipari mérés- és irányítástechnika) is.

A humán felhasználók számára az emberi reakcióidővel összemérhető 10–100 ms nagyságrendű pontosság szükséges, amely a gyakorlati tapasztalatok alapján NTP-vel biztosítható, de a pontosság az NTP esetén nem garantálható, ami sok alkalmazásban szükséges lenne, de sajnos ezzel nem foglalkozunk megfelelő komolysággal. A telekommunikáció és műsorszórás mellett a mérés- és ipari irányítástechnikában újabb, de alapvető felhasználása az időnek a globális időn alapuló szinkron mintavételezés és beavatkozás biztosítása elosztott rendszerekben (idővezérelt működés). Lényegében a modern kommunikációs rendszereink (így az 5G és a jövőbeli 6G mobil rendszerek is) szinkron módon működnek, a rendszer- és elemek (és így a bázisállomások is) feltételezik a globális idő nagy pontosságú (jelenleg  $\pm 1.5 \mu\text{s}$  alatti) ismeretét. Ugyanez mondható el a modern energia-elosztó rendszerekre is, amiben az állomások vezérlőrendszerei hasonló pontosságot ( $\pm 1 \mu\text{s}$ ) igényelnek. A modern járművek elosztott számítógépes architektúrájával szemben is hasonló előírásokat szükséges megfogalmazni. De egyes újabb alkalmazások már a 1 ns nagyságrendű vagy annál még pontosabb óraszinkronizáció meglétét várják el. Ezekben az alkalmazásokban a pontosságot garantálni is kell, ha az nem biztosítható, a rendszer nem működőképes. Erre az NTP semmiképpen nem alkalmas, a modern műszaki megoldások az IEEE 1588 Precision Time Protocol használatát és az azt teljes mértékben támogató infrastruktúra meglétét feltételezik, amely képes ezeket az elvárásokat teljesíteni.

Összeségében elmondható, hogy az idő megfelelő garanciákkal és pontossággal történő kezelése sok esetben nem kerül biztosításra az informatikai rendszereinkben, és napjainkban jövünk rá arra is, hogy még, ahol korábban erre kísérlet is tettünk, ott is műszaki fejlődés és a társadalmi és politikai környezetből következően már az elvárt biztonság sem garantálható. Például a GNSS-rendszerek elérhetetlenné tehetőek relatív kis erőfeszítéssel (jamming), vagy akár téves/hamis információ is sugározható ezeken a frekvenciákon (spoofing). Sajnos számos alkalommal tapasztaltak ilyet napjainkban [1]. Ennek megfelelően a GNSS-alapú időreferencia is használhatatlanná válik ebben az esetben, és mivel az NTP tipikusan GNSS-referenciát használ, az ilyen támadás alatt álló rendszerben maga az idő pontossága is ismeretlen, és minden arra alapozó szolgáltatás lényegében működésképtelen (pl. az elektronikusan beérkező dokumentumok nem valós időbélyeget kapnak, az időbélyegek sorrendje felborulhat stb.). A GNSS-rendszerek működését ezen kívül befolyásolja az úridőjárás is, pl. a napviharok, amelyek közül a nagyobbak hatására a GNSS-rendszer a napvihar folyamán elérhetetlen lesz, de a kis valószínűséggel előforduló nagyon nagy energiájú napviharok akár a GNSS-műholdakat tönkre is tehetik, ami hosszú évekre elérhetetlenné tenné az idő- és lokalizációs szolgáltatásokat.

### **Az idő mint kritikus infrastruktúra**

A fentiek alapján nyilvánvaló, hogy az informatikai rendszerekben a sok szempontból kritikus, alapinformációnak minősülő, az alkalmazások számára előírt garantált pontossággal igényelt időt nem megfelelően kezeljük, annak fontosságát nem vesszük komolyan. Szinte minden esetben az alapértelmezett, az operációs rendszer által beállított – semmilyen pontossági garanciát nem nyújtó – informatikai biztonsági szempontból nem megbízható NTP-szervereket használunk.



Sajnos ez egy súlyos biztonsági probléma. Gondoljuk csak egy szervertanúsítványra, amikor az lejár, senki nem fogadja el? Senki? Akinek rosszul jár az órája, azt elfogadja, vagy éppen nem fogad el egy érvényeset, és így rávehető egy hamis tanúsítvány letöltésére. Látható, hogy a legkritikusabb nyilvános titkosítási infrastruktúra is támadható az időn keresztül. De az idővezérelt működésen alapuló rendszerekben (telekommunikáció, energiaellátás, közlekedés, ipar stb.) az idő egy alapvető, sikeresen támadás esetén nagyon súlyos következményekkel járó támadási felület.

Ezt felismerve számos ország az időt szétosztó speciális, biztonságos és ismert pontosságú informatikai rendszereket kritikus infrastruktúrájának minősítette és egyre komolyabb előírások kerülnek kidolgozásra, hogy azt hogyan kell megfelelően működtetni és használni, ahhoz kinek kell vagy ajánlott csatlakoznia [2]. Mások ezen még csak gondolkoznak, kezdeti vizsgálatokat végeznek [3]. Fontos feladat a GNSS-rendszerek időszétosztó funkciójának megfelelő pontosságú, földi, biztonságos és megbízható megoldásokkal történő kiváltása, vagy legalábbis megerősítése egy ilyen alternatív időforrással.

## Az adatközpont és az idő

A modern infrastruktúra központi eleme az adatközpont, amely nagyszámú számítógépet tartalmaz egy nagyszávszélességű, erősen redundáns belső és külső hálózattal. Az adatközpontokban sokáig az NTP volt a használt óraszinkronizációs protokoll, de legkorábban talán a kiterjedt rendszerben létrejövő naplók vizsgálata és a hibakeresés során merültek fel pontossági problémák, hiszen az NTP esetén az egyedi szerverek naplóiban található bejegyzések időbélyegei alapján nem lehetett meghatározni az egyes események időbeli egymásutánosságát, nem lehetett az ok-okozati összefüggésekre következtetni, vagy például késleltetést mérni egy kiterjedt elosztott alkalmazásban. Ezzel párhuzamosan az adatközpontokon futó összetett, erősen párhuzamos alkalmazásokban merültek fel súlyos teljesítményproblémák, hiszen a nagyszámú felhasználó összetett interakciói során meg kellett oldani kölcsönös kizárási- és szinkronizációs problémákat, és a klasszikus algoritmusok ilyen komplexitás mellett nagyon rosszul skálázódnak [4]. Még újabb követelmény, hogy az adatközpontokon futó alkalmazásokban és felhő szolgáltatások esetén a felhasználói virtuális gépeken is felmerülnek a korábbinál sokkal pontosabb óraszinkronizációs igények, sőt, akár a virtuális gépeken futó alkalmazások kemény valós idejű végrehajtási követelményekkel történő futtatása is megjelenik felhasználók elvárásai között [5].

## Adatközpont-időszinkronizációs megoldások

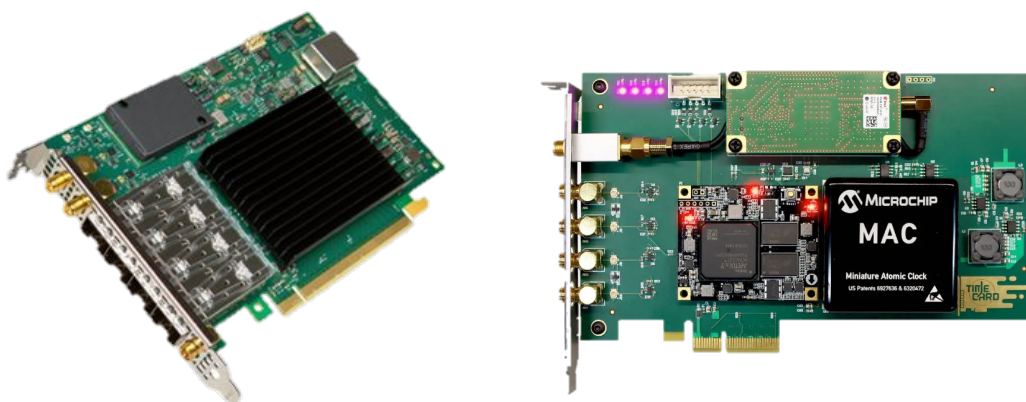
Napjainkban szinte kizárólagosan az IEEE 1588, Precision Time Protocol (PTP)-alapú megoldásokat használunk adatközpontokban és ezek a megoldások érhetőek el nyílt forráskódban is bárki számára elérhetően és tesztelhetően.

A PTP-protokoll a nagy pontosságú, garantált hibát biztosító ( $1\ \mu\text{s}$  alatti) megoldások esetén feltételezi a protokoll hardvertámogatását, ami azt jelenti, hogy a használt eszközök képesek nagy pontosságú és felbontású hardver-időbélyegek rögzítésére és eljuttatására a protokollt implementáló szoftverkomponensekhez. Milyen komponensekre van szükség egy ilyen rendszerben?

1. Időreferenciák (GNSS-vevő, atomóra, garantált időelosztó-hálózat, esetleg másodlagosan DCF77/HGA22-rádió vagy más időforrás).
2. Mesteróra, ami a referenciaidőt a PTP-protokollal elérhetővé teszi az adatközpontban.
3. Transzparens órák (Ethernet-kapcsoló vagy útvonalválasztó PTP-támogatással, minden eszköznek támogatnia kell a protokollt, ha egy eszköz nem támogatja, nem adható garancia a pontosságra.).
4. Végpontok hálózati kártyáinak is kell támogatni a PTP-t, ehhez a hálózati kártyáknak (Network Interface Controller, NIC) és azok eszközmeghajtóinak támogatnia kell a PTP-t.
5. Számítógépen belüli idő- és frekvenciaszinkronizációs megoldás a rendszeróra (System Clock) és szükséges perifériák (pl. Video, Audio stb. alrendszerek) szinkronizációjára.
6. Rendszerelemek az óraszinkronizáció pontosságának folyamatos vizsgálatára és ellenőrzésére (mérőműszer, adatgyűjtő rendszer stb.).

### Elérhető megoldások

Napjainkban a legtöbb szerver hálózati kártyája támogatja a PTP-t, és rendelkezésre állnak a szükséges eszközmeghajtók is. Például az Intel jelenleg a piacon lévő összes kliens- és szerverpiacot megcélzó Ethernet-vezérlője minden tekintetben kielégíti a megfogalmazható követelményeket (i210/i215/i216/x550/x710/e810), és az ezekből előállított NIC-ek többnyire rendelkeznek a szükséges hardver ki- és bemenetekkel is, amivel pl. a pontosság ellenőrizhető. Ezek az eszközök tökéletesek a végpontok időszinkronizációjához. Ezen kívül elérhetők NIC-ek speciális időszinkronizációs kiegészítőkkel (pl. E810-XXVDA4T, lásd 1.(a) ábra), mint például van GNSS-vevő, nagy pontosságú oszcillátor, precíziós digitális frekvenciaszintetizátor (DPLL). Ezek a kártyák már alkalmasak mesterórának vagy ellenőrizhető velük a pontosság is [7,8]. Szintén elérhetők dedikált mesterórák vagy speciális mesteróra add-on kártyák, mint például a Meta TimeCard (lásd 1.(b) ábra), amelyet ki kell egészíteni a PTP-t támogató NIC-kel.



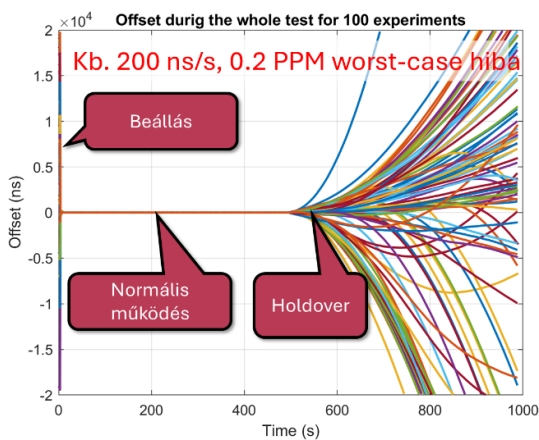
1. ábra: Időszinkronizációs célú, mesterórának is alkalmazható PCIe-kártyák  
(a) Intel E810-XXVDA4T NIC, (b) Meta TimeCard (NIC-et nem tartalmaz)

Jelenleg a legnagyobb problémát a PTP-kompatibilis hálózati infrastruktúra megteremtése jelenti, különösen mivel a skálázhatóság miatt az adatközpontokban alkalmazott PTP-verzió/profil egyedi (Unicast IP, one-step clock). A nagyobb kommerciális Ethernet-kapcsoló és útvonalválasztó gyártó a PTP-t csak egyes eszközökön, többnyire korlátozottan támogatják (pl. Cisco 9000 család egyes eszközei), és az PTP-adatközpontprofil támogatása nem is jellemző. A nagy adatközpont üzemeltetők a hálózati infrastruktúrát is maguk állítják elő, így azok a PTP-t támogatják, de ezek az eszközök nem kerülnek nyilvános forgalomba, és nem elérhetők más adatközpontok számára. Várhatóan ez a helyzet csak az elkövetkező években, a technológia elterjedésével fog változni.

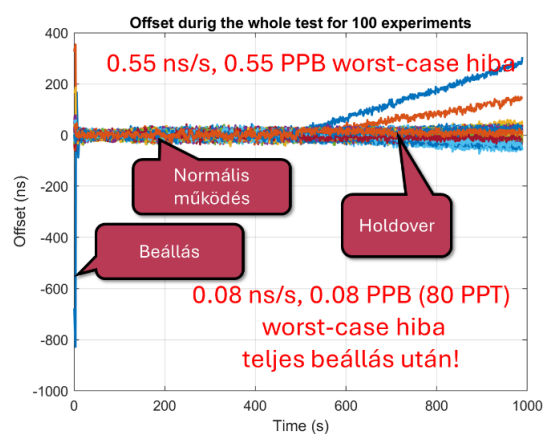
Fontos, hogy a végpontokon a PTP-implementáció (pl. linuxptp/ptp4l) csupán a NIC-ben található fizikai hardverórát (Physical Hardware Clock, PHC) szinkronizálja. Ezek után a rendszerórát ehhez kell szinkronizálni egy következő alkalmazással (pl. linuxptp/phc2sys). Ennek a lépésnek a pontossága is függ a rendelkezésre álló hardvertől, de alapesetben ennek a pontosságára nem lehet garanciát adni, és azt mérni is csak speciális eszközök felhasználásával lehet. Ugyanakkor az Intel Time Coordinated Computing (TCC) kezdeményezést teljes mértékben megvalósító (gyakorlatilag a 13. generációs és annál újabb) eszközök esetén már a rendszeróra is hardverszinkronizálható a PTM+ART+TGPIO-technológiák felhasználásával [6].

## Elérhető pontosság

Az elérhető pontosságot a BME-MIT tanszéken vizsgáltuk az Intel E810-XXVDA4T és E810-XXVDA4-kártyák (Intel támogatásával), Cisco IE4000 Ethernet-kapcsolók (Cisco támogatásával), Meta TimeCard (Meta Engineering támogatásával), és Meinberg M600 és M1000 mesterórák felhasználásával (Meinberg támogatásával). A mérések során vizsgáltuk a szinkronizált állapotban elérhető pontosságot (legrosszabb hiba), majd a mesterórával történő kommunikáció elvesztése után előálló helyzetet (holdover), amikor is a kártya a zavarások miatt pontosságát folyamatosan elvesztő állapotban van, és a kérdés az, hogy mekkora időintervallumon belül képes fenntartani az előírt pontosságot.



(a) E810-XXVDA4



(b) E810-XXVDA4T

2. ábra: Időszinkronizáció pontossága normális működésben és holdover módban normál és speciális időszinkronizációs célú kártyával

A 2. ábra a mérésekből két érdekes eredményt mutat be. A 2. (a) ábrán egy E810-XXVDA4-kártya (normál hálózati kártya) viselkedését mutatja standard beállításban. A kártya normális működésben 100 ns alatti hibát produkál, de ha elveszti a mesterórát, kevesebb mint 1 perc alatt az előírás szerinti 1  $\mu$ s feletti hibát gyűjt össze. Ezzel szemben a speciális idősinkronizációs kártya több órát képes ennél kisebb hibával működni a nagy pontosságú oszcillátor és DPLL-algoritmus-, valamint a megfelelő szoftverbeállítások miatt. A beállítások részletei és a kimerítő vizsgálatok megtalálhatók az ISPCS 2023 konferencián bemutatott publikációkban [7,8].

## Összegzés

Az idő kezelése a modern informatikai rendszerekben sajnálatos módon nem kapja meg a megfelelő figyelmet. Az óraszinkronizációra többnyire használt NTP-protokoll alkalmazása sem biztonsági, sem pontossági, sem megbízhatósági szempontból sem felel meg az igényeknek, különösen, mivel a gyakorlatban referencia óraként használt GNSS-vevők sem tekinthetők már megbízhatónak a jamming/spoofing gyors terjedése miatt. Ezt a problémát felismerve sok országban kezdték el az időt kritikus nyilvános infrastruktúráként meghatározni, és annak minden szempontból megfelelő szétosztásáról gondoskodni. Sajnos ez hazánkban még nem történt meg, és a helyzet változására mutató jelek sincsenek.

Az adatközpontokban ezért egyre gyakrabban térnek át az IEEE 1588 Precision Time Protocol használtára, amely referenciahardver elemeit és a velük elérhető pontosságot is röviden bemutatja a cikk a szerző korábbi – a témát részletesen bemutató – publikációira hivatkozva.

## Irodalomjegyzék

- [1] Russia blamed for GPS interference affecting flights in Europe, BBC, <https://www.bbc.com/news/articles/cnegook4wvjo> letöltve 2024. 06. 20.
- [2] Leon Lobo „Resilient Time for the Future”, National Physical Laboratory, UK, ISPCS 2023, Keynote
- [3] Sarcevic, Sani, and Osman Sibonjic. „National Time Scale of Bosnia and Herzegovina as Timing and Synchronization Source in Critical Infrastructure.” In *2023 IEEE International Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control, and Communication (ISPCS)*, London, United Kingdom, 2023.
- [4] Obleukhov, Oleg, Alexander Bulimov, and Ahmad Byagowi. „Simple Precision Time Protocol (SPTP).” In *2023 IEEE International Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control, and Communication (ISPCS)*, London, United Kingdom, 2023.
- [5] Amazon Time Sync Service now supports microsecond-accurate time, Amazon Web Services, <https://aws.amazon.com/about-aws/whats-new/2023/11/amazon-time-sync-service-microsecond-accurate-time/> letöltve: 2024. 06. 20.
- [6] Real-Time Computing at the Edge, Intel Corporation, <https://www.intel.com/content/www/us/en/developer/topic-technology/edge-5g/real-time/overview.html> letöltve: 2024. 06. 20.

- [7] T. Kovácsházy. „Holdover Improvements to the linuxptp Servo for Network Adapters with High-Precision Oscillators.” In *2023 IEEE International Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control, and Communication (ISPCS)*, London, United Kingdom, 2023.
- [8] T. Kovácsházy and Z. Fodor, „Linuxptp Servo Optimization for Network Adapters with High-Precision Oscillators,” *2023 IEEE International Symposium on Precision Clock Synchronization for Measurement, Control, and Communication (ISPCS)*, London, United Kingdom, 2023.