

Valós idejű utastájékoztató SmartPage e-papír alapú kijelző rendszerrel

Fecske Tamás¹ – Kecskés Rita²

HC LINEAR Műszaki Fejlesztő Kft.

e-mail: fecske.tamas@hclinear.hu, kecskes.rita@hclinear.hu

Kézirat benyújtva: 2026.04.02.

Kézirat elfogadva: 2026.05.05.



© Fecske T., Kecskés R.

Absztrakt

A korszerű közösségi közlekedési rendszerek egyik kulcseleme a pontos és megbízható utastájékoztató biztosítása. A hagyományos papíralapú menetrendek statikus jellegűek, így nem képesek megjeleníteni a közlekedési rendszer valós idejű változásait, míg a digitális LED vagy TFT/LCD kijelzők jelentős energiafogyasztási és infrastruktúra-igénnyel működnek. Ezekre a problémákra nyújt megoldást az e-papír technológián alapuló, energiahatékony utastájékoztató eszköz a közösségi közlekedés résztvevői számára. Vállaltunk, a HC Linear Kft. egy projekt keretén belül fejlesztette ki a SmartPage utastájékoztató rendszert.

Kulcsszavak: e-papír kijelző, utastájékoztató rendszer, intelligens közlekedési rendszerek, valós idejű utastájékoztató, SmartPage

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2026.3.3>

1. BEVEZETÉS

A megbízható utastájékoztató a modern közösségi közlekedési rendszerek egyik alapvető eleme. A járművek érkezésére, indulására és az esetleges szolgáltatási változásokra vonatkozó pontos és naprakész információk jelentősen javítják az utasélményt, valamint hozzájárulnak a közlekedési hálózatok hatékonyabb működéséhez. Az elmúlt években a közösségi közlekedési infrastruktúra digitalizációja lehetővé tette a valós idejű utastájékoztató rendszerek széles körű elterjedését, amelyek járműkövetési adatok és központi adatfeldolgozás segítségével biztosítanak dinamikus információkat az utasok számára.

A megállóhelyeken elhelyezett hagyományos utastájékoztató általában nyomtatott menetrendeken alapul. Bár ezek a megoldások

egyszerűek és költséghatékonyak, alapvetően statikus jellegűek, így nem képesek tükrözni a közlekedési helyzet valós idejű változásait, a kéréseket vagy az esetleges szolgáltatási zavarokat. A papíralapú menetrendek frissítése manuális beavatkozást igényel, ami korlátozza a gyakori módosítások lehetőségét és növeli az üzemeltetési terheket. Ugyanakkor a papíralapú indulási jegyzékek fontos előnye a teljes menetrendi információ egyidejű, strukturált megjelenítése, amely a felhasználók számára jól áttekinthető és megszokott formátumot biztosít, ezért teljes kiváltásuk műszaki és felhasználói szempontból egyaránt mérlegelést igényel.

Az elmúlt évek kijelző-technológiai fejlődése új lehetőségeket teremtett az alacsony energiafogyasztású információs rendszerek számára. Az elektronikus papír (e-paper) technológia ígéretes alternatívát jelent, mivel rendkívül alacsony

energiafelhasználással működik, miközben különböző fényviszonyok mellett – beleértve a közvetlen napsütést is – kiváló olvashatóságot biztosít. A hagyományos LED és LCD kijelzőkkel ellentétben az e-papír technológia csak a tartalom frissítésekor fogyaszt energiát, ami lehetővé teszi az akkumulátoros és napelemes működést (1. ábra).



1. ábra: HC LINEAR Kft. által fejlesztett SmartPage kijelző (Forrás: saját szerkesztés)

Az e-papír alapú megoldások alkalmazása a megállóhelyi utastájékoztatásban alapvetően két irányban értelmezhető: egyrészt a hagyományos papíralapú indulási jegyzékek teljes kiváltásaként, másrészt azok kiegészítéseként, dinamikus és valós idejű információk biztosítására. Mindkét megközelítés eltérő műszaki és üzemeltetési kompromisszumokat hordozott, különös tekintettel a megjeleníthető információ mennyiségére, a frissítési gyakoriságra, az energiaellátási feltételekre, valamint a felhasználói elvárásokra.

2. TECHNOLÓGIAI ÁTTEKINTÉS

A modern városi közlekedési rendszerek fejlődése szorosan összefügg az intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transportation Systems – ITS), az IoT (Internet of Things), valamint az energiahatékony megjelenítési technológiák térnyerésével. E technológiai konvergencia különösen az utastájékoztatási rendszerek területén eredményezett jelentős előrelépést, ahol a fizikai infrastruktúra és a digitális adatfeldolgozás integrációja egyre hangsúlyosabbá

válik. A szakirodalomban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak azok a megoldások, amelyek valós idejű információval támogatják az utasokat, növelve a szolgáltatás megbízhatóságát és vonzerejét. Ezen megoldások közé tartoznak a megállóhelyi kijelzők, amelyek a hagyományos statikus információhordozók és a dinamikus, hálózatba kapcsolt rendszerek közötti átmenetet képviselik és amelyek esetében kiemelt kérdés a funkcionalitás, az energiahatékonyság és az üzemeltetési költségek közötti optimalizáció.

2. 1. Valós idejű utastájékoztató rendszerek

A valós idejű utastájékoztató rendszerek (RTPI – Real-Time Passenger Information) kulcsszerepet játszanak a közösségi közlekedés minőségének javításában. Kutatások szerint az ilyen rendszerek jelentősen növelik az utasok elégedettségét és csökkentik az utazással kapcsolatos bizonytalanságot (Zhang et al., 2021).

Az RTPI rendszerek alapját az automatikus járműkövető rendszerek – Automatic Vehicle Location (AVL) – technológiák adják, amelyek jellemzően GPS-alapú járműkövetést alkalmaznak (Furth & Muller, 2006). A járművek fedélzeti egységei folyamatosan továbbítják a pozíció adatokat egy központi szerver felé, amely feldolgozza azokat és elérhetővé teszi az utasok számára.

A hazánkban elterjedt, a HC Linear Kft. által kifejlesztett GPS-alapú flottakövető rendszer is lehetővé teszi a járművek aktuális helyzetének meghatározását, valamint a mozgási paraméterek elemzését. A rendszer folyamatos adatgyűjtést és -továbbítást biztosít, amely a központi feldolgozó rendszerek számára naprakész állapot-információkat szolgáltat a járművek üzeméről és pozíciójáról. Ezek az adatok alapvető bemeneti információként szolgálnak az ETA (Estimated Time of Arrival), azaz a várható érkezési idő számításához. Az ETA modellek gyakran kombinálják a valós idejű és historikus adatokat, így dinamikus módon képesek alkalmazkodni a forgalmi viszonyokhoz (Zanella et al., 2014). Ezen modellek pontosságát kulcsfontosságú a megállóhelyi utastájékoztatás szempontjából, mivel közvetlenül befolyásolja a megjelenített információk megbízhatóságát és az utasok döntéshozatali folyamatait.

A fejlettebb megközelítések már mesterséges intelligenciát is alkalmaznak. A neurális háló alapú modellek jelentősen javíthatják az előrejelzési pontosságot, különösen komplex városi környezetben (Jeong et al., 2005). Az ilyen típusú modellek képesek nagy mennyiségű, heterogén adat, például forgalmi terhelés, időjárás körülmények és korábbi közlekedési mintázatok együttes feldolgozására, ezáltal robusztusabb és adaptívabb előrejelzést biztosítva.

2. 2. IoT megoldások a közösségi közlekedési infrastruktúrában

Az IoT technológiák integrációja új lehetőségeket teremt a közlekedési rendszerek fejlesztésében. Az IoT-alapú rendszerek lehetővé teszik különböző szenzorok és eszközök hálózatba kapcsolását, amelyek valós időben gyűjtik és továbbítják az adatokat (Zanella et al., 2014).

A közösségi közlekedésben az IoT alkalmazása több területet is érint, beleértve a járműkövetést, az utasszámlálást és a forgalmi adatok gyűjtését. Egyes rendszerek már képesek a járművek telítettségének becslésére is, amely segíti az utasokat az optimális döntések meghozatalában (Al-Fuqaha et al., 2015).

Az „okos megálló” (smart bus stops) az IoT infrastruktúra fontos elemei. Ezek digitális kijelzőkkel és kommunikációs modulokkal vannak felszerelve, amelyek valós idejű információkat jelenítenek meg. Egyes kutatások szerint ezek a rendszerek energiahatékony módon is működtethetők, például napelemes ellátással (Rosa et al., 2023).

Az IoT rendszerek skálázhatóságuk és integrálhatóságuk miatt kulcsszerepet játszanak az okos város koncepciók megvalósításában.

2. 3. E-papír kijelzők a közösségi információs rendszerekben

Az utastájékoztató rendszerek egyik fontos eleme a megfelelő kijelző-technológia kiválasztása. Az e-papír kijelzők, bizonyos közismertebb nevén e-ink kijelzők, egyre népszerűbbek az alacsony energiafogyasztásuk miatt. Mivel ezek a kijelzők csak frissítéskor fogyasztanak energiát, ideálisak kültéri, autonóm rendszerekhez (Heikenfeld et al., 2011; Henriquez-Jara et al., 2025).

További előnyük a kiváló olvashatóság erős napfényben, amely különösen fontos kültéri környezetben. Az e-papír kijelzők reflektív működése biztosítja a jó kontrasztot nappali fényviszonyok között is.

Bár a technológia korlátai közé tartozik a lassabb frissítési sebesség és a korlátozott színtartomány, ezek az utastájékoztató szempontjából általában nem jelentenek problémát.

Az e-papír technológia felhasználása számos esetben már elterjedt, többféle igényre is használható (e-book, árjelzők, stb.), ám ezek főként szobahőmérsékletre tervezett, korlátozott élettartamú készülékek. Megfelelő működésük jó megvilágítás, normál beltéri környezeti viszonyok között biztosított. Utastájékoztatósi célokra ugyan voltak korábbi nemzetközi próbálkozások, ám ezek általában prototípus jelleggel kerültek megvalósításra bizonyos városokban, pilot-üzemben.

Csatlakozva ezen törekvésekhez, a HC Linear Kft.-nél rendelkezésre álló utastájékoztató kijelző portfólió bővítése történt e-papír alapú technológiát használó kijelzővel, feloldva a technológiához és a fejlesztéshez kapcsolódó műszaki bizonytalanságokat, ezzel egy újszerű terméket létrehozva, mely mind hazai, mind nemzetközi piacon is versenyképes tud lenni.

3. A PROJEKT ÚJSZERŰSÉGE

A kutatás-fejlesztési projekt (GINOP_PLUSZ-2.1.1-21-2022-00149 azonosítószám-mal) újszerűsége az e-papír kijelző-technológia kültéri körülmények között üzemelő eszköz alkalmazásában rejlik, napelemes energiaellátással, vezeték nélküli kommunikációval, valamint hazai utastájékoztató rendszerekkel integrált kialakítás mellett.

A K+F tevékenység megkezdését megelőzően átfogó piackutatást végeztünk, amelynek eredményeként megállapítottuk, hogy sem hazai, sem nemzetközi viszonylatban nem azonosítható olyan vállalat, amely alacsony energiafogyasztású, napelemes működésű e-papír alapú utastájékoztató megoldást komplex módon fejlesztett volna, beleértve a hardver, az üzemeltető szoftver, a háttérrendszer és a kapcsolódó szolgáltatások integrált szintjét,

továbbá, amely képes lett volna valamely magyarországi utastájékoztató rendszerrel való natív együttműködésre.

A fejlesztés egyik meghatározó célkitűzése egy gyakorlatban alkalmazható alternatíva biztosítása volt a hagyományos, közműegyeztetési és engedélyeztetési folyamatokhoz kötött, jelentős beruházási költségű, LED-alapú kültéri utastájékoztató kijelzők mellé. A városi közlekedésben elterjedt, nagyméretű megállóhelyi és pályaudvari LED kijelzők nem alkalmasak a megállóokban elhelyezett papíralapú menetrendi tájékoztatók teljes körű kiváltására. A LED kijelzők által megjelenített adattartalom jellemzően a következő néhány járat megnevezésére és érkezési idejére korlátozódik, miközben felbontásuk és megjelenítési képességük korlátozott. Egy átlagos méretű LED kijelző beszerzési és telepítési költsége jelentős, amely magában foglalja az energiaellátás kiépítését, az alaptettek kialakítását, a nagy tömegű kijelzőt tartó egyedi oszlop telepítését, valamint a kivitelezési és helyreállítási munkálatokat. Városi környezetben mindezek összköltsége kijelzőnként átlagosan a nettó 1,5–2,5 millió forintot is elérheti, és számos nehezítő körülménnyel is számolni kell (például út alatti átfúrás, távoli energiavételezési pont, csak éjszakai árammal érhető el, műemléki környezet). Helyközi közlekedésben, különösen kistéleplési környezetben és bekötötak mentén a távoli energiaellátás miatt a telepítés gyakran műszakilag nem megvalósítható vagy aránytalanul magas költségekkel járna. Amennyiben mégis kivitelezhető, komplex tervezési, engedélyezési és kivitelezési folyamatokat igényel, beleértve az útbontást, forgalomkorlátozást, betonozást, helyreállítást, valamint a kapcsolószekrény és a mérőhely kialakítását, amelyek jellemzően legalább 4–6 hónapos kivitelezési időt eredményeznek, majd ezt követően folyamatos energiafelvétel merül fel. Ezzel szemben az e-papír alapú megállóhelyi kijelző teljes életciklusra vetített bekerülési és üzemeltetési költsége, mind helyi, mind helyközi környezetben lényegesen kedvezőbb. Az e-papír kijelzők emellett nagyobb felbontást és szélesebb funkcionális biztositanak.

Az újszerű megoldás külső energiaellátás kiépítése és folyamatos energiafelvétel nélkül is üzemképes, ezáltal fenntartható alternatívát kínál a közlekedési szolgáltatók és önkormányzatok

számára. Az üzemeltetés magas fokon automatizált, így nincs szükség menetrendi lapok rendszeres újra nyomtatására és fizikai kihelyezésére. Az e-papír alapú dinamikus utastájékoztató kijelző nem csupán a statikus információk megjelenítésére alkalmas, hanem valós idejű, kiterjesztett utastájékoztatói funkciókat is támogat, miközben csökkenti a papírfelhasználást és az ehhez kapcsolódó munkaerőigényt is. A rendszer funkcionálitása meghaladja a jelenleg utastájékoztatói célokra alkalmazott, alacsony felbontású LED kijelzők képességeit.

A fenti technológiai alapokra építve került ki-fejlesztése a SmartPage termékcsalád és a hozzá kapcsolódó szoftverrendszer, amely egy energiahatékony, integrált utastájékoztatói platform, kifejezetten közösségi közlekedési környezetben történő alkalmazásra optimalizálva. A rendszer tervezésének kiemelt szempontja az energiafogyasztás minimalizálása, miközben megbízható, jól olvasható és magas információ-sűrűségű megjelenítést biztosit az utasok számára.

4. E-PAPÍR KIJELZŐ INTEGRÁLHATÓSÁGA KÖZLEKEDÉSINFORMATIKAI RENDSZEREKBE

A készülék könnyen integrálható a MÁV-Csoport által rendszeresített Helyközi Közösségi Közlekedési Információs Rendszerhez (HKIR) és számos város forgalomirányító és utastájékoztató rendszeréhez, akár hazai, akár nemzetközi környezetben. A hazai célpiac számára tehát mindenképpen előnyös, hogy egy meglévő komplex rendszert bővíthet ugyanazon fejlesztő-gyártó termékcsaládjával. Emellett olyan központi adatkommunikációs és eszközmenedzselő szoftverrendszert is fejlesztünk a kijelző mellé, amely a meglévő rendszerektől függetlenül is működőképes, tehát bármely más ország vagy város szakmai rendszeréhez is integrálható lesz.

Olyan, kültéri környezeti viszonyok között is megbízhatóan működő, árban versenyképes, tervezési és telepítési sebességben gyors, rugalmasan paramétereztető és távolról is felügyelhető, nemzetközi szinten is versenyképes, nap-emeses üzemű, e-papír technológián alapuló megoldást fejlesztettünk, amely kiválthatja a

jelenlegi nyomtatott utastájékoztató menetrendi papírokat a megállókban és a pályaudvari várótermekben, továbbá képes kiváltani vagy kiegészíteni az egyéb kihelyezett utastájékoztató kijelzőket is.

A szűken vett utastájékoztatóon kívül városokban, falvakban és kistelepüléseken hirdetések, helyi tájékoztató anyagok megjelenítésére is alkalmas – beágyazott szoftverre tehát nem valós idejű menetrendi adatokra specifikus, hanem képes lehet időzített reklámblokkok megjelenítésére is.

Célunk, hogy az eszköz elterjedésével a közösség számára az utastájékoztató sokkal dinamikusabbá, gyorsabbá váljon, a járatkimaradások, a menetrendváltozások azonnal láthatóak legyenek.

A fejlesztés azért is újszerű és időszerű, mert okos városok és falvak születnek, a valós idejű utastájékoztató, az utazóközönség korától (fiatal és idősebb korosztály), pénzügyi lehetőségeitől (internetképes modern okostelefontól) és lakhelyétől (kis települések) függetlenül mindenki számára elérhető lesz. A több ezer megállóban szükségletné váló menetrendi papírok cseréje jelentős költségmegtakarítást eredményezhet.

5. A FEJLESZTÉS EREDMÉNYTERMÉKE, A RENDSZER BEMUTATÁSA

A kutatás-fejlesztési projekt eredményeképp létrehozott SmartPage termékcsalád egy alacsony fogyasztású, valós idejű tájékoztató eszköz, kültéri környezetre tervezve.

A 13,3"-os e-papír kijelző 1600×1200 pixeles felbontással, 16 szintű szürkeárnyalattal és kiváló olvashatósággal rendelkezik nappali fényben is. Sötétédkor a beépített fényérzékelő automatikusan aktiválja az előtétvilágítást, így a tartalom minden napszakban jól látható marad. (2. ábra)

A készülék alapértelmezett megjelenítési módja a dinamikus érkezési jegyzék, amely az adott megállóhelyen rövid időtávon belül érkező járatokat jeleníti meg, valós idejű adatok alapján. A megjelenített információk a központi



2. ábra: Minden napszakban jól látható SmartPage kijelző (Forrás: saját szerkesztés)

járműkövetési és adatfeldolgozó rendszerekből származó ETA számításokra épülnek, így figyelembe veszik az aktuális forgalmi viszonyokat, késéseket és egyéb üzemeltetési tényezőket. Ez a működési mód elsősorban az azonnali döntéshozatalt támogatja, lehetővé téve az utasok számára a gyors és releváns információkhoz való hozzáférést.

A készüléken elhelyezett fizikai nyomógombok biztosítják a felhasználói interakció lehetőségét. Ezek segítségével a felhasználók egyszerű és egyértelmű módon válhatnak a dinamikus megjelenítésről a statikus menetrendi nézetre, amely a hagyományos papíralapú indulási jegyzékeknek megfelelő, teljes körű menetrendi információt tartalmazza. A statikus nézet strukturált formában jeleníti meg az adott megállóból induló összes járatot, azok menetrendi időadataival és sajátosságaival.

A felhasználói interakciók kezelése során kiemelt szempont volt az intuitív használhatóság és az akadálymentesség: a kezelőfelület kialakítása minimalizálja a szükséges beavatkozások számát, miközben egyértelmű visszajelzést ad a kiválasztott megjelenítési módról. A rendszer támogatja azt az üzemeltetési követelményt is, hogy a dinamikus és statikus információk közötti váltás minden felhasználó számára gyorsan és megbízhatóan elérhető legyen, függetlenül a hálózati kapcsolat aktuális állapotától.

A kijelzőt egy oszlopra szerelhető 20 W-os nap-elem és egy 20 Ah-s belső akkumulátor látja el energiával alapesetben, mely opcionálisan bővíthető. Energiafogyasztása minimális, így rendszerint 2 hétig is működik töltés nélkül, ami

jelentős megtakarítást eredményez az üzemeltetés és karbantartás terén. Ez azt jelenti, hogy az információ megbízhatóan elérhető – időjárástól és hálózati áramellátástól függetlenül.

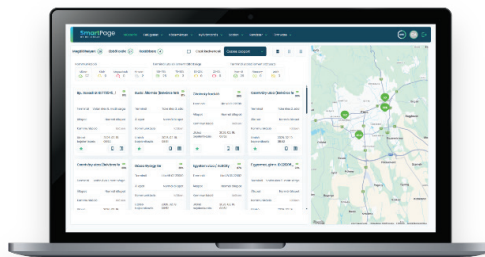
5. 1. Valós idejű adatkapcsolat és menetrend információk

Az e-papír alapú indulási jegyzékek bevezetése során a fejlesztés egyik meghatározó szempontja volt a közszolgáltatási szerződésekben rögzített utastájékoztatói követelményeknek való megfelelés biztosítása. A hazai közszolgáltatási gyakorlatban a szerződések és azok szolgáltatási szintre vonatkozó mellékletei (például: MÁV Személyszállítási Zrt. - Vasúti és buszszemélyszállítási közszolgáltatási szerződés – 2025) előírják a megállóhelyi utastájékoztató kötelező adattartalmát, ideértve a megállóból induló járatok teljes körű felsorolását, azok menetrendi időadatait, valamint az információk folyamatos hozzáférhetőségét és naprakészségét. Elvárás továbbá, hogy az utastájékoztatóknak egyértelműnek, jól olvashatónak és a felhasználók számára megszokott struktúrában kell megjelennie, valamint biztosítani kell az információk elérhetőségét hálózati vagy informatikai hiba esetén is.

Ennek megfelelően a fejlesztett e-papír alapú rendszer kialakítása biztosítja a hagyományos papíralapú indulási jegyzékek teljes menetrendi adattartalmának megjelenítését, valamint annak kiegészítését valós idejű információkkal. A rendszer működése megfelel annak a követelménynek is, hogy kiesés esetén legalább a statikus menetrendi információk folyamatosan elérhetőek maradjanak.

A kijelzők kialakítása és működése illeszkedik a korszerű utastájékoztatói rendszerek műszaki követelményeihez: kompatibilisek a GFS-RT szabvánnyal, így képesek valós idejű menetrendi adatok, késések, sietések és forgalmi információk megjelenítésére. A beépített LTE modem biztosítja a távoli tartalomfrissítést és a folyamatos rendszerfelügyeletet. Az akadálymentes használatot fizikai nyomógombok, valamint például 433,92 MHz-es távirányítós vezérlés támogatja, míg a beépített, többnyelvű TTS (text-to-speech) funkció állítható hangerő mellett teszi lehetővé az auditív utastájékoztatót.

A kijelzőkhöz tartozó saját fejlesztésű, online, felhőalapú kezelőrendszer lehetővé teszi, hogy a tartalom szerkesztése bárhol, bármikor megtörténhessen – mindössze egy internetkapcsolattal rendelkező böngésző szükséges hozzá. Nemcsak közlekedési információk megjelenítésére alkalmas az eszköz, hanem közlemények, hírek, helyi információk és események dinamikus közzétételére is. A frissítések azonnal végrehajthatók, de lehetőség van előre időzített tartalom közzétételre is. A rendszer kialakításánál elsődleges szempont volt az átláthatóság és az egyszerű kezelhetőség. (3. ábra)



3. ábra: SmartPage tartalomszerkesztő felület
(forrás: saját szerkesztés)

5. 2. Robusztus kialakítás kültéri használatra

A porszórt acél burkolat, a 4 mm vastag IK09 minősítésű, csillogásmentes edzett üveg, valamint az IP65 védetség garantálják a kijelző tartósságát. Az eszköz -15 °C és +65 °C közötti hőmérsékleten is megbízhatóan üzemel – legyen az peron, megállóhely vagy információs csomópont. A készülék nem csupán hardver, hanem egy megbízható, hosszú élettartamú digitális infrastruktúra eleme a jövő városaihoz.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A HC Linear Kft. SmartPage termékfejlesztése magyar mérnöki munka eredménye, amely európai minőségben válaszol a városok hosszú távú igényeire. Célunk, hogy hozzájáruljunk egy átláthatóbb, fenntarthatóbb és élhetőbb közlekedési rendszerhez. (4. ábra)

Az e-papír technológiára épülő megállóhelyi utastájékoztatói rendszerek képesek áthidalni a hagyományos papíralapú és a dinamikus,

digitális megoldások közötti funkcionális és üzemeltetési szakadékot. A bemutatott fejlesztés igazolja, hogy megfelelő rendszerintegráció és architektúra mellett biztosítható a közszolgáltatási szerződésekben előírt teljes körű menetrendi adattartalom megjelenítése, miközben lehetőség nyílik valós idejű információk szolgáltatására is. A dinamikus és statikus megjelenítési módok kombinációja, valamint a felhasználói interakciók támogatása olyan hibrid megközelítést eredményez, amely mind műszaki, mind felhasználói szempontból alternatívát jelent a meglévő rendszerek mellé vagy azok kiváltására.

A SmartPage kijelzők egyidejűleg kezelik a fenntarthatósági, gazdasági és informatikai kihívásokat. A papíralapú menetrendek kiváltásával csökkenthető az üzemeltetési költség és

az erőforrás-felhasználás, valamint a rendszeres nyomtatási és helyszíni karbantartási igény, ezáltal mérsékelhető az üzemanyag-felhasználás és a kapcsolódó CO₂-kibocsátás. Az energiahatékony működés, különösen napelemes alkalmazás esetén, lehetővé teszi a hagyományos infrastruktúrától független telepítést, ami új alkalmazási területeket nyit meg energiaellátással nehezen lefedhető helyszíneken.

A rendszer az utasok számára folyamatosan elérhető, jól olvasható és valós idejű információkat biztosít, ezáltal növeli a szolgáltatás megbízhatóságát és használhatóságát. A SmartPage megoldás hazai fejlesztésként illeszkedik az európai közlekedési és digitalizációs törekvésekhez és hosszú távon hozzájárulhat egy hatékonyabb, fenntarthatóbb és felhasználóközpontú közösségi közlekedési rendszer kialakításához.



4. ábra: Közlekedési rendszer fenntarthatóságának növelése SmartPage eszközzel (forrás: saját szerkesztés)

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., Ayyash, M. (2015) Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17 (4), pp. 2347–2376. DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- [2] Furth, P. G., Muller, T. H. J. (2006) Service reliability and hidden waiting time: Insights from automatic vehicle location data. *Transportation Research Record*, 1955 (1), pp. 79–87. DOI: <https://doi.org/10.1177/0361198106195500110>
- [3] Heikenfeld, J., Drzaic, P., Yeo, J. S., Koch, T. (2011) A critical review of the present and future prospects for electronic paper. *Journal of the Society for Information Display*, 19 (2), pp. 129–156. DOI: <https://doi.org/10.1889/JSID19.2.129>
- [4] Rosa, M. P., Sousa, N., Rodrigues, J., Cavaleiro, R., & Lamarão, H. (2023). Sustainable Bus Stop for Inclusive and Smart Cities. *INCREaSE 2023: Proceedings of the 3rd International Congress on Engineering and Sustainability in the XXI Century* (pp. 243–257). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-031-44006-9_18
- [5] Jeong, R., & Rilett, L. R. (2005). Bus arrival time prediction using artificial neural network model. In *Proceedings of the IEEE Intelligent Transportation Systems Conference* (pp. 988–993). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2004.1399041>
- [6] Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., & Zorzi, M. (2014). Internet of Things for smart cities. *IEEE Internet of Things Journal*, 1 (1), 22–32. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>
- [7] Henríquez-Jara, B., Arriagada, J., & Tirachini, A. (2025). Impact of real-time information on passenger satisfaction across varying public transport quality levels in 13 Chilean cities. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 200, 104622. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104622>
- [8] MÁV Személyszállítási Zrt. – Vasúti és buszos személyszállítási közszolgáltatási szerződés – 2025 <https://www.mavcsoport.hu/mav-szemelyszallitas/bemutakozas/vasuti-es-buszos-szemelyszallitasi-kozszoalgalatasi-szerzodes>



Real-time passenger information with the SmartPage e-paper display system

Keywords: e-paper display, passenger information system, intelligent transportation systems, real-time passenger information, SmartPage

A key element of modern public transportation systems is providing accurate and reliable information for passengers. Traditional paper-based schedule boards are static and thus unable to display real-time changes affecting the public transportation system, while digital LED or TFT/LCD displays operate with significant energy consumption and require substantial investment in infrastructure. An energy-efficient passenger information device based on e-paper technology offers a solution to these challenges for operators of public transportation, which has been implemented by the company, HC Linear Kft.

