

Bunyitai Ákos

bunyitai.akos@gmail.com

TERAHERTZ-ES TECHNOLOGIA ALKALMAZÁSA A BIZTONSÁGTECHNIKÁBAN

Absztrakt

Jelen tanulmány röviden összefoglalja azokat az ismereteket, amelyek napjainkban a világ számos fejlett országában elterjedőben lévő elektromágneses sugárzás TeraHertz spektrumának a biztonságtechnikában lévő alkalmazásának alapjai. Tudományos kutatások eredményeire támaszkodva objektíven vizsgálja a THz-es technológia előnyeit, hátrányait. Célja, hogy a felhasználók, érdeklődők, biztonságtechnikával foglalkozók alapvető kérdéseire – a találgatások és félreértések homályából kiemelkedve – választ adjon.

This article gives a brief summary of the basics of the utilization of TeraHertz spectrum of the electromagnetic radiation for security purposes spread in a number of developed countries in the world. The purpose is to give an objective survey highlighting the advantages and drawbacks of the THz technology based on the results of scientific research clarifying the risen guessings and the misapprehensions for the forthcoming users, inquirers and security officers.

Kulcsszavak: THz, TeraHertz, biztonságtechnika ~ THz, TeraHertz, security

BEVEZETÉS

A 2001. szeptember 11-i terrortámadás óta egyre nagyobb nyomás nehezedik a biztonságtechnikával foglalkozókra. Az általános fenyegetettség éberségre szólítja fel az állampolgárokat éppúgy, mint az utcán járőröző rendőröket vagy a repülőtéri utasbiztonsági ellenőröket. A magas szintű elvárásoknak eleget téve a fegyveres testületek képzik a személyi állományt, tesztelik a szabályzatokat és természetesen folyamatosan fejlesztik eszközeiket.

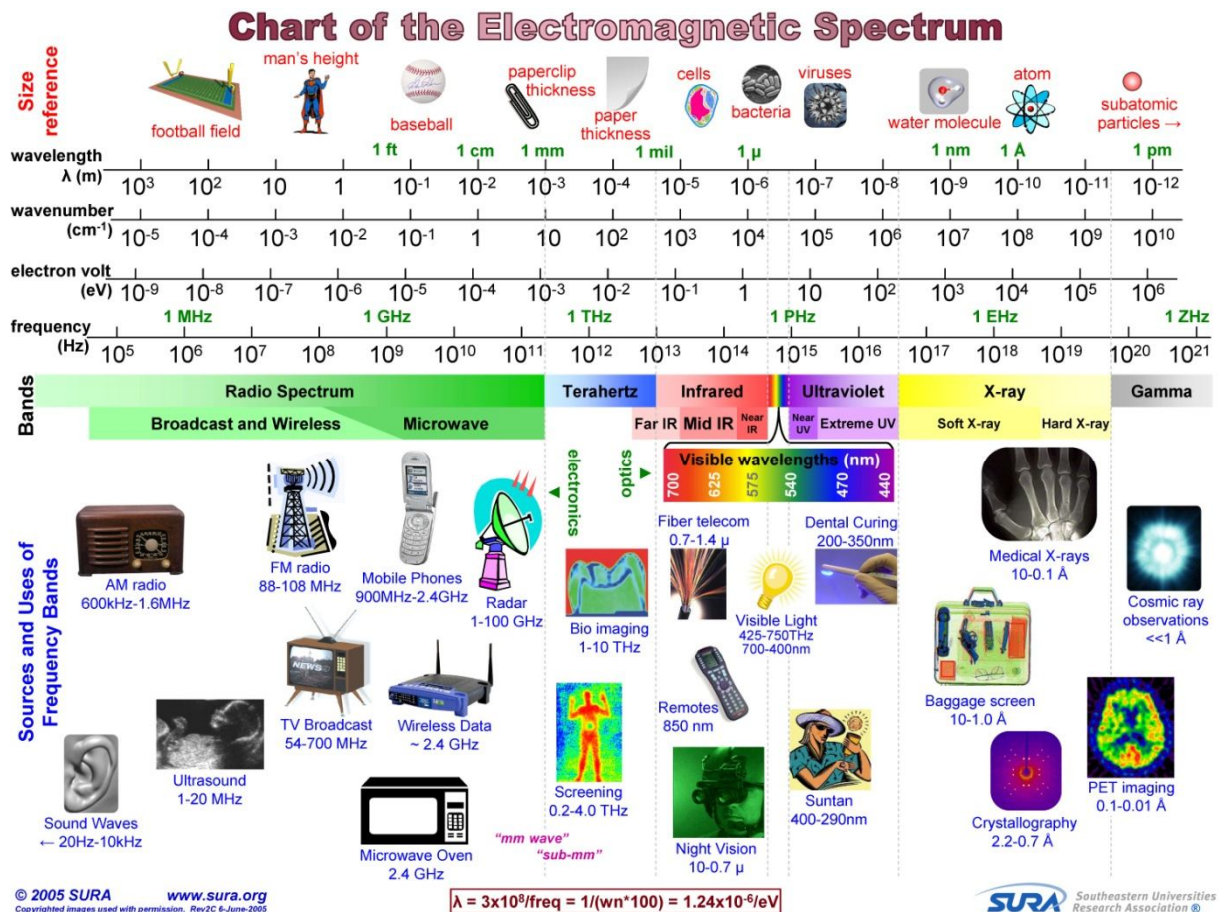
A napjainkban egyre inkább elterjedő személyvizsgáló berendezések terén kiemelkedő újtásnak tekinthető, hogy az elektromágneses sugárzás – a biztonságtechnikában ezidáig nem alkalmazott – TeraHertz spektrumában dolgoznak. Ezzel elérhető, az eddigi technológiákhoz képest magasabb biztonsági szint garantálása, használatuk pedig egyszerű és gyors. Az egészségre nézve minimális kockázattal járnak és nem sértik az emberi méltóságot. Típusától függően alkalmazhatók – többek közt – kiemelt objektumok, rendezvények beléptetésénél,

repülőtéri utasbiztonsági ellenőrzéseknél, vagy akár pályaudvarokon, az utazóközönség szűrőpróba-szerű ellenőrzésére.

A cikk célja, hogy biztonságtechnikai oldalról közelítve röviden bemutassa a TeraHertz-es technológiát, illetve néhány tipikus eszközt, melyek alkalmazzák azt.

1. ÁLTALÁNOSSÁGBAN A T-HULLÁMOKRÓL

Prévost tételének kimondása óta tudjuk, hogy minden – 0 K feletti hőmérséklettel rendelkező – test környezetének hőfokától függetlenül elektromágneses sugárzást bocsát ki (és egyidejűleg el is nyel). Az elektromágneses sugárzás jellemzője a hullámtermészet, a terjedési sebesség (v), hullámhossz (λ), frekvencia (f), sugárzás erőssége. A TeraHertz-es hullám vagy T-hullám (T-ray) olyan elektromágneses sugárzás, mely hullámhosszát tekintve a mikrohullám felső határa és a távol-infravörös között helyezkedik el (1. ábra), vagyis 3 mm ($3 \cdot 10^{11}$ Hz) és 300 mikrométer ($3 \cdot 10^{12}$ Hz) közé tehető. /A THz tartományt sok esetben 100 GHz és 10 THz közé teszik./ Gyakorlatilag az elektronika és az optika határán foglal helyet, ezért tényleges alkalmazására évtizedeken keresztül nem volt technikai lehetőség (ld. 1.1. Rövid történeti áttekintés).



1. ábra. Az elektromágneses sugárzás spektrumai szemléletesen: a diagram – a könnyebb áttekinthetőség érdekében – kiegészül a hullámhossz nagyságát és az alkalmazást bemutató ábrákkal

A mai műszaki színvonal azonban lehetővé teszi, hogy alacsony energiájú TeraHertz sugárzást állítsunk elő és detektáljunk. Ez nem ionizáló hatású sugárzás, vagyis a tudomány

mai állása szerint nem roncsolja a vele kölcsönhatásba kerülő anyagokat. A semleges molekulákat, atomokat nem bontja pozitív ionokra és negatív elektronokra. Hullámhossztól és energiától függően áthatol(hat): füstön, ködön, papíron, kartonon, műanyagon, kerámián, fán, ruhaszöveten, vékonyabb falakon. A mikrohullámú technikából ismeretes skin effektus (örvényáramú veszteség) miatt az anyag vezetőképességével fordítottan arányos a behatolóképessége. Nem hatol át például a fémeken. Az ember testének kb. 70%-a víz, ezért a kültakaró alá ~1 cm mélységig lehet „belátni”. Ennek oka, hogy a bennünk lévő nedvesség jelentős része izotóniás oldatként van jelen, ami erősen abszorbeálja a THz-es hullámokat. A szaru (haj, szőrzet, köröm) kisebb arányban tartalmaz elektrolitot.

Egy test abszorpcióképességén (elnyelőképeség, a) értjük a rá eső sugárzás energiájának azon tört részét, amelyet elnyel (nem ereszt át és nem ver vissza). Emisszióképességen (e) azt az elektromágneses energiát értjük, amelyet a test egységnyi felületen egységnyi idő alatt egységnyi térszögbe kibocsát. A test abszorpcióképessége és emisszióképessége anyagfüggő (ennek jelentőségét ld. 2. A THz-es technológia a biztonságtechnikában). Abszolút fekete testnek hívjuk azt a testet, amely a ráeső bármely hullámhosszúságú sugárzást teljesen elnyeli (tehát: $a = A = 1$, $e = E$). Kirchhoff törvénye kimondja, hogy az e/a hányados minden testre vonatkozóan azonos és csak a sugárzás hullámhosszának (λ) és a test hőmérsékletének (T) függvénye (nem függ az anyag minőségétől). Ez a függvény az abszolút fekete test emisszióképessége [3]:

$$\frac{e(\lambda, T)}{a(\lambda, T)} = E(\lambda, T)$$

1.1. Rövid történeti áttekintés

A TeraHertz-es spektrum kutatása hadászati célból kezdődött az 1950-es években. Széleskörű kihasználásának és elterjedésének az akkori technika fejlettségének hiánya szabott korlátokat, t.i. előállítás és detektálása nehézségekbe ütközött. Mintegy 10 évvel később, 1963-ban J. B. Gunn gallium-arszenid félvezető eszközt készített, az ún. Gunn-diódát, melynek jelentősége elsősorban a mikrohullámú-, a közelmúltban azonban a TeraHertz-es technológiában figyelhető meg (ld. 1.2. Előállítás és detektálás). A THz-es sugárzás iránti érdeklődés az 1980-as években nőtt meg ismét, amikor ultrarövid fényimpulzusok segítségével $3 \cdot 10^{11}$ Hz feletti egy periódusból álló hullámot állítottak elő.

A THz előállításának, detektálásának és hasznosításának kutatásával foglalkozik többek között a NASA, az ENEA, a NICT, itthon pedig a Pécsi Tudományegyetem, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem.

1.2. Előállítás és detektálás

Előállítás félvezető-technológiával: a THz-es sugárzást Kaprowicz szerint [2] legegyszerűbben a korábban mikrohullámú technológiában alkalmazott gallium-arszenid (GaAs) vagy gallium-nitrid (GaN) Gunn diódával lehet előállítani. A Gunn dióda megfelelően előfeszítve és olyan környezetben, amely rezonátorként viselkedik (csőtápvonalban vagy koaxiális tápvonalban kialakított üreg, mikrosztrip kivitel esetén $\lambda/2$ tápvonalszakasz) hangolható frekvenciájú oszcillátorként funkcionál. A hangolás történhet mechanikusan (pl. fémcsavar) vagy elektronikusan (pl. varaktor). GaAs Gunn dióda segítségével 200 GHz (felharmonikusa már THz-es), GaN diódával 3 THz frekvenciájú rezgés állítható elő. A GaAs félvezető előremutató „továbbfejlesztése” az AlGaAs, mely 600 GHz frekvenciájú oszcillátor elkészítését teszi lehetővé [9].

Előállítás optikai úton: Hebling János a közelmúltban ultrarövid lézerimpulzusok optikai egyenirányítását alkalmazta újfajta sebességillesztési elrendezésben, mely nagy hatásfokú THz-es impulzus-sorozat előállítását tette lehetővé [5].

Detektálás: klasszikus eljárás alkalmazásával, a távoli infravörös sugárzásnál használt bolométerrel, valamint Golay-cellával. A bolométer működési elve röviden: a fémek hőmérséklet hatására történő elektromos ellenállásának megváltozásán alapszik. Egy nemvezető anyagra felvitt vékony germániumréteget 4 K hőmérsékletre hűtve a beeső elektromágneses sugárzás megváltoztatja hőmérsékletét és ezzel ellenállását. Hátránya a nehezen kezelhetőség. A Golay-detektor működése a gázok hőkiterjedésén alapszik. Mindkét megoldás a vizuális tartományban alkalmazott érzékelőkhöz képest meglehetősen hosszú időállandóval működik. Ismertek továbbá a THz-es sugárzás detektálására szolgáló félvezető alapú eszközök is.

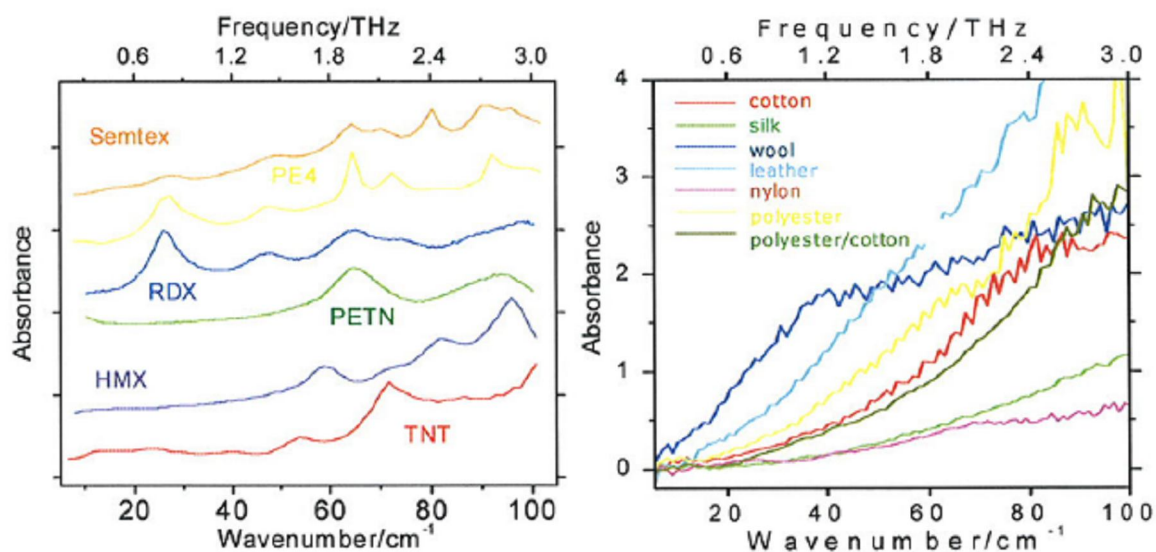
1.3. Alkalmazási területei

A technológia alkalmazási területei közé tartozik az anyagvizsgálat (spektroszkópia), az orvostudomány, a rádiócsillagászat, a kommunikáció és a biztonságtechnika. Széleskörűen alkalmazható anyagok azonosítására is, kihasználva – a vizsgált anyagminőségtől függő – eltérő abszorpciós sávokat.

A továbbiakban a biztonságtechnikában történő alkalmazást vizsgáljuk.

2. A THZ-ES TECHNOLÓGIA A BIZTONSÁGTECHNIKÁBAN

A TeraHertz alkalmazása a biztonságtechnika területén nem tekint vissza nagy múltra, ám jövője megalapozottnak látszik. Felhasználható többek között levél-, csomag- és személyvizsgálatra. A különböző anyagok eltérő abszorpciós értéke „TeraHertz-es ujjlenyomatként” fogható fel. Az alábbi ábrán (2. ábra) jól látható, hogy a különböző anyagok (a bal oldali ábrán robbanóanyagok, a jobb oldali ábrán ruhaanyagok) különböző frekvencián eltérő abszorpciós értékkel rendelkeznek. /Mindkét ábránál: felső tengely: frekvencia [f] THz, alsó tengely: hullámok száma cm-enként, oldalsó tengely: abszorpció/



2. ábra. Robbanóanyagok (bal oldali ábra) és ruhaanyagok (jobb oldali ábra) eltérő abszorpciós értékeinek változása az elektromágneses hullám sűrűsége és frekvenciája függvényében

A 2. ábra rövid magyarázata: a bal oldali ábrán vizsgált Semtex, PE4, RDX, PETN, HMX és TNT robbanóanyagok eltérő (0,6-3,0 THz) frekvencián az adott anyagra jellemző, egymástól jól elkülöníthető elnyelőképeséggel rendelkeznek. A jobb oldali ábrán látható cotton (pamut), silk (selyem), wool (gyapjú), leather (bőr), nylon (nylon), polyester (poliészter) és polyester/cotton (poliészter-pamut keverék) vizsgálata során kiderült, hogy a robbanóanyagoktól eltérő jellegű abszorpciós görbék miatt az anyagok automatikus detektálása lehetséges.

Jelentősége: a TeraHertz-es technológia alkalmazásával nem kell felbontanunk a levelet, hogy megvizsgáljuk: anthraxot tartalmaz vagy lisztet, hiszen a THz sugárzás a papíron áthatolva definiálhatja. Nem kell megsemmisíteni az összes őrizetlenül hagyott csomagot sem, ha – annak kinyitása nélkül „bele tudunk nézni”. Természetesen nagy mértékben növelhető a közbiztonság azzal is, ha gyorsabb és alaposabb személyátvizsgálást alkalmazunk, még hozzá az emberi jogok csorbulása és egészségügyi kockázat nélkül. A THz sugárzást a biztonságtechnikában tehát anyagvizsgálatra és képalkotásra alkalmazhatjuk.

2.1. Képalkotás THz-es sugárzással

A gyakorlatban 1995-óta beszélhetünk olyan képalkotásról, mely a fent említett elektromágneses spektrumot alkalmazza erre a célra. Ennek fő oka, hogy ebben a tartományban korábban nem álltak rendelkezésre intenzív források és megfelelő érzékenységgű, felbontású képérzékelők. Az eltelt 15 évben azonban sokat fejlődtek az előállításra és detektálásra szolgáló eszközök. A képfelbontást tekintve: a 10 mm-nél nagyobb tárgyak vizsgálata manapság nem jelent problémát.

A képalkotás kétféle elven jöhet létre: *passzív* és *aktív* módon.

- *Passzív* módszer, ha a testek azon tulajdonságát használjuk ki, hogy elektromágneses sugárzást bocsátanak ki. Ezt a sugárzást összegyűjtve és a THz-es tartományban vizsgálva elnagyolt képet kaphatunk (pl. ThruVision Systems T8000). A képalkotó eszköz tehát nem bocsát ki semmilyen, az élő vagy élettelen szervezetekre káros elektromágneses sugárzást. Ennél a módszernél – a detektálandó jel alacsony szintje miatt – kritikus a feldolgozó rendszer saját zaja, amely meghatározza a készülék és a vizsgálandó tárgy maximális távolságát a létrehozott kép elfogadható jel/zaj viszonya mellett. A képminőség pl. korellációs eljárással javítható.
- *Aktív* módszerről beszélhetünk, ha a képalkotó eszköz radar-elven működik, vagyis jól fókuszált elektromágneses hullámokkal pásztázza a vizsgálandó térrészt és a leképezni kívánt dolgokról visszaverődő hullámokat alkalmazza képalkotásra (pl. L3 communications ProVision). Ennél a módszernél a vizsgálandó test saját (háttér-) sugárzása hozzáadódik a megvilágításból adódó visszavert sugárzáshoz.

Egyik módszerrel sem detektálhatók testüregbe vagy bőrfelszín alá rejtett eszközök.

Példaként tekintsük az évek óta találgatások homályában és félreértések keresztüzében lévő testszenekereket (ld. 2.2. és 2.3. alfejezetek)!

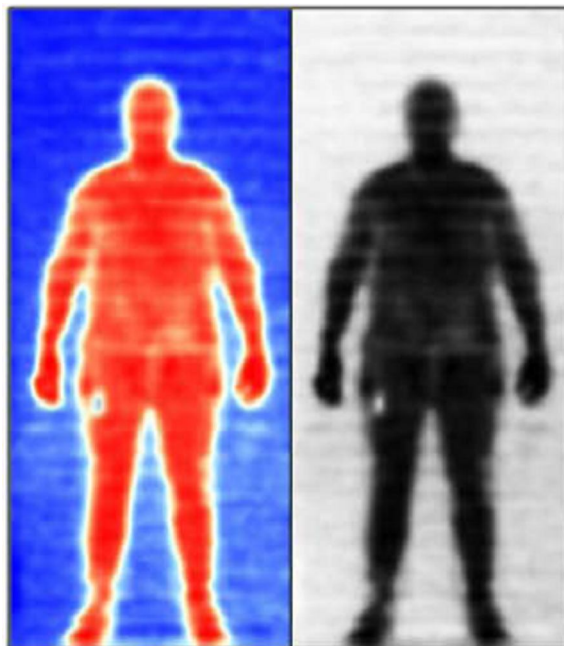
Fontos megjegyeznünk, hogy az Amerikai Egyesült Államok közlekedésbiztonsággal foglalkozó szervezete (TSA) jelenleg az ú.n. „backscatter” technológiát alkalmazó

berendezést is teszteli és alkalmazza (Rapiscan Secure 1000 Single Pose), melyet nem célszerű összekeverni a TeraHertz tartományban üzemelőkkel. Működése röviden: az eszköz kis energiájú röntgensugárzás segítségével a visszaverődő sugárzást detektálva krétarajz-szerű képet készít (tehát nem átvilágító, a detektor a sugárforrás felőli oldalon van) a testről előlről és hátulról [15]. Ellenőrzésenként $0,05\mu\text{Sv}$ expozícióval kell számolni, ami az Amerikai Nemzeti Szabvány (ANSI 43.17) által megengedett érték 1/5-e; ez ekvivalensnek tekinthető 2 perc utazómagasságban eltöltött repülőút során minket ért kozmikus sugárzással. Az eszközökből a TSA a 2010-es évben 150 db-ot tervez telepíteni az Amerikai Egyesült Államok repülőterein [16].

2.2. Egy passzív eszköz bemutatása: ThruVision Systems T8000 [17]

Működése: a vizsgálathoz semmi mást nem kell tennünk, mint a 230 kg-os szekrény méretű eszköz kamerájának látókörébe kerülni (a gyártónak természetesen létezik kisebb méretű szkennere is). Az eszköz a test által kibocsátott TeraHertz-es sugárzást összegyűjtve körvonalazott felvételt hoz létre. A szkennelés időtartama 3 és 30 s közötti. Az eszköz kb. 25 méterre „lát el”, felbontása kisebb tárgyak detektálása esetén nem megfelelő a 100%-os azonosításhoz, ezért másodlagos vagy nagyobb tömeg feltűnésmentes vizsgálatához alkalmas (pl. pályaudvarokon, várótermekben, utcán lévők).

Az eredmény:



3. ábra. ThruVision Systems T8000 által készített képek, a személy jobb első nadrágzsebében 15 ml folyadék található

Az eszköznek semmilyen káros élettani hatása nem ismert, a létrehozott kép személyazonosításra alkalmatlan, illetve nem tartalmaz semmilyen részletet a vizsgált személy testéről [20].

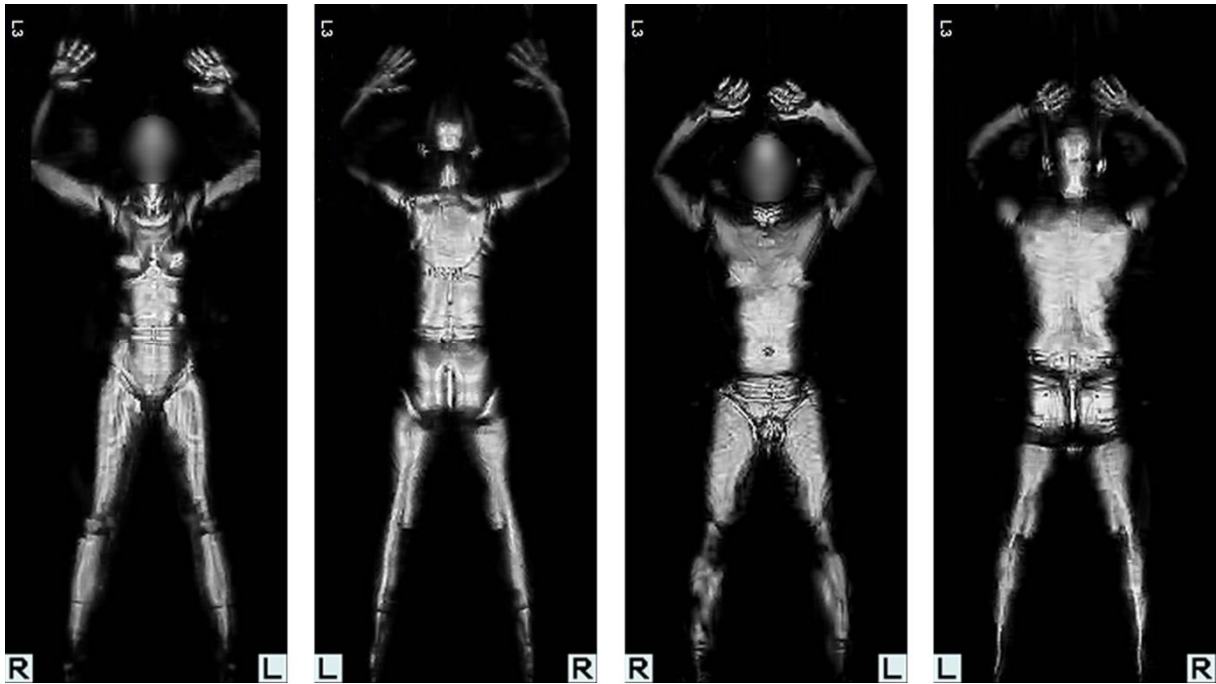
2.3. Egy aktív eszköz bemutatása: az L3 communications Security&Detection Systems fejlesztése, a ProVision nevű készülék [21]

A TSA által kiválasztott ProVision testszkennerből az USA 19 repülőterén jelenleg 40 db üzemel [16].



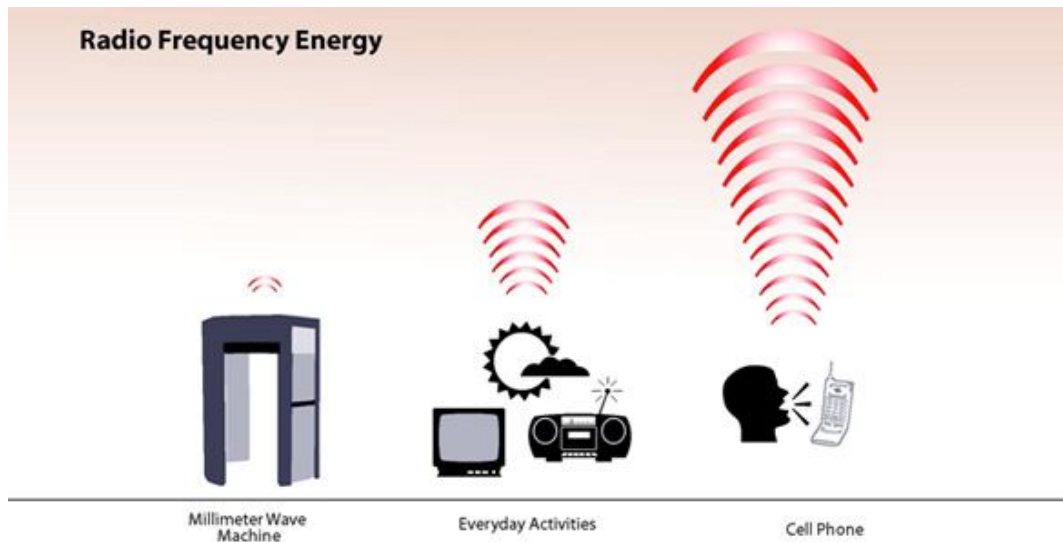
4. ábra. A ProVision szkennel

Működése: a vizsgálandó személy mindkét kézfejét fejmagasságba emelve beáll a kabinba (4. ábra) (semmilyen ruhadarabot nem kell levenni, a zsebeket nem kell kiüríteni), ahol 2 db teljes kabin magasságú adó-vevő milliméter hullámhosszúságú, nem ionizáló hullámokat (0,1-10 THz) bocsát ki. Az eszköz tehát aktív. A 2 db adó-vevő kb. 2-10 s alatt (vagyis óránként 200-400 személy vizsgálható) 1-1 félkört megtéve, teljes alaposággal „feltérképezi” a kabinban álló személyt, majd fekete-fehér 3D-s testfelszíni képet készít. Az Amerikai Egyesült Államok Kormányának hatástanulmánya megállapítja, hogy a létrehozott egészalakos képet (Whole Body Imaging: WBI) nem lehet egyenértékűnek tekinteni egy fotóval, illetve, hogy nem tartalmaz elegendő információt személy-azonosításhoz [20]. A képet egy – a vizsgált személlyel azonos nemű – utasbiztonsági ellenőr értékeli ki egy zárt, ablaktalan helyiségben, amelybe nem vihet magával semmilyen, a kép tárolására alkalmas eszközt (mobiltelefont sem). A képet a rendszer semmilyen formában nem rögzíti. A kiértékelő az ellenőrzött személy arcát (és a megrendelő igénye szerint a test egyéb részeit) maszkolva látja, sosem tudja kit vizsgált valójában, a kabinnál álló kollégájával csak annyit tud kommunikálni, hogy talált-e valamit, ami további vizsgálatot igényel vagy sem. Az eredmény:



5. ábra. ProVision által készített képek: egy hölgy és egy úr szkener-képe előlről és hátulról

Élettani hatása: az USA kormányának 2009. júliusában kiadott hatástanulmánya szerint az eszköz által kibocsátott energia $0,00000597 \text{ mW/cm}^2$, vagyis 10.000-szer kisebb, mint egy adóüzemű mobiltelefoné (ld. 6. ábra) [20]. Ma Magyarországon a lakosságra vonatkozó egészségügyi határérték 300 GHz-en 1 mW/cm^2 [24].



6. ábra. A ProVision által kibocsátott energia nagysága szemléletesen, viszonyítva használati tárgyaink és mobiltelefonunk sugárzásához

A ProVision aktív testszkennelrel detektálhatóvá válnak a folyadékok, gélek, műanyagok, fémek, kerámiák, valamint a fegyverek, a robbanóanyagok, kábítószeresek, pénz, stb. Az eszköz továbbfejlesztett változatán egy - a kabin külső oldalán - lévő kijelzőn megjelenő emberalak sárga téglalappal figyelmeztet a lehetséges idegen anyag jelenlétére.

3. ELŐNYÖK ÉS HÁTRÁNYOK, AGGÁLYOK

A biztonságtechnikában alkalmazott THz-es sugárzáson alapuló eszközök negatív biológiai hatásait; vallási, meggyőződésbeli, neveletésből adódó aggályait; funkcionális előnyeit és hátrányait tárgyaljuk az alábbiakban. A fontossági sorrend természetesen egyénenként változik.

3.1 A nem ionizáló sugárzás biológiai hatásai

A rádiófrekvenciás sugárzás élettani hatásait több, mint 50 éve vizsgálják. Állatkísérletekből ismert, hogy a kis energiájú RF sugárzás direkt hatásaként DNS mutáció nem alakul ki. Energiája igen alacsony, ezért nem roncolja a vele kölcsönhatásba kerülő anyagokat: áthatol rajtuk vagy valamilyen mértékben abszorbeálódik. Jelenleg nem áll rendelkezésünkre olyan kutatási eredmény, amely egyértelműen és meggyőzően párhuzamot vonna a rádiófrekvenciás expozíció és a hőre érzékeny szövetek károsodása (leukémia, szemlencse-károsodás, hererák, stb.) között. Azonban a mikrohullámú sugárzásnak különösen kitett személyek (pl. radarkezelők) esetében az összefüggés nem zárható ki. [26]

3.2. Vallási, meggyőződésbeli, neveletésből adódó aggályok

Sokan nehezményezik, hogy egy számukra idegen ember látja testük körvonalát, vagyis ami a ruha alatt rejtőzik. Van, aki szégyenlősségből idegenkedik vagy megalázónak tartja az eljárást. Ez természetes és tiszteletben tartandó, hiszen eltérő kultúrák, különböző szokások, valamint egyéb behatások is változtatják hozzáállásunkat. XVI. Benedek pápa véleménye szerint az emberi méltóság és integritás tisztelete olyan alapvető érték, melyet még a biztonság fokozásának érdekében sem szabad csorbítani [27]. Egy amerikai muszlim csoport vallásjogi határozatban tiltja meg a vallás követőinek a testszkennerek használatát, érvelésük szerint azért, mert a Korán azt parancsolja a hívőknek, hogy takarják el nemi szervüket. Javasolják, hogy a repülőtéri biztonsági ellenőrzés során válasszák a régi fémdetektoros és felsőruházat-átvizsgálós módszert [28]. A fentiekén túl számos szervezet kifogásolta, kifogásolja a testszkennerek bevezetését.

3.3. Funkcionális előnyök és hátrányok

Előnyök

- kényelmes, hiszen nem kell levenni az órát, kabátot, övet, cipőt
- gyorsabb utasbiztonsági átvizsgálás
- egyszerűbb utazás fém alapú orvosi implantátummal
- alaposabb vizsgálat: műanyag, kerámia, stb. anyagok felderítése
- várhatóan magasabb biztonsági szint, javuló közbiztonság

Hátrányok

- az utasbiztonsági ellenőrzést végző személy látja a test anatómiai részleteit -> nőt csak nő, férfit csak férfi ellenőrizhet, további kérdések merülnek fel
- a testüregbe rejtett eszköz vagy anyag nem észlelhető vele
- visszaélési lehetőség a test körvonalait mutató képpel

3.4. Egyéb kérdések

Egyértelműnek látszik, hogy aktív eszköz alkalmazása esetén az ellenőrzést végző személy azonos nemű kell, hogy legyen a vizsgált személlyel. Kérdéses azonban, hogy fiatalok vagy transzszexuálisok esetén ki vizsgáljon. Lehet-e választani, hogy milyen nemű ellenőrizzen? Passzív eszköz alkalmazásakor – valószínűleg – nem merülnek fel ilyen jellegű kérdések, mivel csupán egy körvonalazott képet kapunk.

További kérdéseket vet fel az a hír, miszerint egy ismert színész az Egyesült Királyságban Heathrow repülőtéren „kiszivárgott” – az utasbiztonsági ellenőrzése során készült – kompromitáló kép [29]. A repülőtér biztonsági igazgatója cáfolta az eseményt.

Fontos megjegyeznünk, hogy Magyarország – a közeljövőben – nem tervezi ilyen eszközök tesztelését, beszerzését. A Budapest Airport jelenleg vizsgálja a testszkennerek bevezetésének lehetőségét. A repülőtér utasbiztonsági ellenőrzése továbbra is a fémdetektor kapun való áthaladásból és a csomagvizsgálatból áll [30]. Így az erre vonatkozó hazai jogszabály sem tesz említést a TeraHertz-es technológiáról, jelenleg csak a külföldön üzemelő eszközökkel kapcsolatosan merülhetnek fel kérdéseink. Amennyiben a Rendőrség indokoltnak tartaná ilyen eszköz bevezetését (pl. ha nagy mértékben megnőne az ország terrorfenyegetettsége vagy a közbiztonságra különösen veszélyes eszközökkel való visszaélések száma), a Szolgálati szabályzatban leírtak figyelembevételével alkalmazhatná [33].

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatási eredmények összefoglalásaként elmondható, hogy a TeraHertz-es technológia előtérbe kerülése új távlatokat nyitott a biztonságtechnikában. Ezt a célzott kutatások, a technika fejlődése és a magasabb biztonsági szintet garantáló személyvizsgáló-módszer iránti igény tette lehetővé. Megmutatta, hogy az embereknek mennyire fontos a biztonságérzet, amiért akár kellemetlenségeket is hajlandóak elviselni. A biztonságtechnikával foglalkozóknak olyan szabályok, berendezések bevezetésére és használatára kell törekedniük, amely nem káros az egészségre, gyors, megbízható valamint szem előtt tartja a vizsgált személy emberi mivoltát.

A tanulmányban bemutatott eszközök műszaki és egészségügyi szempontból megfelelőnek, biztonságtechnikai szempontból hasznosnak és előremutatónak bizonyultak. A rendelkezésre álló tapasztalatok alapján – a személyiségi jogi szervezetek támadása ellenére – megfelelnek azoknak a normáknak, amiket az emberek nagy többsége el tud fogadni a saját biztonsága érdekében.

Felhasznált irodalom

1. Wikipédia, a szabad enciklopédia 2010.02.28.
TeraHertz sugárzás
http://en.wikipedia.org/wiki/Terahertz_radiation
Ionizáló sugárzás
http://hu.wikipedia.org/wiki/Ionizáló_sugárzás
Gunn dióda
http://en.wikipedia.org/wiki/Gunn_diode
Gallium-nitrid

http://en.wikipedia.org/wiki/Gallium_nitride

2. Hebling János – Almási Gábor: Képalotás és spektroszkópia THz-es sugárzással: a csillagásztól az orvosi alkalmazásokig, Magyar Tudomány: Szemtől szemben a lézerekkel, 2005/12, 1483. oldal
3. Budó Ágoston – Mátrai Tibor: Kísérleti fizika III. kötet (Optika és atomfizika), Tankönyvkiadó, Budapest, 1980. 267. oldal
4. Bánhegyi György: Érintésmentes elektromágneses mérési technológiák, Műanyagipari szemle 2008/06. 2010.03.05.
<http://www.muanyagipariszemle.hu/2008/06/erintesmentes-elektromagneses-meresi-technologiak-05.pdf>
5. Berkes József – Buzády Andrea – Pálfalvi László: Bemutatkozik a Pécsi Tudományegyetem Kísérleti Fizika Tanszéke, Fizika Szemle 2004/8. 264. oldal
6. Völgyi Ferenc – Nyúl László: Mérési segédlet a Gunn-oszcillátor vizsgálata, szinkronizálása című méréshez, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Villamosmérnöki és Informatikai Kar Mikrohullámú Híradástechnikai Tanszék, 1998. 2010.03.09.
http://www.mht.bme.hu/~lenart/Vill_4042/Gunn.pdf
7. Christian Wolff: Radar basics, 2005. 2010.03.05.
<http://www.radartutorial.eu/21.semiconductors/hl15.en.html>
<http://www.radartutorial.eu/17.bauteile/bt13.en.html>
8. Taszner István: Telekommunikációs rendszerek Elméleti összefoglaló, Miskolci Egyetem Villamosmérnöki Intézet Automatizálási Tanszék, 2000.
9. Mohamed Missous – Faisal Amir – Colin Mitchell: Advanced step-graded Gunn diode for millimeter-wave imaging applications, SPIE Newsroom, 2009. 2010.03.05.
<http://spie.org/x36521.xml?ArticleID=x36521>
10. Hebling János – Almási Gábor – Kozma Ida Zsuzsanna – Pálfalvi László: Ultrarövid infravörös és távoli infravörös (THz-es) fényimpulzusok előállítása és alkalmazása, REAL – az MTA Könyvtárának Repozitóriuma, 2008. 2010.03.04.
<http://real.mtak.hu/570/>
11. Ludmány András: Asztrofizika üresközökkel, 6. Infravörös csillagászat, Debreceni Egyetem, 2009. 2010.03.05.
http://fenyi.sci.klte.hu/oktatas/F2705jegyzet/ur-asztrofizika_6-10.pdf
12. Csibi Ádám: Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópia, ELTE-TTK, 2006. 2010.03.05.
<http://www.math.bme.hu/~jtoth/ELTE/CsibiA.pdf>
13. TeraView, 2010.03.02.
<http://www.teraview.com/files/uploaded/File/TeraViewexplosivesdetectiontechnology.pdf>

14. Pozsgai Imre: Mikroszkópia és lokális kémiai analízis, Magyar Mikroszkópos Konferencia, 2005.
15. Rapiscan Systems, 2010.03.02.
<http://www.rapiscansystems.com/>
16. Transportation Security Administration: Imaging Technology, 2010. 2010.03.06.
http://www.tsa.gov/approach/tech/imaging_technology.shtm
17. ThruVision Systems, 2010.03.05.
http://www.thruvision.com/Our_Products/T8000_Sub_Pages/T8000_Specsheet_v5_%28lower_res%29.pdf
18. Camera 'looks' through clothing, BBC News, 2008.03.10.
<http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/7287135.stm>
19. Transportation Security Administration: Response to: „Oops: Bascatter X-ray machines tear apart DNA”, 2009. 2010.03.04.
<http://www.tsa.gov/blog/labels/Safety.html>
20. U.S. Department of Homeland Security: Privacy Impact Assessment Update for TSA Whole Body Imaging, 2009. 2010.03.02.
21. L3 communications Security&Detection Systems, 2010.03.05.
<http://www.dsxray.com>
22. L3 communications Security&Detection Systems: How Millimeter Imaging Works, 2010.03.02.
http://www.tsa.gov/assets/wmv/l3_mwave1.wmv
23. James Lin: New EMF Technologies – A Challenge for Radiation Protection?, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), 2008.
24. 63/2004. (VII. 26.) EszCsM rendelet a 0 Hz – 300 GHz közötti frekvenciatartományú elektromos, mágneses és elektromágneses terek lakosságra vonatkozó egészségügyi határértékeiről
25. Chung-Kwang Chou: New IEEE C95.1-2005 RF Safety Standard, IEEE International Committee on Electromagnetic Safety, Technical Committee 95, Subcommittee 4, Peru, 2006.
26. Fülöp Sándor: Tanulmány a nem ionizáló sugárzásról, Jövő Nemzedékek Országgyűlési Biztosa, 2009. 2010.03.06.
http://jno.hu/hu/?&doc=tubes_b2
27. A pápa a testszkenner ellen megy, 2010.02.24.
http://www.fn.hu/kulfold/20100224/papa_testszkenner_ellen/
28. Muszlim tiltakozás a testszkenner ellen, 2010.02.13.
http://www.honvedelem.hu/cikk/4/18376/fatva_testszkenner.html

29. Shah Rukh Khan sign off sexy body-scan printouts at Heathrow, 2010.02.05.
<http://www.realbollywood.com/news/2010/02/shah-rukh-signs-sexy-bodyscan-printouts-heathrow.html>
30. Budapest Airport Zrt. utasbiztonsági ellenőrzéssel kapcsolatos tudnivalók, 2010.03.06.
<http://www.bud.hu/utasok/biztonsag>
31. Testszkennert vezet be a Budapest Airport? 2010.01.11.
<http://www.metropol.hu/cikk/510194>
32. 1/2005. BM rendelet az utasbiztonsági ellenőrzést végző személyek e feladatra történő felkészítésének és vizsgáztatásának rendjéről
33. 62/2007. IRM rendelet a Rendőrség Szolgálati Szabályzatáról

Képek jegyzéke

1. ábra: <http://www.sura.org/commercialization/terahertz.html> 2010.02.23.
2. ábra: felhasznált irodalom [13] 2010.03.02.
3. ábra: felhasznált irodalom [17] 2010.03.05.
4. ábra: http://www.dsxray.com/advancedimaging/PROV_PS_26.FEB.10_72dpi.jpg 2010.03.02.
5. ábra: http://www.tsa.gov/graphics/images/approach/tech_mwave3.jpg 2010.03.02.
6. ábra: <http://www.dsxray.com/advancedimaging/L-3%20composite%20300dpi.jpg> 2010.03.02.