

HELL PÉTER egyetemi tanársegéd

Óbudai Egyetem, Kandó Kálmán Villamosmérnöki Főiskolai Kar

Abstract

Among radio controlled (RC) flying devices, drones are the ones getting the highest amount of publicity, thanks to the rapid development of microelectronics and precision mechanics. During the process of development, the realization of safe communication between the drone and the operator was of primary importance. The “inner intelligence” and the radio connection are essential for the reliable control. It is the duplex communication that made it possible for the operator to manage the drone’s all telemetric data and the other sensors’ information in real time and on a single platform. When assembling a task-specific drone it is of great importance that the radio-frequency of sensors do not interfere, as the types additional sensors on the flying device differ in function and ability. My article is going to show the technical development and the solutions of the safe communication between the drone and the operator.

1. Bevezetés

A távirányított RC (radio controlled) repülő eszközök az utóbbi években robbanásszerűen terjednek. Ezek közül a legtöbb publicitást a drónok kapják, ami köszönhető a finommechanika és a mikroelektronika gyors fejlődésének. A fejlesztések során elsődleges szempont volt a drón és a drónpilóta közötti biztonságos, zavarmentes rádiós kommunikáció megvalósítása, valamint a navigációt –szenzorokkal- segítő „belső intelligencia”. A kétirányú kommunikáció lehetővé tette, hogy az operátor valós időben lássa és kezelje a drón összes telemetria adatát és a kiegészítő szenzorok információit. A drón fedélzetén található kiegészítő érzékelők típusai tudásban és funkcióban is különböznek, ezért a feladatspecifikus drónok összeállításakor nagy figyelmet kell fordítani az érzékelők rádiósfrekvenciás interferenciájára.

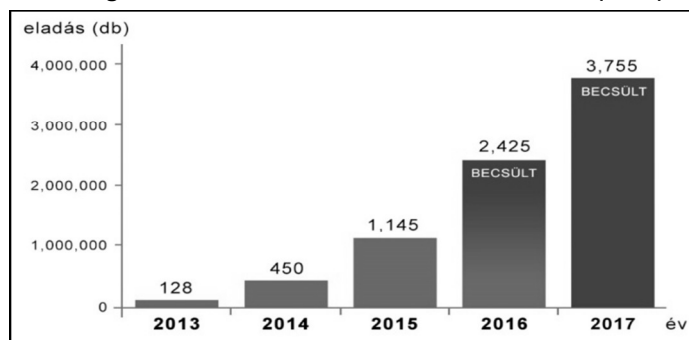
Drón kifejezés a civil felhasználás elterjedése óta mondható szakkifejezésnek. Korábban ezek az ún. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) pilóta nélküli az eszközök katonai célokat szolgálták, de a technológiai fejlődés és az igény hatására megjelentek a polgári felhasználásban is. A többnyire hobbi célra tartott drónok mellett számos olyan terület, iparág van, ahol profitorientált, vagy nonprofit célra alkalmazzák ezeket az eszközöket. A katasztrófa elhárító szervezetek mellett több nagyvállalat, szervezet használ drónt, drón-rendszereket munkavégzésre. Általában a tervezhető feladatokban nyújt segítséget, de egy katasztrófa bekövetkeztekor a mentésben segítő döntéstámogatásban is hasznos szerepük van. A civil dróngyártásban több mint 100 gyártó veszi ki a szerepét. Az eladások terén ezek közül is kiemelkedő a DJI cég. Fejlődésüket nagymértékben meghatározza, hogy a profittal refinanszírozták a fejlesztést, így a drón gyártásban mindig elsőként piacra dobva a legmodernebb eszközöket. A 2016-ban megjelent Phantom 4 quadcopter manőverezése már nem csak a drónpilóta által kiadott parancsoktól függ, hanem felülbírálva a pilótát, önálló döntéseket is képes hozni a biztonságos repülés érdekében. Az ilyen fejlesztések nagymértékben elősegítik a drónok alkalmazhatóságát a különleges feladatokra is. Az

irányítás rendszerint pont-pont összeköttetéssel történik. Ilyenkor a pilóta „földön áll” és kezében a távvezérlővel a saját látására hagyatkozva, illetve a kezelőre felszerelt monitor segítségével navigálja a gépet. Ebben az esetben a hatótávolság véges, a most alkalmazott vezérlésekkel ez nem több, mint 4-5 km. Cikkemen a jelenleg használt kommunikációs formát és az új generációs vezérlést mutatom be, ami a már meglévő 4G mobiltelefon hálózaton keresztül történik.

2. Történeti áttekintés

Pilóta nélküli repülő szerkezeteket már több mint 160 évvel ezelőtt építettek. Az első feljegyzések 1849-ben készültek, amikor az osztrák seregek robbanóanyaggal megrakott léggömbökkel támadták az olaszországi Velencét. Ezek a ballon-bombák kiszámíthatatlannak, irányíthatatlanok voltak, amerre fújta a szél, arra mentek. Csekély számuk talált célba, ennek ellenére gondolata messze túlmutatott korán. A fejlesztés következő mérföldköve az 1916-ban, a Hewitt-Sperry által épített automata repülőgép volt, ami külsőleg teljesen hasonlított a kor akkori repülőszervezeteire. Az igazán nagy technikai ugrás a második világháború során következett be, amikor már rádió táv vezérelt (RC) modelleket használtak. Az utóbbi évek robbanásszerű előretörését a mikroszámítógépek, szoftverek és az ehhez tartozó technikai eszközök gyors fejlődése tette (teszi) lehetővé azzal, hogy lenyomják a repülő építéséhez szükséges technikai eszközök árát. A drónok népszerűsége folyamatosan nő a hobbi-reptetők és a vállalkozások körében is. Egyre több területen alkalmazzák ezeket a szerkezeteket, nem csak filmes célokra, hanem más területeken is. A minden évben megrendezésre kerülő Las Vegas-i CES expón 2015-ben csak 4 gyártó érkezett drónokkal, idén már 27 kiállító volt jelen. Az eszközök piaci potenciálját jól mutatja, hogy az USA-ban, 2013-ban még csak 500 000 darabot, 2015-ben pedig több mint egymillió darabot adtak el, ezzel mintegy 1,7 milliárd amerikai dolláros iparágga fejlődve, aminek 80%-át a két legnagyobb gyártócég a Parrot és a DJI tudhatja magának.

1. diagram: Civil drón eladás Észak Amerikában (2016)



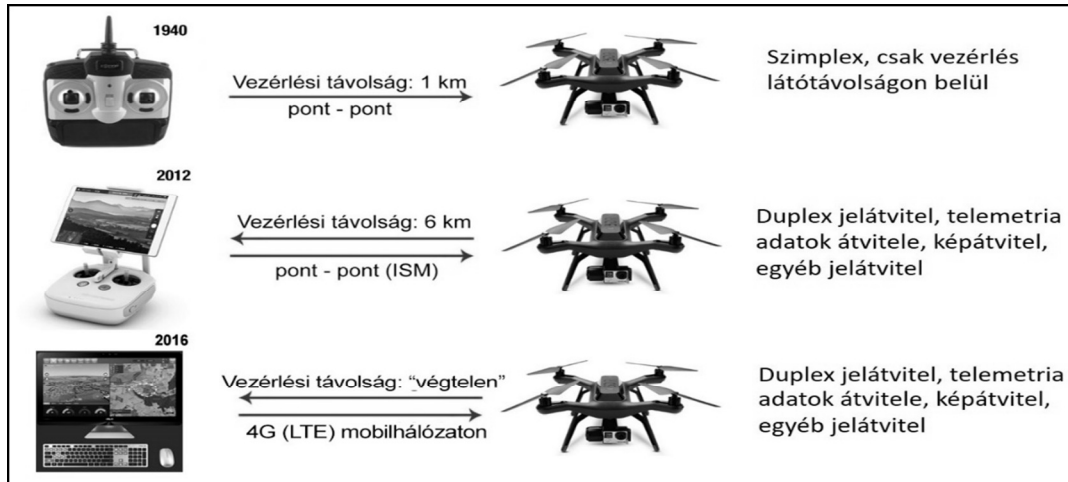
(<http://www.droneflyers.com> alapján saját szerkesztés)

A nagyobb vállalatok óriási összegeket fordítanak fejlesztésre és még az igazán világszerte számító koreai és kínai cégek be sem szálltak a piacba. Becslések szerint a következő tíz évben a civil dróneladás elérheti a 15-20 milliárd dolláros piacot is. Az elmúlt három év dróneladás grafikonját az 1-es ábrán láthatjuk. Előrejelzések szerint 2020 körül várható egy újabb eladási hullám növekedés, amikor a repülési idő akár a duplájára is nőhet. A jelenleg használatos Li-Po (Lithium-Polymer) akkumulátorokat felváltják a dupla energiasűrűséggel rendelkező Li-S (Lithium-Sulfur) akkumulátorok.

3. Távírányítók fejlődése

Az RC repülőeszközök és a drónok vezérlése az utóbbi években nagy változáson ment át. A kezdetben egyirányú távvezérlést felváltotta a kétirányú kommunikáció, ahol már a pilóta is visszakapott adatokat repülőeszköz felől. A harmadik generációs távirányítás már nem a megszokott pont-pont kommunikáció elven működik, hanem a meglévő mobiltelefon hálózatot használ fel. A alábbi 1. ábra a kapcsolatok típusát és elvét mutatja meg.

1. ábra: Radio Controlled (RC) távirányítók fejlődése (2016)



(saját szerkesztés)

3.1. Egyirányú (szimplex) kapcsolat

Az évtizedekig rendszeresített szimplex VHF sávban működő, impulzus szélesség modulált (PWM) kommunikációs kapcsolat. Az alacsony vivőfrekvencia és a kevés számú csatorna miatt a rendszer zavarérzékeny volt, ha több RC (Radio Controlled) modell volt a levegőben interferenciát okoztak egymásnak. A szimplex rendszer nem volt képes információt visszajuttatni az őt távirányító személy felé, csak a kiadott parancsot értelmezte és hajtotta végre. Több esetben elhagyva a rádiófrekvenciás hatósugarat, majd irányíthatatlannal, az utolsó parancs szerint cselekedett és addig repült, ameddig bírta az üzemanyag vagy az akkumulátor. Szerencsés esetben úgy csapódott a földre, hogy nem okozott balesetet. Az analóg, titkosítatlan jelátvitel a zsúfolt csatornakiosztás miatt nem csak zavarérzékennyé tette a rendszert, de a szándékos zavarás is könnyű volt. Szabotáláskor egy nagyobb teljesítményű adóval ráállunk a megfelelő csatornára és átvesszük az irányítást. A szimplex kommunikációnak a másik nagy problémája, hogy a repülőeszköztől semmilyen információ nem jut vissza a kezelőhöz. A kisméretű fedélzeti kamera élő képét pár éve nézhetjük a kezelőegységen, de korábban ez nem is volt szempont, viszont a repüléshez szükséges telemetria adatok sem jutottak el a kezelőhöz, ezzel megnehezítve az irányítást. Navigációs oldalról nézve addig volt biztonságos a reptetés, amíg az repülőeszköz párszáz méteres látótávolságon belül volt.

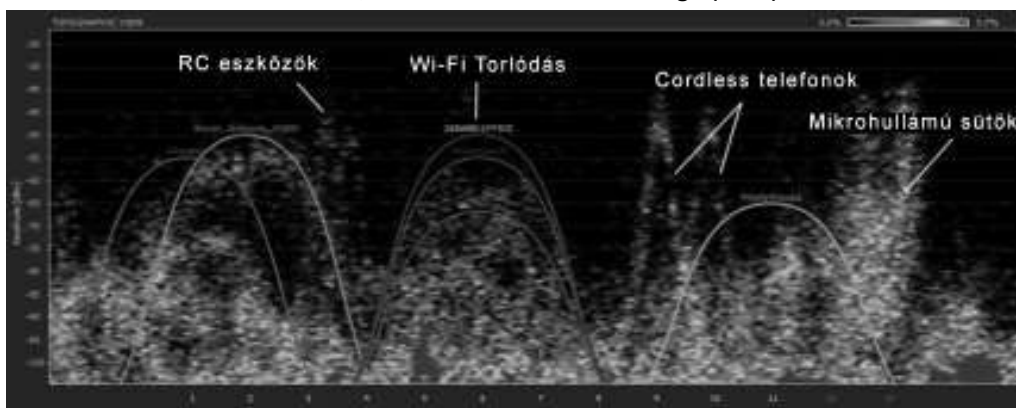
3.2. Kétirányú (duplex) pont-pont összeköttetés

A 2,4 GHz-es ISM sávban működő digitális un. frekvenciaugrás (FSHH) kommunikációnál nem csak a pilóta képes navigációs utasításokat adni a drón irányába, hanem a drón is visszaküldi a telemetria adatokat, és a fedélzeti kamera képét a pilóta felé. Ezáltal folyamatosan követheti a pontos GPS koordinátákat, az akkumulátor töltöttségi szintjét, vagy más érzékelők által küldött adatokat. A duplex digitális jelátvitel az ISM sávot használja ezért a drón és a vezérlő között távolságot, nagymértékben befolyásolja a sáv telítettsége (zajosság), amit további tényezők is befolyásolnak, mint például. földrajzi elhelyezkedés, épület beépítettség, napszak. A digitális jelátvitelnek köszönhetően a rendszer kevésbé zavarérzékeny, mint a korábbi generációs eszközök (2 képen látható szimplex analóg rendszer) és szabotálása is nehezebben megvalósítható. Viszont a nagy probléma pont az 2,4 GHz-es ISM sáv telítettsége, amit az eszközök többsége használ.

3.2.1. ISM (Industrial-Science–Medical) sáv

Az ISM sávokat a Nemzetközi Távközlési Konferencia (ITU) 1947-ben határozta meg. Több tartományt javasoltak a kis hatótávolságú rádiós eszközök (SRD) működtetésére. A frekvenciasávok több tartományban is megtalálhatók. Európában a maximális adóteljesítmény 100mW legelterjedtebb közepes frekvenciák a 433 MHz, 868 MHz, a 2,4 GHz és a 5,8 GHz. Napjaink fejlett RC eszközei és a drónok távvezérlő vivőfrekvenciája a 2,4 GHz-es sávban található, de ide tartoznak a mikrohullámú sütők, cordless telefonok, WiFi-k, bluetooth eszközök is. Ezek az eszközök engedély nélkül használhatók a megfelelő műszaki tartalom és műszaki paraméterek betartása mellett. A szabad használat azt is jelenti, hogy nincs garancia a zavartalan frekvenciahasználatra és mi sem zavarhatunk védett alkalmazásokat. Az egyre több eszköz megjelenésével az egyes frekvenciasávok is telítődnek. A 2,4 GHz és az 5,8 GHz-es frekvenciát pl. a WiFi-hálózat alkalmazza, de a drónok távvezérlése is a 2,4 GHz-es sávban működik, a biztonságosnak mondható frekvenciaugrás (FHSS) modulációval. Az ISM sáv telítettsége egyre nagyobb gondot okoz az eszközök működésében. Például a sűrűn beépített területeken a Cordless telefonok, mikrosütők mellett akár több tucat WiFi-s eszköz is mérhető egy időben, ami kommunikációs problémához vezethet. A 2. ábrán a 2,4 GHz-es ISM sáv terhelését látjuk. A különböző típusú rádiós eszközök egymást zavarják, ezzel a műszaki paraméterek romlanak és megbízhatóságuk csökken.

2. ábra. 2,4 GHz-es ISM sáv zsúfoltsága (2015)



(<http://blog.ayrstone.com/wp-content> alapján szerint saját szerkesztés)

3.3. Irányítás mobilhálózaton keresztül

Ebben az esetben a drón nem a hagyományos 2.4 GHz-es távirányítót használja pont-pont összeköttetésben, hanem a celluláris, vagyis a mobilhálózatot. Ez egyben azt is jelenti, hogy nem tudunk kimenni a hatótávból, hiszen ahol van telefonos lefedettség, ott a drón képes repülni. A drón vezérlés új kommunikációs fajtája a 4. generációs mobil hálózaton keresztüli irányítás. Biztonsági okokból az irányítás feltétele az alacsony adatkésleltetés, ami az elmúlt években elérhetővé vált LTE kapcsolattal valósulhat meg.

Ennek a megoldásnak a legnagyobb előnye, hogy a drón és a drónpilóta között „bármilyen távolság” lehetséges, akár másik földrészről is irányíthatja egy számítógépes felületről, vagy egy mobiltelefonos alkalmazás segítségével. Ez egyben azt is jelenti, hogy a hatótávolságból „nem tudunk” kimenni, hiszen ahol telefonos lefedettség van, ott a drón képes repülni. Az előnyök mellett hátránya is van a rendszernek, amit a rendszer elterjedésével kezelni kell.

4. Jogi helyzet – felelősség

„Soha nem a technológia, vagy az adott technikai eszköz felelős a negatív következményekért, hanem maga az ember, aki mögötte áll, hiszen erkölcsi és jogi normák ismeretében dönt a felhasználás módjáról.”

A drónok használatát világszerte törvényekkel próbálják szabályozni. A jelenlegi szabályok értelmében tehát bárki vezethet, előzetes képzettség nélkül ilyen eszközöket. Azonban a jogkövető felhasználók lehetőségei erősen korlátozottak. Az engedélyek megszerzése a jelenlegi légügyi szabályok mellett hosszadalmas és bürokratikus. Magyarországon az igénylést a Nemzeti Közlekedési Hatóságtól (NKH) kell igényelni minden felszállás előtt. A drónos repülések a jelenlegi szabályozások mellett ellenőrizhetetlenek, hiszen a pilóta bármerre lehet, akár több száz méterre, vagy néhány kilométerre a járművétől. A mobilhálózaton keresztüli irányítás mellett pedig a drónt vezérlő személy megtalálása gyakorlatilag lehetetlen, mivel a hatótávolság gyakorlatilag „végtelen”. Egy pont-pont kommunikáció esetén a drón nem tud a kimenni rádiófrekvenciás hatósugárból, belső intelligenciája visszanyavigálja. A mobilhálózaton keresztüli irányításnál csak a „lefedettség” szab határt, tehát a drónpilóta akár másik országban is lehet. Ez viszont a bűnözőknek is kedvez, gondoljunk csak a drogcsempészetre vagy kémkedésre. Ilyen esetekben a hivatalos szervek kikérhetik a mobilszolgáltatótól az adatokat, de ha figyelembe vesszük azt, hogy ebben az esetben egy amerikai, vagy kínai drónt gyártó cégen is keresztül kell vinni az adatigénylést, akkor lássuk be, hogy ez igen nehezen felderíthető. Ahogy azt már megszoktuk, a technikai fejlődés sokkal gyorsabb, mint ahogy azt a törvényhozás követni képes. A légi irányítás jelenleg nem követi a pilóta nélküli légi járműveket. Birtoklásához és használatához semmiféle engedély, jogosítvány nem szükséges, de még csak bejelentési köteletség sem terheli a felhasználót. A törvényhozás messze lemaradt az iparág fejlődésétől, ezért minél hamarabb szükség van a drónok használatát megfelelően szabályozó jogi keretek kidolgozására, egy dróntörvényre. Európai Bizottság legutóbbi közleménye alapján 2016-tól kezdődött a drónok polgári légtérbe történő fokozatos integrációjának megkezdése, amely eredményeként 2018-ra megszülethet az uniós szintű egységes szabályozás.

5. Konklúzió

Az ISM sáv telítettsége egyre nagyobb gondot okoz az eszközök működésében. Például a sűrűn beépített területeken akár több tucat WiFi-s eszköz is mérhető egy időben. Ez kommunikációs problémához, kapcsolatvesztéshez vezethet. Az egymással kommunikáló eszközök sávszélesség- és hatótávolság csökkentéssel reagálnak a problémára, ami kényelmetlen és bosszantó. De ha ugyan ez a kapcsolatvesztés egy drón irányítása közben lép fel és a repülőeszköz lezuhan, becsapódik valahova, akkor az balesetet, anyagi károkat okozhat. Az ISM sáv túlterhelt, újabb megoldásokra van szükség. Nem kérdés, hogy az LTE mobilhálózatot használva számtalan új lehetőség nyílik a felhasználási terület kibővítésére. Például egy katasztrófavédelmi feladatokat ellátó drón irányítása sokkal egyszerűbb és célravezetőbb egy diszpécserközpontból. De a nagyobb hatótávolság előnyei mellett számtalan új probléma lép fel, amit kezelni kell műszaki és jogi oldalról is.

1. táblázat. Előnyök és hátrányok az ISM és az LTE mobilhálózat között (2016)

2,4 GHz-es ISM sáv		LTE mobiltelefon hálózat	
ELŐNYÖK	HÁTRÁNYOK	ELŐNYÖK	HÁTRÁNYOK
Pont-pont összeköttetés	Szabadon használható sáv	„Végtelen” vezérlési távolság	Ha nincs mobilhálózat nem használható
Bárhol, bármikor kapcsolat létesítése	Zsúfolt csatornák	Alacsony zavarérzékenység	Adatmennyiség használati költség
Nem igényel kiépített infrastruktúrát	Korlátozott hatótávolság	Irodából irányítható, könnyű vezérlés	Korlátozott repülési magasság
Nem kell engedély a használathoz	Zavarás, zavarhatóság		A pilóta nehezen felderíthető, azonosítható

(a felhasznált irodalom szerint saját szerkesztés)

Melléklet

- RC = Radio controlled (Rádió távirányítású eszköz) általában modell eszközök
- LTE = *Long Term Evolution* (negyedik generációs vezeték nélküli adatátviteli szabvány max. 326 Mbit adatátvitelre képes)
- UAV = Unmanned Aerial Vehicle (Személyzet nélküli jármű)
- FPV = First-person view (videoszemüveg. A drónra szerelt kamera képét mutatja a drónpilótának.)
- ISM sáv = industrial, scientific and medical (ipari–tudományos–orvosi célra használható szaba felhasználású frekvenciasáv)
- FSHH = Frequency Hopping Spread Spectrum (frekvenciaugrásos szórt spektrum)
- PWM = pulse-width modulation (Impulzusszélesség-moduláció)
- APP = Application mobiltelefon alkalmazás
- ITU = International Telecommunication Union (Nemzetközi Távközlési Konferencia)
- SRD = Short Range Devices (Kis hatótávolságú rádiófrekvenciás eszközök)

Felhasznált irodalom

Reg Austin (2009): Unmanned Aircraft Systems http://airspot.ru/book/file/1152/Reg_Austin_-_Unmanned_Air_Systems_UAV_Design_Development_and_Deployment_-_2010.pdf Adatok letöltve: 2016. 03. 10.

- Dr. Restás Ágoston (2016): Drónok alkalmazása a katasztrófavédelemben, Budapest, NKE, http://uni-nke.hu/uploads/media_items/dr-restas-agoston-eloadas.original.pdf Adatok letöltve: 20. 09. 2016.)
- Aerial Power Line Inspection Patrols: Helicopter vs. UAV (2015): <http://pergamusa.com/2015/08/09/aerial-power-line-inspection-patrols-helicopter-vs-uav/> Adatok letöltve: 2016. 08. 01.
- Lazányi Kornélia. (2015): A biztonsági kultúra Taylor: Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Folyóirat: A Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei 7:(1-2) pp. 398–405.
- Kriston László–Timár Gigi, Dróntörvény és drónposta, (2016): <http://www.piacprofit.hu/tarsadalom/dronok-foldje-ez-var-rank> Adatok letöltve: 2016. 05. 20.
- Jackal (2016): Jövőbe mutató megoldások: Flytrex a telefondrón http://quadkopter.blog.hu/2016/09/09/jovobe_mutato_megoldasok_i_flytrex_sky Adatok letöltve: 2016. 03. 10.
- Frank Schroth (2016): Top 20 Companies in Drone Manufacturing, <http://dronelife.com/2016/02/24/29146> Adatok letöltve: 2016. 05. 20.
- Craig K (2016): Drone Sales Forecasts released by CTA <http://www.droneflyers.com/2016/07/drone-sales-forecasts-released-cta> Adatok letöltve: 2016. 05. 20.
- Lazányi Kornélia (2016): A biztonsági kultúra szerepe a vezetői döntések támogatásában. TAYLOR: Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Folyóirat: a Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei 8:(1) pp. 143–150.
- Alex G. (2015): RC radio control protocols explained: PWM, PPM, PCM, SBUS, IBUS DSMX, DSM2 <http://www.dronetrest.com/t/rc-radio-control-protocols-explained-pwm-ppm-pcm-sbus-ibus-dsmx-dsm2/1357> Adatok letöltve: 2016. 05. 20.
- Zakura. D. Készül a drón-KRESZ (2015): http://www.portfolio.hu/vallalatok/cegauto/keszul_a_dron-kresz.216618.html Adatok letöltve: 2016. 05. 20.
- Texas Instruments (2005): <http://www.ti.com/lit/an/swra048/swra048.pdf> Adatok letöltve: 2016. 09. 20.
- Sundqvist Lassi (2015): Cellular Controlled Drone Experiment: Evaluation of Network Requirements https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/19152/master_Sundqvist_Lassi_2015.pdf?sequence=1 Adatok letöltve: 2016. 10. 14.
- Molnár Zsolt (2015): A jogkövető drón használat lehetőségei korlátozottak, <http://fpvegyesulet.hu/a-jogkoveto-dron-hasznalat-lehetosegei-korlatozottak>. Adatok letöltve: 2016. 05. 20.
- Tóth Ádám (2016): Egy kis drónkörkép <http://perspective.hu/technologia/egy-kis-dronkorkep/> Adatok letöltve: 2016. 05. 20.