

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

MIHITTÄMÄTÖN TAISTELUILMA-ALUS UCAV, TEKNOLOGIAKATSAUS

Tutkielma

Kapteeni
Sami Puuperä

Esiupseerikurssi 61
Ilmasotalinja

Huhtikuu 2009

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi	Linja
Esiupseerikurssi 61	Ilmasotalinja
Tekijä	
Kapteeni Sami Puuperä	
Tutkielman nimi	
Miehittämätön taisteluilma-alus UCAV, teknologiakatsaus	
Oppiaine, johon työ liittyy	Säilytyspaikka
Sotatekniikka	MPKK:n kirjasto
Aika Huhtikuu 2009	Tekstisivuja 23 Liitesivuja 3
<p>Miehittämättömien ilma-alusten käyttö taistelukentällä yleistyy jatkuvasti ja niiden rooli taistelussa on laajentumassa tiedustelusta taisteluun. Jatkuva aseteknologian kallistuminen ja ilmaoperaatioiden luonteen muuttuminen saattavat lisätä miehittämättömien ilma-alusten käyttöä merkittävästi. Miehittämättömät taisteluilma-alukset (UCAV = Unmanned Combat Aerial Vehicle) ovat monen maan suunnitelmissa mukana kun tulevaisuuden ilmataisteluiden suorittajia mietitään.</p> <p>Tämän tutkielman tutkimusmenetelmänä on kirjallisuustutkimus, ja tarkoituksena perehtyä laajasti aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen.</p> <p>Tutkielmassa UCAV:ien teknisistä ominaisuuksista perehdytään pääsääntöisesti niihin, jotka poikkeavat miehitetyistä taisteluilma-aluksista. Suurimpana erona miehitettyihin ilmaaluksiin on miehittämättömien taisteluilma-alusten osittainen tai kokonaan autonominen toiminta ja kauko-ohjaus.</p> <p>Tutkimuksen tekohetkellä ei millään maalla ole operatiivisessa käytössä varsinaisia UCAV:eja. Kaikki tässä tutkielmassa mainitut UCAV:it ovat projekteja, joiden tarkoitus on tutkia erilaisia teknisiä ratkaisuja aikanaan valmistettaviin ilma-aluksiin.</p> <p>Johtopäätöksissä arvioidaan UCAV:ien käyttöönoton aikataulua ja niitä tehtäviä, mihin miehittämättömiä taisteluilma-aluksia voitaisiin käyttää.</p>	
AVAINSANAT	
UCAV, UAV, UCAS, UAS, miehittämätön taisteluilma-alus, miehittämätön ilma-alus	

MIEHITTÄMÄTÖN TAISTELUILMA-ALUS UCAV, TEKNOLOGIAKATSAUS

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	1
1.1	ALUSTUS TUTKIMUKSEEN	1
1.2	AIKAISEMMAT TUTKIMUKSET.....	2
1.3	TUTKIMUSKYSYMYS	3
1.4	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	3
1.5	KESKEISET KÄSITTEET.....	4
1.6	LYHENTEET.....	4
1.7	RAJAUKSET	5
2	MIEHITTÄMÄTÖN ILMA-ALUS	6
2.1	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN HISTORIA.....	6
2.2	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN ILMA-ALUSTEN KEHITYS	6
3	MIEHITTÄMÄTÖN TAISTELUILMA-ALUS.....	7
3.1	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN TAISTELUILMA-ALUSTEN KEHITYS	7
3.2	YLEISESITTELY KEHITTEILLÄ OLEVISTA JÄRJESTELMISTÄ.....	8
3.3	MIEHITTÄMÄTTÖMIEN TAISTELUILMA-ALUSTEN TÄRKEIMMÄT JÄRJESTELMÄT	11
3.3.1	ASEJÄRJESTELMÄ JA SENSORIT	11
3.3.2	ASEET	12
3.3.3	MOOTTORI	13
3.3.4	OHJAUSJÄRJESTELMÄ	14
3.3.5	MAAJÄRJESTELMÄT	14
4	MIEHITTÄMÄTTÖMÄN JA MIEHITETYN TAISTELU ILMA-ALUKSEN EROT	14
4.1	ILMASTA MAAHAN TOIMINTA	17
4.2	ILMASTA ILMAAN TOIMINTA.....	18
4.3	JOHTAMINEN.....	19
4.4	AUTONOMINEN TOIMINTA	20
5	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	21
	LÄHTEET	25
	LIIITTEET.....	30

MIEHITTÄMÄTÖN TAISTELUILMA-ALUS UCAV, TEKNOLOGIAKATSAUS

1 JOHDANTO

1.1 Alustus tutkimukseen

Miehittämättömien ilma-alusten (UAV = Unmanned Aerial Vehicle) käyttö taistelukentällä on yleistymässä ja rooli on laajentumassa tiedustelusta taisteluun. Miehitettyihin ilma-aluksiin verrattuna ne sopivat paremmin mm. vaarallisiin ja pitkäkestoisiin tehtäviin (USA 3D = Dirty, Dull, Dangerous) [4]. Useat maat kehittävät miehittämättömiä ilma-aluksia. Kehityksen kärkimaa on USA, jolla niitä on myös eniten operatiivisessa käytössä [5].

Miehittämättömät taisteluilma-alukset (UCAV = Unmanned Combat Aerial Vehicle) voivat olla vakavasti otettava ja uutena aseena yllättävä uhka sekä maalla, merellä että ilmassa oleville joukoille. Kehittyvät, ilmasta laukaistavat aseet ovat nykyaikaisessa sodankäynnissä jo siinäkin suuri uhka. Niin todellinen kuin psykologinenkin vaikutus kohteeseen kasvaa edelleen koska miehittämätön alus voi operoida olosuhteissa, joihin perinteisiä ilma-aluksia miehistöineen ei välttämättä voida asettaa.

Jatkuva aseteknologian kallistuminen saattaa lisätä miehittämättömien ilma-alusten käyttöä merkittävästi. Voidaan olettaa, että suuri osa niillä toteutettavista operaatioista on mahdollista harjoitella ilman että alus varsinaisesti nousee ilmaan, jolloin muiden säästöjen ohella huolto- ja polttoainekustannukset pienenevät merkittävästi. Lisäksi koneet voidaan rakentaa halvemmalla, sillä niille kertyy vain vähän lentotunteja.

Kimon P. Valanis väittää kirjassaan *Advances in Unmanned Aerial Vehicles*, että Joint Strike Fighter on viimeinen miehitetty ilma-alus, joka valmistetaan USA:n armeijalle. Niinpä tulevaisuuden ilmassa tapahtuvat taisteluoperaatiot käydään yhä enenevässä määrin vain miehittämättömillä taisteluilma-aluksilla. [38]

Myös Suomen ilmavoimat on esittänyt kiinnostuksensa miehittämättömiin taisteluilma-aluksiin. Ohessa lyhyt lainaus Ylen verkkosivuilla 12.11.2008 Hornettien seuraajaa ja uusia hävittäjähankintoja koskevasta uutisesta: *”Ilmavoimia kiinnostavat myös vielä suunnittelupöydällä olevat miehittämättömät koneet, joita ohjattaisiin maasta. Jo nykyisin lennokkeja käytetään tiedustelutehtävissä, mutta tulossa on koneita, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan hävittäjiä.”* [13]

1.2 Aikaisemmat tutkimukset

Aikaisempia tutkimuksia UCAV:eista on tehty melko paljon ulkomailla, ja joitain myös Suomessa. Pääsääntöisesti aikaisemmat tutkimukset käsittelevät UCAV:eja ja muita miehittämättömiä ilma-aluksia operaatiotaidon kannalta mutta teknisiä tutkimuksia on tehty varsin vähän. Osa vapaasti saatavilla olevista tutkimuksista sisältää arvokasta ja hyvin analysoitua tietoa, mutta useiden tutkimusten tulokset ja anti ovat melko vähäisiä.

- Miehittämättömät ilma-alukset, niiden kehitys sekä käyttö viimeaikaisissa sodissa (kad Jari Kananen, Pro Gradu-tutkielma, MPKK 2007)
- Tulenjohtaminen Ranger-järjestelmällä (kad Janne Keskinen, kadettitutkielma, MPKK 2003)
- Tulenjohtotehtävän suorittaminen ja edellytykset Ranger-lentotiedusteluyksiköllä (TLL IV) (kad Janne Keskinen, Pro Gradu-työ, MPKK 2008)
- UCAV – The Next Generation Air-Superiority Fighter? (Major William K. Lewis, School of Advanced Airpower Studies Air University, Maxwell AFB, Alabama 2002)
- The Last Manned Fighter: Replacing Manned Fighters With UCAV’s (Major Robert B Trsek, Air Command and Staff College Air University, Maxwell AFB, Alabama 2007)

- Evolving Self Organized Behavior for Homogeneous and Heterogeneous UAV or UCAV Swarms (Second lieutenant Ian C Price, Department of the Air Force Air University, Wright-Patterson AFB, Ohio 2006)
- Unmanned Combat Aerial Vehicles: Sead & EW for the Future (Lt Col James C. Horton, Air War College Resident Program Air University, Maxwell AFB, Alabama 2004)
- Uninhabited Combat Aerial Vehicles, Airpower by the People, For the People, But Not with the People (Lt Col RICHARD M. CLARK, Air University Press, Maxwell AFB, Alabama 2000)
- Decision Factors for Cooperative Multiple Warhead UAV Target Classification and Attack with Control Applications (Lt Col Douglas Dwayne Decker, Department of the Air Force Air University, Wright-Patterson AFB, Ohio 2004)

1.3 Tutkimuskysymys

Ovatko miehittämättömät taisteluilma-alukset käyttökelpoisia taistelutehtävissä?

- Mitkä ovat miehittämättömän ilma-aluksen vahvuudet / heikkoudet verrattuna miehittyyn ilma-alukseen?
- Minkälaista A/A- ja A/G-aseistusta miehittämättömissä taisteluilma-aluksissa on?
- Minkälaisia teknisiä ratkaisuja on autonomisesti toimivissa miehittämättömissä ilma-aluksissa?

1.4 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelmä on kirjallisuustutkimus, jossa perehdytään laajasti aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Aineistoa analysoidaan tutkimuksen aikana ja pelkän kirjallisuusselvityksen lisäksi tutkimus sisältää myös tutkijan omia johtopäätöksiä [19]. Tutkimustyön päämääränä on kartoittaa nykYTEknologia ja lisätutkimuksen tarve.

1.5 Keskeiset käsitteet

UAV	= Unmanned Aerial Vehicle
UAS	= Unmanned Aircraft System
UCAV	= Unmanned Combat Air Vehicle, miehittämätön taisteluilma-alus - ilman miehistöä - automaattisesti tai kauko-ohjattuna - toimiva ilma-alus, jonka on tarkoitus vaikuttaa (yleensä aseina) vastustajaan (taistelulataus ei ole osa ilma-alusta (vrt. risteilyohjus)) - tarkoitettu nimenomaan taisteluun (hyökkäys tai puolustus), ei esimerkiksi aseistettu tiedusteluilma-alus
UCAS	= Unmanned Combat Air System

1.6 Lyhenteet

A/A	= Air to Air
AAR	= Air to Air Refuelling
AESA	= Active Electronically Scanned Array
AFMSS	= Air Force Mission Support System
AFRL	= Air Force Research Lab
A/G	= Air to Ground
AGM	= Air to ground Missile
AIM	= Air Intercept Missile
ARM	= Anti-Radiation Missile
BVR	= Beyond Visual Range
CSAR	= Combat Search and Rescue
DARPA	= Defense Advanced Research Projects Agency
DMS	= Distributed Management System
EGBU	= Enhanced Guided Bomb Unit
EW	= Electronic warfare
GBU	= Guided Bomb Unit
GPS	= Global Positioning System
JDAM	= Joint Direct Attack Munition
J-UCAS	= Joint Unmanned Combat Air System
LGB	= Laser Guided Bomb
LOCAAS	= Low Cost Autonomous Attack System
NASA	= National Aeronautics and Space Administration

RCS	= Radar Cross Section
SA	= Situation Awareness
SAR	= Search and Rescue
SAR	= Synthetic Aperture Radar
SCRAMJET	= Supersonic Air Combustion Ramjet
SEAD	= Suppression of Enemy Air Defence
T _{ne}	= Threat No Escape
UAS	= Unmanned Aircraft System
UAV	= Unmanned Aerial Vehicle
UCAS	= Unmanned Combat Aircraft System
UCAV	= Unmanned Combat Aerial Vehicle
UHF	= Ultra High Frequency
VHF	= Very High Frequency
WEZ	= Weapons Employment Zone
WVR	= Within Visual Range

1.7 Rajaukset

Tutkimustyön rajoittaminen 20–40 sivun mittaiseksi ei mahdollista alkuperäiseen aihepiiriin kuuluneen uhka-analyysin käsittelyä, joten se on rajattu pois. Tutkimus on mahdollista laajentaa YE-kurssin diplomityöksi ottamalla mukaan uhka-analyysi.

Tutkimuksessa esitellään miehittämättömät ilma-alukset yleisesti, keskittyen siinä kuitenkin sotilaskäyttöön suunniteltuihin laitteisiin. Tutkimuksen aihealue rajaa tutkimuskohteeksi sellaiset miehittämättömät ilma-alukset, jotka on suunniteltu taistelukäyttöön. Esimerkiksi aseistetut tiedusteluilma-alukset eivät kuulu tutkimuksen piiriin ja niitä käsitellään vain yleisemmällä tasolla. Koska erittäin pienillä sotilaskäyttöön suunnitelluilla UAV:llä ei ole samanlaista yhtenevyyttä UCAV:eihin kuin normaalin lentokoneen kokoisilla UAV:llä, ne rajataan tutkimuksen ulkopuolelle. Varsinainen tutkimus käsittelee sellaisia UCAV:ien järjestelmiä ja kykyjä, jotka eroavat miehitystä taistelu ilma-aluksista.

Tutkimuksen teossa käytetään vain julkisia lähteitä.

2 MIEHITTÄMÄTÖN ILMA-ALUS

2.1 Miehittämättömien ilma-alusten historia

Miehittämättömiä ilma-aluksia on eri lähteiden mukaan ollut sotilaskäytössä jo I Maailmansodasta alkaen, tosin nykyisen määritelmän ne eivät täytä UAV:n ominaisuuksia. Tuolloin niiden käyttöarvoa ja etenkin kehitysmahdollisuuksia ei vielä ymmärretty, ja sen vuoksi niiden käyttö oli pitkään melko vähäistä ja kehitys hidasta. Vaikka jonkinlaista kehitystä on tapahtunut koko ajan, heräsi laaja kiinnostus miehittämättömien ilma-alusten käyttöön vasta 1991 Operaatio Aavikkomyrskyn ja Balkanin-niemimaan konfliktin jälkeen. 9/11 terroristi-iskujen jälkeiset Afganistanin ja Irakin sodat olivat ensimmäistä kertaa laajemmin UAV-operaatioiden näyttämöinä [38].

Edelleen suurin osa käytössä olevista miehittämättömistä (sotilas-) ilma-aluksista on varustettu lähinnä erilaisilla sensoreilla ja tarkoitettu tiedusteluun, valvontaan tai esimerkiksi maalinsoitukseen. Ensimmäiset pommitukset miehittämättömästä ilma-aluksesta on tehty kuitenkin jo vuonna 1944 kun US Navyn UAV TDR-1 hyökkäsi pommein ja torpedoin japanilaisia aluksia vastaan Salomonin saarilla [26]. Ensimmäinen nykyaikaisen UAV:n tekemä pommitus oli Predatorista tehty koepommitus 2001 [29].

2.2 Miehittämättömien ilma-alusten kehitys

Miehittämättömien ilma-alusten kehitys on seurannut miehitettyjen ilma-alusten kehitystä, ja ominaisuudet eivät lentäjän puuttumista lukuun ottamatta ole juuri eronneet miehitetyistä ilma-aluksista. 1990-luvulta lähtien on alettu tarkemmin tutkia UAV:n etuja ja useat eri tahot ovat esittäneet arveluja ilman lentäjää toimivien ilma-alusten voimakkaasta yleistymisestä. 2000-luvun alussa on esitetty olettamuksia, joiden mukaan miehittämättömien ilma-alusten käyttö tulee lisääntymään huomattavasti lähitulevaisuudessa. USA:n Senaatin Asevoimien komitea julkisti lehdistötiedotteessaan 2001 tavoitteen, että vuonna 2010 kolmasosa ilmaiskuihin osallistuvista ilma-aluksista tulisi olla miehittämättömiä [28].

Huolimatta jatkuvasti kasvavasta kehityksestä myös siviilisektorilla, suurin osa nykyään käytössä olevista miehittämättömistä ilma-aluksista on sotilaskäytössä [38]. Sotilasoperaatioissa niitä käytetään edelleen pääasiassa tiedustelutehtävissä, mutta käyttö taistelutehtävissä on lisääntymässä koko ajan.

3 MIEHITTÄMÄTÖN TAISTELUILMA-ALUS

3.1 Miehittämättömien taisteluilma-alusten kehitys

Tutkimuksen tekohetkellä (2008–2009) ei julkisten lähteiden mukaan operatiivisessa käytössä ole yhtään varsinaista UCAV:ia, joka olisi kehitetty pääasiassa taistelutehtäviin.

Yhdysvaltojen puolustusministeriön julkaisemassa Unmanned Aircraft Systems Roadmap 2005–2030, mainitaan miehittämättömien ilma-alusten kehityksessä tärkeimmäksi asiaksi tarkasteluajana nimenomaan UCAV:ien kehittäminen ja niiden saaminen operatiiviseen käyttöön [8].

Valtaosa UCAV-projektesta keskittyy A/G (Air to Ground = ilmasta maahan) – kyvyn kehittämiseen. Useimpien järjestelmien kohdalla mainitaan niiden olevan multiroolialuksia, joissa on myös A/A (Air to Air = ilmasta ilmaan) – kyky, mutta se on tarkoitettu lähinnä aluksen tai osaston omasuojaksi. Varsinaisia pelkästään ilmasta ilmaan toimintaan suunniteltuja UCAV:eja ei ole tällä hetkellä kehitteillä, mutta projektit tuottavat valmiuden niiden valmistamiseen.

UCAV:ien suunnittelussa pieni havaintoetäisyys näyttää olevan hyvin yleinen vaatimus. Lähes kaikki UCAV:it ovat muotoilultaan niin sanottuja STEALTH-koneita, joissa pintojen muodoilla ja materiaaleilla pyritään mahdollisimman pieneen tutkapinta-alaan (RCS= Radar Cross Section). Miehittämättömissä ilma-aluksissa ohjaamon kuomun ja tuulilasin puuttuminen pienentää RCS:ää merkittävästi. [6] UCAV:in suunnittelussa tavoitellaan tyypillisesti alle 0.01 m²:n RCS:ää, jolloin normaalin hävittäjätutkan havaintoetäisyys on alle 20 km [3].

Asekuorma pyritään sijoittamaan erillisiin ase- tai pommiluukkuihin, jotka avataan vasta kun aseita tarvitaan. STEALTH-ominaisuuksia pyritään parantamaan esimerkiksi poistamalla ja pienentämällä ohjainpintoja. Koska UCAV:ien tehtävät ovat sellaisia, että ne eivät todennäköisesti joudu näköetäisyyden sisäpuolella (WVR= Within Visual Range) tapahtuvaan taisteluun, niiden liikehtimiskyvylle ei aseteta samanlaisia vaatimuksia kuin A/A-hävittäjille. Liikehtimisen ollessa melko rauhallista ja ulkoisen kuorman puuttuessa voidaan esimerkiksi koneen sivuvakaaja poistaa. Uusia teknisiä ratkaisuja on mm. puuttuvan sivuvakaajan korvaaminen suunnattavalla suihkusuuttimella [6].

Yksittäisten UCAV:ien ja niiden muodostamien osastojen ja parvien itsenäistä toimintaa on tutkittu jonkin verran, mutta niissä mielenkiinto ja sisältö eivät keskity teknisiin ominaisuuksiin ja anti tähän tutkimukseen on vähäinen.

3.2 Yleisesittely kehitteillä olevista järjestelmistä

Esiteltävät miehittämättömät taisteluilma-alukset ja järjestelmät ovat MQ-9 Reaperia lukuun ottamatta projekteja (USA X-planes). Pääsääntöisesti projektien tarkoitus on selvittää erilaisia teknisiä ratkaisuja, joita tullaan mahdollisesti käyttämään tulevissa UCAV:eissa, ja yleisesti miehittämättömien taisteluilma-alusten käyttöä sotilaallisissa tehtävissä. Esittelyssä on vain muutamia mielenkiintoisimpia järjestelmiä, joista on saatavissa tietoa julkisista lähteistä.

MQ-9 Reaper (Predator B)

MQ-9 Reaper on vuodesta 2001 käytössä ollut Predator A:sta parannettu versio. Vaikka Reaperia voidaan pitää aseistettuna tiedustelualuksena ja näin se olisi varsinaisen tutkimuksen ulkopuolella, se on kuitenkin selkeästi oma versio. Sen päätehtävänä on tärkeiden kohteiden tuhoaminen ja vasta toisena tehtävänä on tiedustelu ja valvonta.

MQ-9 Reaperissa on mm. MQ-1 Predatoria tehokkaammat moottorit, parannettu lennonohjausjärjestelmä ja satelliittipaikannuskyky, sekä yhdistetty ilmavoimien tehtävätuki-järjestelmä AFMSS (Air Force Mission Support System). Lisäksi Reaperissa on siivissä jääneistöjärjestelmä, [25] jolloin sen toimintakyky jäätävissä olosuhteissa on parempi.

Reaper pystyy kantamaan yhteensä neljä AGM-114 Hellfire panssarintorjuntaohjusta, kaksi laserohjattua pommia (GBU-12 tai EGBU-12) ja yhden GBU-38 JDAM:in (Joint Direct Attack Munition) [25]. Reaperilla on lisäksi omasuojakyky, sillä se pystyy ampumaan AIM-9X Sidewinder lämpöhakuisia ilmataisteluohjuksia [35].

Joint Unmanned Combat Air Systems (J-UCAS)

Alun perin erilliset USA:n ilmavoimien UCAV – ja Navyn UCAV-N–hankkeet yhdistettiin asevoimien tutkimusorganisaation DARPA:n (Defense Advanced Research Projects Agency) johtamaksi [8] ja osittain rahoittamaksi J-UCAS (Joint-UCAS) projektiksi. Edelleen se siirrettiin vuoden 2005 lopulla ilmavoimien, DARPA:n ja Navyn yhteiseksi projektiksi, jonka johdosta on ilmavoimilla [15]. J-UCAS-hanke sisältää sekä Boeing X-45:n että Northrop Grumman X-47 Pegasusuksen eri versioineen. Tällä hetkellä näyttää siltä, että J-UCAS perustuu enemmän X-47:ään kuin X-45:een [16], vaikka Navyn kiinnostus A/G-kykyyn onkin hiipumassa ja tavoitteena on saada lähinnä valvontatehtäviin soveltuva UAV [14].

J-UCAS-ohjelman tarkoituksena on saada teknisesti ja sotilaallisesti toimiva, erilaisiin operaatioihin kykenevä, aseistettu miehittämätön ilma-alus. Sen päätehtävinä ovat vihollisen ilmapuolustuksen lamauttaminen (SEAD= Suppression of Enemy Air Defence), elektroninen vaikuttaminen, valvonta, tiedustelu, maalinosoitus sekä täsmäpommitukset [16]. Lisäksi ilma-aluksen on pystyttävä toimimaan lentotukialuksilta [11]. Lentotukialuksen vaatimat järjestelmät ja niihin liittyvät tekniset haasteet alkavat olla ratkaistuja, ja ensimmäinen testilento maalle, tukialusta jäljittelevälle kiitotielle on odotettavissa joulukuussa 2009. Ensimmäinen miehittämättömän ilma-aluksen suorittama lento-ohjelmointi ja lasku tukialukselle on suunnitelmissa toteuttaa vuonna 2011 [7].

Asejärjestelmä koostuu tehtävän ja olosuhteiden mukaan muunneltavista ilma- ja maakomponenteista [8] ja sen tulisi pystyä operaatioihin maailmanlaajuisesti. Suunnitelmien mukaan yksi operaattori voisi lennättää neljää alusta kerrallaan mikäli ne toimivat samassa osastossa. [17] J-UCAS on osittain autonominen ilma-alus, jonka itsenäisen toiminnan osuus vaihtelee operaatioittain [3]. Operatiivisten suorituskykyvaatimusten mukaan J-UCAS:in on kyettävä 2400–2780 km:n (1300–1500 nm) toimintatehtävään, 2040 kg:n (4500 lb) asekuormalla ja kahden tunnin päivystykseen 185 km:n (100 nm) päässä olevan taistelun alueen yllä. Osaston alusten on kyettävä olemaan yhteydessä myös toisiinsa. Ensimmäinen onnistunut parin suorittama koelento lennettiin elokuussa 2004 [17].

Neuron

Neuron on yhteiseurooppalainen, Dassault Aviationin johtama UCAV-projekti, jossa on mukana Ranska, Kreikka, Italia, Ruotsi, Espanja, Turkki ja Sveitsi. Ranskalaisen Dassaultin lisäksi myös ruotsalaisella Saabilla on merkittävä rooli Neuronin kehityksessä ja koelentojen toteutuksessa. Prototyypin ensilento on suunnitelmien mukaan vuonna 2011 [24].

Ruotsin valtio on vetänyt pois lupaamansa 600 miljoona kruunun rahoituksen [31], mutta koko projektin läpivienti ei ole vaarassa. Kehitystyö jatkuu mm. ranskalaisen DGA:n (La Délégation Générale pour l'Armement) rahoituksen turvin [9].

Neuronia voidaan suunnitelmien mukaan ohjata sekä maassa olevasta ohjauskeskuksesta että esimerkiksi Gripen tai Rafale hävittäjästä [24].

Taranis

Taranis on vuonna 2006 aloitettu englantilainen UCAV-tutkimusprojekti. Englannin kuninkaallisille ilmavoimille käyttöön tulevan UCAV:in ensilento on suunniteltu toteutettavaksi jo vuonna 2010. Hankkeeseen osallistujat halusivat oman kansallisen UCAV:in, jotta he voisivat paremmin hyödyntää aikaisempien projektien tuloksia ja kehittää kokonaisuutta ilman muiden maiden roolia ja tarpeita [33].

Taraniksen on tarkoitus toimia pääosin itsenäisesti [34] ja sen on tarkoitus pystyä toimimaan mannertenvälisenä aselavettina [33].

Sky-X

Italian ilmavoimien Sky-X hanke tähtää A/A- ja A/G-kykyiseen UCAV:iin, jonka ilmasta maahan asekuorma olisi kaksi JDAM:iä. Sky-X lensi ensilentonsa vuonna 2005 Ruotsin Vid-elissä. Sivuvakaajien tuottama suuntaohjaus on tarkoitus korvata suunnattavalla suihkusuuttimella. [1]

MiG Skat

Venäläisen MiG Skat UCAV:in suunnittelu on aloitettu vuonna 2005 ja 1:1-kokoinen malli julkistettiin Moskovon lentonäytöksessä MAKS:issa vuonna 2007. Jo tehtyjen tuulitunnelitesien jälkeen seuraava askel on rakentaa lentävä alus, joka voidaan testauksia varten tarvittaessa miehittää.

MiG Skatin tuleva aseistus sisältänee ainakin tutkasäteilyyn hakeutuvia ohjuksia, ilmasta maahan-ohjuksia ja merimaalien torjunta ohjuksia. Lisäksi aseluukkujen sisään saa TV-ohjattavia ohjuksia ja vapaasti putoavia pommeja. [23]

Eitan (Heron II)

Eitan on israelilainen täysin autonominen UCAV, joka on tulossa sekä merivoimien että ilmapuolustuksen käyttöön. Eitanin yksi tehtävä on ballististen ohjusten laukaisun havainnointi ja ohjusten sekä niiden laukaisualustojen tuhoaminen. [2]

3.3 Miehitämättömien taisteluilma-alusten tärkeimmät järjestelmät

Viime vuosikymmenien teknologinen kehitys on mahdollistanut miehitämättömien ilma-alusten voimakkaan kehityksen. Lähes kaikissa UCAV:eissa on inertiasuunnistus-järjestelmä, automaattiohjaus, datalinkki tiedonsiirtoon ja kauko-ohjausmahdollisuus. Osassa on ainakin osittainen kyky toimia itsenäisesti. Itsenäinen (autonominen) toiminta on tällä hetkellä kenties suurimman kiinnostuksen kohteena erilaisissa UCAV-projekteissa. [8]

3.3.1 Asejärjestelmä ja sensorit

Useimpiin miehitämättömiin taisteluilma-aluksiin on suunniteltu elektronisesti keilaava AESA (Active Electronically Scanned Array) tutka, jossa on SAR-ominaisuus (Synthetic aperture Radar) maaston muotojen ja maalien kartoittamiseen. [6]

Tutkan lisäksi tarvitaan sensoreita, joilla vastustajan lähete havaitaan. Koska ARM (Anti-Radiation Missile)- ja EW (Electronic warfare) -uhka on noussut suureksi, ei ilmapuolustuksen tutkia voida pitää jatkuvasti toiminnassa ja kohteen havainnointi vaikeutuu. UCAV:eihin on kehitetty esimerkiksi laser-tutkia, joilla voi keilata laajoja alueita ja etsiä ennalta ohjelmoituja kohteita. Sensoreiden keräämä tieto yhdistetään ohjelmistolla (Automatic Target Recognition). Tilannekuvan odotetaan olevan niin tarkka, että UCAV voi valita kohteensa automaattisesti ilman päätöksentekoketjussa olevan ihmisen päätöstä [12].

Miehittämättömät taisteluilma-alukset pyritään tekemään pieniksi, jotta ne olisivat huonosti havaittavissa. Pieni koko rajoittaa myös aseistuksen kokoa ja aseiden määrää. Koska aseille halutaan mahdollisimman suuri vaikutus, ne ovat pääsääntöisesti tarkkuusaseita. Tarkat aseet, joissa on pieni, mutta tehokas taistelulataus, soveltuvat käytettäväksi erikoistehtäviin esimerkiksi silloin, kun maalin lähistöllä on kohteita, jotka eivät saa vahingoittua [8].

3.3.2 Aseet

Miehittämättömien taisteluilma-alusten A/G-aseistus koostuu pääsääntöisesti tarkkuusaseita. Niiden päätyypit ovat inertian, GPS:n tai niiden yhdistelmän avulla tapahtuva hakeutuminen ennalta määrättyyn pisteeseen (waypoint) ja laser-ohjatut pommit (LGB = Laser Guided Bomb), jotka hakeutuvat laserilla valaistuun maalipisteeseen. [18] Molemmilla järjestelmillä on etunsa ja rajoituksensa. Waypointtiin hakeutuvan aseiden käyttö ei ole riippuvainen säästä, mutta kohteen tarkan sijainnin on oltava tiedossa ennen lentoa, ellei maalia määritetä esimerkiksi A/G-tutkan avulla tai paikkatietoa lähetetä datalinkillä. Edellistä tarkempien LGB-aseiden käyttö on mahdollista myös liikkuvien ja vasta lennon aikana havaittujen kohteiden tuhoamiseen, mutta niiden käyttö onnistuu ainoastaan hyvissä näkyvyysolosuhteissa. Laser-ohjatun pommin lentoa on tuettava loppuun asti osoittamalla lasersäteellä maalia (tämän ei välttämättä tarvitse tapahtua laukaisevasta aluksesta). Monikäyttöisyyden takaamiseksi ja molempien ohjautusjärjestelmien etujen yhdistämiseksi ovat tulevaisuuden A/G-aseet yhä useammin varustettuja sekä inertia / GPS-hakupäällä että laser-hakupäällä.

Vaikka suurin osa aseista on samoja joita käytetään miehitetyissä ilma-aluksissa, onUCAV:eihin suunniteltu myös omia, niiden tehtäviin sopivia aseita. LOCAAS (Low Cost Autonomous Attack System) on pieni, omalla moottorilla ja hakupäällä varustettu ase, joka soveltuu monien erilaisten kohteiden tuhoamiseen. Hakupää, iskemäpiste ja taistelulataus optimoituvat automaattisesti maalin mukaan. Suihkumoottori mahdollistaa 30 minuutin lentoajan ennen hakeutumista. LOCAAS ei tarvitse erillistä sensoria laukaisevaan alustaan, vaan se etsii kohteensa omalla hakupäällään [22]. Small Diameter Bomb (SDB), on 129 kg (285 lb) painava pommi, joka hakeutuu kohteeseen joko GPS:n ja inertian avulla tai oman hakupään ohjauttamana. Pommi on vain 1,8 m (5.9 ft) pitkä, ja pienen kokonsa ansiosta ilma-alus voi kantaa useita pommeja tulivoiman kasvattamiseksi. [30][10]

Ilmatorjunta- ja valvontajärjestelmien lamauttamiseksi on suunniteltu myös lasersädetä ja korkeatehoista mikroaaltopulssia, joiden etuina ovat mm. minimaaliset välilliset vahingot ja nopea käytettävyys. Kohteeseen voidaan vaikuttaa lähes välittömästi sen havaitsemisen jälkeen, eikä tutkan sammuttaminen ehdi pelastaa kohdetta hyökkäykseltä. Haittoina on vaadittu näköyhteys kohteeseen ja näin pieni vaikutusetäisyys, sekä kyky vaikuttaa vain asejärjestelmän sensoriin [12].

Käytävissä olevista lähteistä ei löytynyt mainintaa erityisesti UCAV:eihin tarkoitetuista A/A-aseista. Omasuojana ilmassa olevaa uhkaa vastaan käytetään lähinnä infrapunahakuisia ohjuksia kuten AIM-9X Sidewinderia. Tutkaohjusten käyttö UCAV:iissa ei ole teknisesti kovin haastavaa, mutta se vaatisi kuitenkin vähintään A/A-tutkan ilma-alukseen. Lisäksi tutkaohjusten tehokas käyttö edellyttäisi jonkinlaista maalinvalinta-työkalua, joka on jo paljon vaikeampi toteuttaa kuin A/G-toiminnassa.

3.3.3 Moottori

UCAV:ien moottoreiden tärkeimpiä ominaisuuksia ovat vähäinen polttoaineenkulutus ja tuotettu työntövoima [8]. Lisäksi moottorin tulisi olla sellainen, että se säteilee mahdollisimman vähän eikä näin paljastaisi ilma-alusta. Useissa UAV-projekteissa on varsin ennakkoluulottomasti kokeiltu erilaisten moottorityyppien soveltuvuutta miehittämättömien ilma-alusten voimallitteeksi. Suihkumoottori, potkuriturbiini ja mäntämoottori ovat edelleen usein käytettyjä vaihtoehtoja, mutta esimerkiksi sähköllä, aurinkoenergialla, kemiallisten reaktioiden tai ydinenergian voimalla kulkevia ilma-aluksia on ollut ainakin piirroksissa suunnittelupöydällä. Edellä mainittujen lisäksi patoputkimoottorit (RAMJET) ja yliaänenpatoputkimoottorit (SCRAMJET = Supersonic Air Combustion Ramjet) ovat mahdollisia UCAV:ien voimanlähteitä [8].

3.3.4 Ohjausjärjestelmä

Tulevaisuudessa UAV:n ja UCAV:ien käyttö muuttuu yksittäisten koneiden käytöstä useiden koneiden kokonaisuuksiin [38]. UCAV:ien ohjaus toteutetaan yleensä käyttämällä tiedonsiirtoon salattua ja suojattua datalinkkiä [6]. Datalinkkijärjestelmiä voi olla kaksikin, jolloin toinen on tyypillisesti tarkoitettu ohjaukseen ja toinen tiedon välittämiseen ilma-aluksesta ohjausyksikköön. Koska UCAV:it toimivat ajoittain syvällä vihollisen ilmatilassa on tiedonsiirron oltava hyvin häirinnältä suojattua [20]. Vaikka tavoitteena on tuottaa jopa täysin autonomisia taisteluilma-aluksia, on niissä edelleen usein ainakin varatoimintona järjestelmä, joka mahdollistaa ihmisen puuttumisen maalittamiseen. Tällainen “Man-in-the-loop”-vaatimus pienentää riskiä vaikuttaa väärään maaliin [12], mutta kansainväliset sodan oikeussäännöt kieltävät ainakin vielä täysin automatisoidut asejärjestelmät.

3.3.5 Maajärjestelmät

Osittain tai kokonaan maasta ohjattavat taisteluilma-alukset saavat ohjaukskomennon useimmiten datalinkin välityksellä. Maa-aseamalla oleva UCAV:in lennättäjä ohjaa lentoa samantyyppisillä hallintalaitteilla kuin lentokoneenkin lentäjä, ja lennättäjän toimintaympäristö pyritään tekemään hyvin samankaltaiseksi lentokoneen ohjaamon kanssa. Maa-aseamille on muun muassa kehitetty visiirejä joiden kautta ilma-aluksen sensoreiden tieto välittyy lennättäjälle. Lisäksi on kehitetty haarniskoja, joiden avulla ilma-alukselle voidaan antaa käskyjä kehonkielillä, jolloin lennättäjä tuntee koneen liikkeitä ja esimerkiksi ilmakehän vaikutukset kehoonsa. [8]

4 MIEHITTÄMÄTTÖMÄN JA MIEHITETYN TAISTELU ILMA-ALUKSEN EROT

Nykyään käytössä olevissa miehittämättömissä ilma-aluksissa ei vielä täysin hyödynnetä niitä etuja, joita saadaan, kun koneessa ei ole ohjaajaa. Etenkin raskaasti varustettuna ne saavuttavat tyypillisesti vain noin 3-4 G:n kiihtyvyyden [29], mikä ei riitä tulevaisuuden taistelutehtävien suorittamiseen. Nykyaikaiset hävittäjät kestävät varustuksesta ja mallista riippuen 7-10 G:n kiihtyvyyksiä, joka on maksimikuormituskerroin kun ajatellaan ohjaajaan kohdistuvaa rasitusta [29]. Sen sijaan tulevaisuuden UCAV:ien arvellaan saavuttavan ja kestävän rakenteellisesti jopa 20 G:tä [35]. Maksimikihtyvyyden kasvaminen kaksinkertaiseksi tuo tiettyissä tilanteissa merkittäviä etuja, vaikka voidaan olettaa, että miehittämättömillä aluksilla ei

tarvitse juurikaan käydä perinteistä kaartotaistelua. Suuri kuormitusmonikerta mahdollistaa etenkin kaukaa ammutun ohjuksen väistämisen juuri ennen sen osumaa, ja tuo tehoa pulssi-dopplertutkaa vastaan tehtävän doppler-väistön suorittamiseen.

Miehitettyjen taisteluilma-alusten korvaamisella UCAV:eilla haetaan säästöjä myös henkilöstömäärissä. J-UCAS-projektin yhtenä tavoitteena on pienentää yhden laivueen henkilömäärä 210:stä (F/A-18 F/E) 85:een. [14]

Yksi tärkeimmistä UCAV:in ominaisuuksista on niiden pitkä toiminta-aika, johon ei vaikuta ohjaajan rajoitukset. Mikäli ilma-alus toimii kauko-ohjattuna, voidaan sen lennättäjä vaihtaa vaikka kesken operaation. Polttoaineen loppuminen olisi näin seuraava tekijä, joka pakottaisi sen laskuun. Rajoituksen poistamiseksi on kaksi vaihtoehtoa, ilmatankkaus (AAR = Air to Air Refuelling) ja edellä mainittu voimalaitteen pienempi polttoaineen kulutus. UCAV:in ilmatankkaus on teknisesti jo mahdollista. UCAV:ien koelentoja varten varustettu NASA:n F/A-18, jossa oli ohjaaja vain monitoroimassa ja tarvittaessa varmistamassa toimintaa, suoritti lokakuussa 2006 onnistuneen autonomisen ilmatankkauksen GPS:n ja optisen sensorin avulla [35]. Yhdysvaltojen ilmavoimien tutkimuslaboratorio AFRL (Air Force Research Lab) on tutkinut autonomista suoritusta tarkkuus GPS:n, autopilotin ja erityisten AAR-sensoreiden avulla. Suunnitelmissa on testata vielä ilman GPS:ää, pelkkien tankkaavan ja tankattavan ilma-alusten sensorien avulla tapahtuvaa ilmatankkausta. [37]

Kun UCAV toimii ilman ohjaajaa, se on mm. ohjaajan ja lentovarusteiden, ohjaamolaitteiston ja esimerkiksi ilmastointijärjestelmän massan verran kevyempi kuin vastaava miehitetty ilma-alus olisi. Keventynyt alus voidaan varustaa useammalla sensorilla tai painavammalla asekuormalla tai ilma-aluksesta voidaan tehdä pienempi, jolloin sen toiminta-aika ja –matka kasvavat [8].

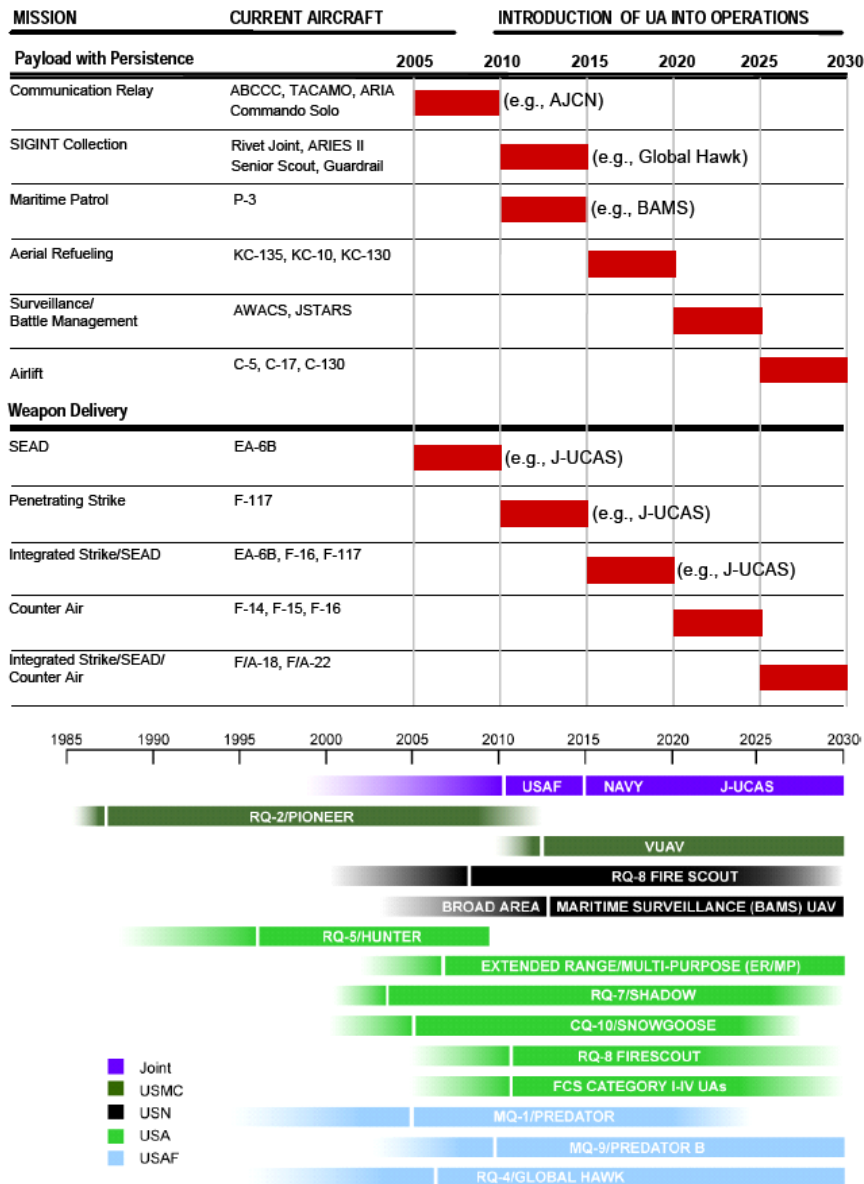
Ilman miehistöä toimiva taisteluilma-alus ei tarvitse tehtävänsä tueksi etsintä ja pelastuspalvelua (SAR = Search and Rescue). Pieni RCS vaikeuttaa havaittavuutta ja omasuoja sekä EW-kyky parantavat selviytymistä taistelukentällä niin, ettei (A/G) taistelutehtävää suorittava UCAV välttämättä tarvitse suojakseen saatto- tai suojahävittäjiä. Näin operaatiot ovat entistä helpompia, nopeampia ja halvempia suunnitella ja toteuttaa [3]. Lisäksi muutoksien toteuttaminen on sitä yksinkertaisempaa, mitä vähemmän operaatiossa on toisiinsa vaikuttavia tekijöitä. Myös tehtävän onnistuminen saattaa olla varmempaa, kun ohjaajan pelko ja inhimilliset virheet eivät vaikuta taisteluun.

UCAV:ien käytön suurimpana haasteena on tilannetietoisuuden (SA = Situation Awareness) luominen [18]. Lentokoneen ohjaamossa oleva ohjaaja luo SA:n yhdistämällä eri sensoreilta tulevan tiedon ympärillään näkemäänsä tilanteeseen. Ilman ohjaajaa lentävä UCAV ei voi täysin korvata silmien tuottamaa informaatiota sensoreilla, vaikka optisilla laitteilla muodostetut visuaaliset havainnot saataisiinkin välitettyä esimerkiksi maa-aseamalla olevalle ohjaajalle.

UCAV:in häirintä voi olla vaikeaa, sillä puheradion (VHF/UHF) häirintä ei vaikuta sen toimintaan. Toisaalta sen datalinkkiä häiritsemällä päästään mahdollisesti vaikuttamaan UCAV:in ohjaukseen tai asejärjestelmien käyttöön. Itsenäisessä toiminnassa miehittämättömän taisteluilma-aluksen häirintä on vaikeaa. Vaikutusta saadakseen vastustaja joutuu häiritsemään joko UCAV:in sensoreita, aseiden hakupäätä tai aseelle lähetettyjä ohjauskäskyjä, jotka usein on vaikeampaa kuin puheen tai datalinkkiyhteyden häirintä.

UCAV:ien toimiminen saattaa olla mahdollista paljon miehitettyä ilma-alusta huonommissa olosuhteissa. Koska esimerkiksi laskeutuminen ei perustu visuaalisiin kiintopisteisiin kuten miehitettyissä ilma-aluksissa, miehittämätön alus voi tulla laskuun jopa 0-näkyvyydellä.

Seuraavassa kuvassa on UAS Roadmap 2005–2030:ssa esitetty arvio aikataulusta, jolla miehittämättömät ilma-alukset tulevat suorittamaan erilaisia aiemmin miehitettyille ilma-aluksille kuuluneita tehtäviä.



Kuva 1. Miehitämättömien ilma-alusten käyttöönotto eri tehtäviin aikaan sidottuna. Lähde: UAS Roadmap 2005-2030, s 74

4.1 Ilmasta maahan toiminta

Pitkän kantaman ilmatorjuntajärjestelmien luoma uhka pakottaa muuttamaan toimintatapoja ilmatorjutulla alueella. Nykyisillä ARM-ohjuksilla (ARM = Anti-Radiation Missile) on niin pieni maksimiampumaetäisyys, että niitä ei voi laukaista IT-järjestelmien kantaman ulkopuolelta. Mikäli järjestelmiin vaikutetaan vain EW:n keinoin ja estetään IT:n ohjuslaukaisut häirinnällä, ovat samat järjestelmät uhkana jälleen seuraavassa operaatiossa. SEAD-operaatioista ollaan siirtymässä DEAD-operaatioihin (Destruction of Enemy Air Defenses), joissa ilmapuolustus tuhotaan lamauttamisen sijaan [12].

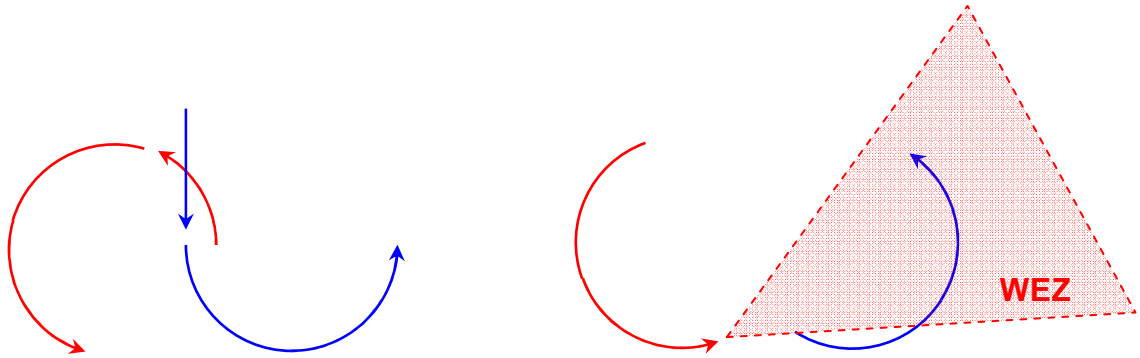
UCAV:ien (esim. J-UCAS) suorituskyky vastaa juuri edellä kuvattuja operaatioita. Pitkä toiminta-aika, nopeus, mahdollisuus lentää erittäin korkealla ja toimia korkean uhkan ympäristössä, huono havaittavuus, EW-sensorit ja lähettimet sekä kauaskantoiset täsmäaseet mahdollistavat vastustajan liikkuvienkin järjestelmien paikantamisen, maalittamisen ja tuhoamisen ilman suurta riskiä [12].

4.2 Ilmasta ilmaan toiminta

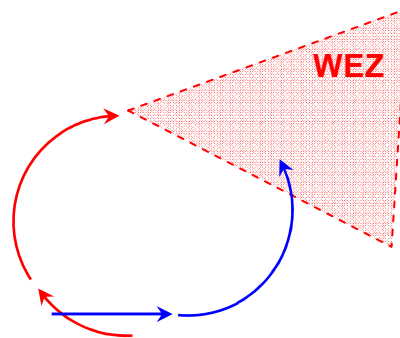
UCAV:it on suunniteltu pääsääntöisesti ilmasta-maahan tehtäviin. Niillä voi olla jonkinlainen kyky suojata oma toiminta ja puolustautua ilma-uhkaa vastaan, mutta todennäköisesti UCAV:ien suojaksi tarvitaan miehitetty hävittäjä. [32]

Näköetäisyyden ulkopuolella (BVR = Beyond Visual Range) tunnistus tapahtuu miehitetyisäkin ilma-aluksissa teknisillä välineillä tai tunnistustieto välitetään sille joko datalinkillä tai puheella. A/A- toiminnassa suurin tekninen haaste on maalin tunnistaminen näköetäisyyden sisäpuolella. Sensoreiden tuottama tieto välitetään UCAV:in lentoa johtavalle maa-asemalle tai miehitettyyn lentokoneeseen ja tunnistuksen tekee ihminen saamansa kuvan perusteella. Autonomisesti toimiva UCAV vertaa optisten ja / tai infrapunasensoreiden muodostamaa kuvaa tietopankkiinsa tunnistakseen maalin [35].

Tunnistusongelmien lisäksi näköetäisyyden sisäpuolella tapahtuva taistelu asettaa muitakin haasteita UCAV:ien käytölle. Kauko-ohjattuna viestin kulkeminen ilma-aluksesta lennättäjälle ja komennon välittyminen takaisin aiheuttaa arvioiden mukaan kahdesta neljään sekunnin viiveen, joka on aivan liikaa luonteeltaan hyvin dynaamisessa kaartotaistelussa. Neljän sekunnin aikana vastustaja ehtii kaartaa yli 60° (nykyaikaisen ilmataisteluhävittäjän jatkuva kaartokyky on noin 15-25° sekunnissa) ja pääsee ennakon turvin hallinta-asemaan, josta se kykenee laukaisemaan ohjuksensa ensin, tai pakottamaan vastustajansa ennakoitavaan ja puolustukselliseen liikehdintään [35]. Seuraavissa kuvissa on esitetty WVR-taistelun perusgeometrioiden, 1-ympyrää ja 2-ympyrää, aloitus ja ensimmäinen mahdollinen ampumapaikka, mikäli toisella koneella on noin 60°:een kulmaetu. Nykyaikaisten ” high offboresight”-ohjusten laukaisualue on merkittävästi laajempi kuin kuvattu, mutta yksinkertaisuuden vuoksi kuvassa on esitetty varsin kapea-kulmainen laukaisualue.



Kuva 2. Viiveestä aiheutuva kulma-etu vastustajalle 2-ympyrän taistelussa (WEZ = Weapons Employment Zone = ohjuksen laukaisualue).



Kuva 3. Viiveestä aiheutuva kulma-etu vastustajalle 1-ympyrän taistelussa.

4.3 Johtaminen

Miehittämättömiä ilma-aluksia johdetaan yleensä niin, että kaikki sensoreiden keräämä tieto lähetetään maassa olevalle johtokeskukselle datalinkillä, siellä tieto prosessoidaan ja lähetetään käskyinä takaisin alukseen. Ilma-aluksissa radioiden – ja datalinkin – käyttömahdollisuuksia rajoittaa radioiden koko, paino ja tarvittava virta. Tämän hetken kehitystrendi on se, että tarpeeksi tehokkailla tietokoneilla suoritetaan tietojenkäsittely ilma-aluksessa ja osa prosessoidusta tiedosta lähetetään johtopaikalle tai muille osaston koneille. Näin vähennetään merkittävästi lähetettävän datan määrää. [8]

Yksittäinen ilma-alus on taistelutehtävässä usein tehoton. Niinpä UCAV:ienkin suunnitellaan toimivan verkottuneena pääsääntöisesti osastoina, joko keskenään tai samassa osastossa miehittyjen ilma-alusten kanssa. Miehittetyt ilma-alukset voisivat toimia johtokoneina ja hoitaa niitä tehtäviä, joihin vielä vaaditaan ihminen päätöksentekoon. UCAV:eille jäisi tehtäväksi esimerkiksi häirintä ja aseiden laukaisu [27].

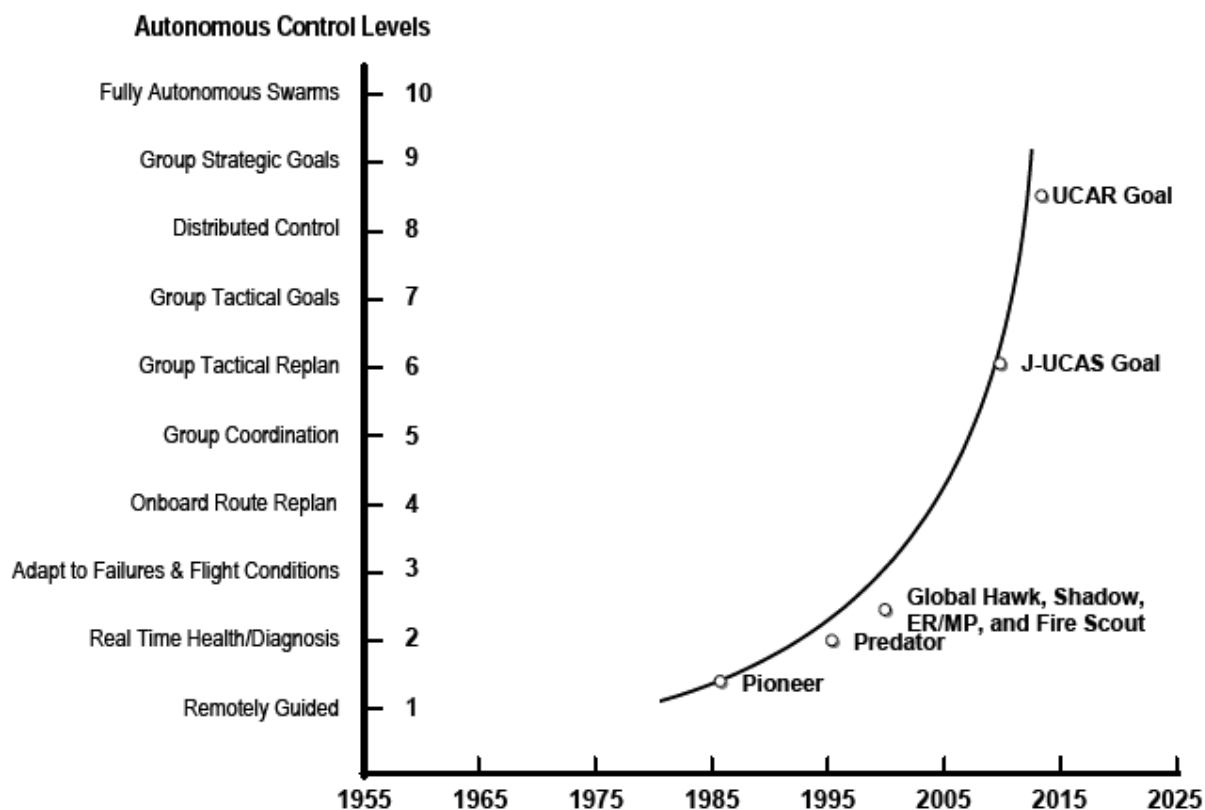
UCAV:ien on siis pystyttävä toimimaan tarvittaessa isoinakin osastoina kerrallaan. Tekninen toteutus vaatii sekä laajaa kaistanleveyttä radioyhteyttä varten että uudenlaista johtamisjärjestelmää. Rajallinen kaistanleveys pakottaa joko käsittelemään tiedon UCAV:iissa (osittainen tai täysin autonominen toiminta) tai pakkaamaan lähetettävän ja vastaanotettavan tiedon. [35] Taajuusalueen kaventamiseksi ja lähetteen pakkaamiseksi pitää lähettimien ja vastaanottimien olla entistä tarkempia ja sen vuoksi ne ovat myös kalliimpia.

4.4 Autonominen toiminta

Voidakseen toteuttaa tehtävänsä kaukana kotitukikohdasta, mahdollisesti häirityissä olosuhteissa inhimillisen virheen riski minimoituna, on miehittämättömiin taisteluilma-aluksiin kehitetty osittaisen tai kokonaan itsenäisen toiminnan mahdollistavia järjestelmiä. [20] Ohjaajan kapasiteetin korvaaminen teknisillä ratkaisuille vaatii prosessoreilta suurta tehoa. On arvioitu, että ihmisen muistin kyky vastaa nopeudessa sata biljoonaa (10^{14}) käskyä sekunnissa ja muistikapasiteetti 100 miljoonaa megabittiä. Jo keksittyjen uusien tekniikoiden avulla mikroprosessorien odotetaan selviävän vastaavista haasteista jo seuraavan 5 vuoden sisällä. Kuitenkin kallis hinta estänee tällaisten prosessorien laajemman käytön vielä seuraavat 10-20 vuotta [8].

Ensimmäinen täysin itsenäinen UAV lento suoritettiin vuonna 1989 kun DARPA:n rahoittama projekti ilma-alus Condor suoritti tehtävän lento-ohjelmasta laskuun ennalta ohjelmoidun suunnitelman mukaan[8]. Helmikuussa vuonna 2007 Sky Watcher UAV suoritti onnistuneen lennon yhdessä kolmen simuloidun Sky Watcherin kanssa. Lennolla kaikilla parven jäsenillä oli eri roolit ja erilainen varustus. Toiminnan synkronoinnista vastaava järjestelmä, DMS (Distributed Management System) mahdollistaa kahdentoista täysin autonomisen miehittämättömän ilma-aluksen toimimisen samassa osastossa tarvittaessa eri rooleissa. [36]

Alla on Unmanned Aircraft Systems Roadmapista lainattu kuva, joka esittää miehittämättömien ilma-alusten autonomian tasoja ja niiden saavuttamista ajan kuluessa.



Kuva 4. Autonomian tason kehitys ajan funktiona. Lähde: UAS Roadmap 2005-2030 s. 48

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

UCAV:ien yleistymisestä on esitetty useita arvioita. Aikataulua on vaikea arvioida kovin tarkasti, ainakaan tämän tutkimuksen lähteiden perusteella. Voidaan kuitenkin olettaa, että miehittämättömiä taisteluilma-aluksia käytetään varmasti tulevaisuuden taistelutehtävissä. Tämän hetken kehitysnäkymät viittaavat siihen, että aluksi niitä käytetään lähinnä SEAD / DEAD- ja EW-tehtäviin. UCAV:it sopivat erinomaisesti näihin operaatioihin, sillä ne voivat viipyä kohteen yllä tai lähistöllä pitkään esimerkiksi odottamassa ilmapuolustuksen tutkien päälle laittoa ja saatuaan signaalin aloittaa häirinnän tai laukaista ARM-ohjuksen. Hyökätessään kohteelle UCAV-osaston koneiden on voitava toimia hyvin lähellä toisiaan, jotta osaston fyysinen koko ei kasva liikaa. Suurikokoisen, laajalla alueella toimivan osaston käsittely, suojaaminen ja johtaminen on vaikeampaa kuin pienen ja tiiviin [12].

A/G- toiminta on helpompi toteuttaa itsenäisesti kuin A/A- operaatio. Pommitustehtävät voidaan toteuttaa melko helposti ohjelmoimalla reitti ja maalit valmiiksi, tiedot voidaan lähettää myös kesken lennon datalinkillä. A/G- tehtävät ovat myös useimmin hyökkäyksellisiä, ja siten helpommin ennakkoon suunniteltavissa. A/A- tehtävät saattavat olla reaktiivisia ja muuttuviin tehtäviin voi olla vaikeaa tai mahdotonta reagoida muuten kuin miehitetyllä ilma-aluksella. Toisaalta BVR-taistelussa UCAV voi pienen RCS:n turvin päästä niin lähelle vastustajaa, että se on T_{ne} -etäisyyden ($T_{ne} = \text{Threat No Escape}$) sisäpuolella, josta ammuttua ohjusta ei kinemaattisesti voida enää väistää [3].

Tehokas A/A WVR-taistelu on kauko-ohjattuna liikehtimiskyvyltään ja järjestelmiltään tasa-vertaista ilma-alusta vastaan lähes mahdotonta ja autonomisestikin vielä hyvin haasteellista ja riskialtista. Vaikka WVR-taistelun perusteet saataisiin ohjelmoitua autonomisesti toimivaan UCAV:iin, voi sellaisten sensorien kehittäminen, jotka seuraisivat vastustajan liikkeitä jatkuvasti (vrt. ohjaajan silmät) olla vaikeaa. Ohjelmoinnissakaan pelkät perusteet eivät riitä, vaan prosessoreilta vaaditaan kykyä ratkaista muuttuvien tilanteiden edellyttämät toimenpiteet ja tehokkaan liikehtimisen vaatima ennakointi voi olla vielä pitkään liian vaikeaa. Ensimmäiset operatiiviseen käyttöön tulevat UCAV:it suunnitellaan todennäköisesti A/G- tehtäviin ja A/A-rooli pysyy pitkään miehitettyjen ilma-alusten tehtävänä.

Suurimpia esteitä UCAV:ien käytön yleistymisessä on niiden johtaminen. Jos alukset eivät toimi itsenäisesti, niiden ohjausta ja johtamista voidaan häiritä. Jos ne taas toimivat ainakin hetkellisesti autonomisesti, ei voida olla täysin varmoja siitä, että ne toimivat oikeita kohteita vastaan. Myös kansainväliset ja osittain eri valtioiden kansalliset sodan oikeussäännöt ovat ainakin vielä sellaisia, että ne eivät mahdollista autonomisesti toimivia taisteluilma-aluksia [35]. Lisäksi UCAV:ien suorituskykyvaatimuksissa usein mainittu pitkä toimintamatka aiheuttaa ongelmia datalinkkisanomien välittämiseen. Datalinkin salattu lähete on yleensä purettavissa ainoastaan silloin, kun lähettäjä ja vastaanottaja ovat täsmälleen samassa ajassa. Pitkän matkan kulkeva viesti on perillä eri ajan hetkellä kuin se lähetettiin, jolloin sen purkaminen on vaikeaa.

UCAV:issa ei tarvita tehokasta ilmastointijärjestelmää, koska ohjaamo ei ole tarvetta paineistaa. Niinpä niillä voidaan toimia tarvittaessa todella korkealla. Entistä korkeampi lentokorkeus tuo vähentyneen vastuksen ja polttoainekulutuksen vuoksi edelleen lisää toiminta-aikaa tai -matkaa ja mahdollistaa A/A- ja A/G-aseille pidemmän kantaman. Korkealta UCAV:illa voidaan valvoa suurempi ala, saadaan lähetettyä ja vastaanotettua sanomia kauempaa ja ollaan vastustajan valvonnan tai ainakin sen torjuntatulen ulottumattomissa. Normaalisti vähän käytetyt korkeudet antavat muun lentoliikenteen vähyden vuoksi UCAV:ille tietyn toimintavapauden.

Viimeaikaiset sodat ovat osoittaneet, että ilma-aseen merkitys etenkin operaatioiden alussa kasvaa jatkuvasti. Toisaalta kovinkaan mittavia ilmasta-ilmaan—taisteluita ei ole käyty Vietnamin sodan jälkeen ja pääasiassa ilma-asetta on käytetty A/G-tehtäviin. Tulevaisuuden ilma-taisteluareena on etenkin ilmatorjuntajärjestelmien kehityksen takia hyvin vaarallinen ja riski menettää lentokoneen ohjaaja on niin suuri, että UCAV:ien käyttö yleistynee merkittävästi [35].

A/A-roolissa suurin tekninen haaste on ohjelmoida ilmataisteluun liittyvä maalinvalinta UCAV:in tehtävätietokoneelle. Jatkuvasti kasvavat ohjusten ampumaetäisyydet ja häiveteknologian yleistyminen vaikeuttavat oikean maalin erottelua ja tunnistusta. Konfliktien luonteen muuttuminen sellaiseksi, että usein mukana voi olla enemmän kuin kaksi osapuolta tai taistelut käydään eri maiden ilmatilassa vaikeuttavat maalin valintaa entisestään.

UCAV-järjestelmät voidaan karkeasti jakaa pieniin ja halvempiin (esim. MQ-9 Reaper) sekä isoihin ja kalliisiin (mm. J-UCAS). Pienissä UCAV:eissa on isoja vähemmän hyötykuormaa eli sensoreita, aseita ja polttoainetta ja niitä käytetään selkeästi jonkin tietyn tehtävän hoitamiseen. Pieni aselasti edellyttää tehtävästä riippuen usean UCAV:in osallistumisen operaatioon ja lisäksi A/G-roolissa ne tarvitsevat suojakseen A/A-ilma-aluksia. Isot ja kalliimmat UCAV:it ovat todennäköisesti multiroolialuksia, jotka kykenevät tilanteen mukaan vaihtamaan rooliaan kesken lennon ja tarvittaessa suojaamaan oman toimintansa. Tämän tyyppisten järjestelmien käyttö mahdollistaa jopa yksittäisen UCAV:in käytön tietynlaisiin taistelutehtäviin.

Miehitettyjä ilma-aluksia käytettäneen hyökkäys- ja puolustustehtävissä ainakin niin kauan kunnes tekoäly päihittää ihmisen ja se on kohtuullisin kustannuksin sovellettavissa UCAV:in käyttöön. Se, että 2000-luvun konflikteissa pudonneet Predatorit eivät suinkaan yleensä tuhoutuneet vihollisen tulituksen seurauksena osoittaa, että teknologisia ja operatiivisia haasteita miehittämättömien ilma-alusten yleistymisessä riittää vielä ratkaistavaksi ennen kuin ne voivat korvata miehitetyt ilma-alukset.

LÄHTEET

[1] Alenia Sky-X

- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/binder/juav/juava058.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=JUAV&

[2] Alon, Ben-David: Israel ready to launch long-range UCAV

- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/mags/jdw/history/jdw2006/jdw13598.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=JDW&

[3] Andersson, Sune: Heavy UAV/UCAV

- <http://www.miltech.se/download/conference2/AnderssonSune.pdf>

[4] Background Briefing on Unmanned Aerial Vehicles

- <http://www.defenselink.mil/transcripts/transcript.aspx?transcriptid=2253>

[5] van Blyenburgh, Peter: UAV-Systems, esitys Brysselissä 21.4.2006

- www.uvs-international.org

[6] Boeing X-45

- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/binder/juav/juav9091.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=JUAV&

[7] Burgess, Richard R.: Leap of Faith, Sea Power; Nov2007, Vol. 50 Issue 11

[8] Cambone, Stephen A. – Krieg, Kenneth – Pace, Peter – Wells II, Linton: Unmanned Aircraft Systems (UAS) Roadmap, 2005-2030. Office of the Secretary of Defence, 4. elokuuta 2005.

[9] European Neuron UCAV receives development go-ahead

- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/mags/jdin/history/jdin2007/jdin73509.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=J DIN&

[10] Hansen, Ryan: Small Diameter Bomb Provides Big Capabilities

- <http://www.defenselink.mil/transformation/articles/2006-03/ta032406b.html>

[11] Heely, Tim: Precision Strike Capabilities for the Future Battlefields, ppt-esitys

- http://www.dtic.mil/ndia/2005precision_strike_peo/heely.ppt

[12] Horton, James C.: Unmanned Combat Aerial Vehicles Sead and EW for the Future

- <https://www.afresearch.orgskinsrimdisplay.aspxmoduleid=be0e99f3-fc56-4ccb-8dfe-670c0822a153&mode=user&action=lresearch&objectid=9e8b2485-491d-453d-b88c-02eb23ac81>

[13] Ilmavoimat tähyää uusiin hävittäjähankintoihin, Yleisradion www-sivut

- http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2008/11/ilmavoimat_tahyaa_uusiin_havittajahankintoihin_368828.html

[14] Jacobs, Keith: The future Air Carrier Wing: Mix of manned and unmanned

[15] Joint Unmanned Combat Air Systems

- <http://www.darpa.mil/j-ucas/>

[16] Joint Unmanned Combat Air Systems [J-UCAS]

- <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/j-ucas.htm>

[17] J-UCAS, X-45C

- http://www.deagel.com/Unmanned-Combat-Air-Vehicles/X-45C_a000558001.aspx

[18] Kelly, Scott K.: Future Capabilities and Roles of Uninhabited Combat Aerial Vehicles (UCAV)

- <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA426774&Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf>

[19] Lappalainen, Esa – Jormakka, Jorma: Tekniset tutkimusmenetelmät Maanpuolustuskorkeakoulussa

[20] Lewis, William K.: UCAV – The Next Generation Air-Superiority Fighter

- https://www.afresearch.org/skins/rims/q_mod_be0e99f3-fc56-4ccb-8dfe-670c0822a153/q_act_downloadpaper/q_obj_00f949d2-3098-4dd3-938e-5661c1716d81/display.aspx?rs=enginespage

[22] Low Cost Autonomous Attack System (LOCAAS), Miniature Munition Capability

- <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/smart/locaas.htm>

[23] MiG Skat

- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/binder/juav/juava205.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=JUAV&

[24] Neuron - Unmanned Combat Air Vehicle Demonstrator, Europe

- <http://www.airforce-technology.com/projects/neuron/>

[25] Predator RQ-1 / MQ-1 / MQ-9 Reaper - Unmanned Aerial Vehicle (UAV), USA

- <http://www.airforce-technology.com/projects/predator/>

[26] Remote control

- http://www.global-defence.com/2003/ucav_03.htm

[27] Scott, William B.: UAVs/UCAVs Finally Join Air Combat Teams

- http://www.aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=awst&id=news/aw070854.xml

- [28] Senate Armed Services Committee Completes markup of National Defence Authorization bill for fiscal year 2001
- <http://armed-services.senate.gov/press/01mark.pdf>
- [29] Siouris, George M.: Missile Guidance and Control Systems
- [30] Small Diameter Bomb / Small Smart Bomb
- <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/sdb.htm>
- [31] Sweden reverses Neuron UCAV funding decision
- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/mags/jdin/history/jdin2006/jdin03294.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=J DIN&
- [32] Swenmarck, Peter – Lif, Patrik – Jander, Hans – Borgvall, Jonathan: Studies of Manned-Unmanned Teaming using Cognitive Systems Engineering: An Interim Report
- www2.foi.serappfoir1874.pdf
- [33] Taranis UCAV project takes off
- https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search/documentView.do?docId=/content1/janes-data/mags/jdin/history/jdin2007/jdin71928.htm@current&pageSelected=allJanes&keyword=ucav&backPath=https://www.milnet.fi/search.janes.com/Search&Prod_Name=J DIN&
- [34] Taranis Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV) Demonstrator, United Kingdom
- <http://www.airforce-technology.com/projects/tanaris/>
- [35] Trsek, Robert B: The last manned fighter: Replacing manned fighters with UCAV's
- <https://www.afresearch.org/skins/rims/display.aspx?moduleid=be0e99f3-fc56-4ccb-8dfe-670c0822a153&mode=user&action=researchproject&objectid=5d684aa8-8be2-4e21-af80-88b7300a0fd3>

[36] USAF Battlelab To Evaluate Cooperative UAV Operations

- http://www.defense-update.com/newscast/0207/news/210207_proxy.htm

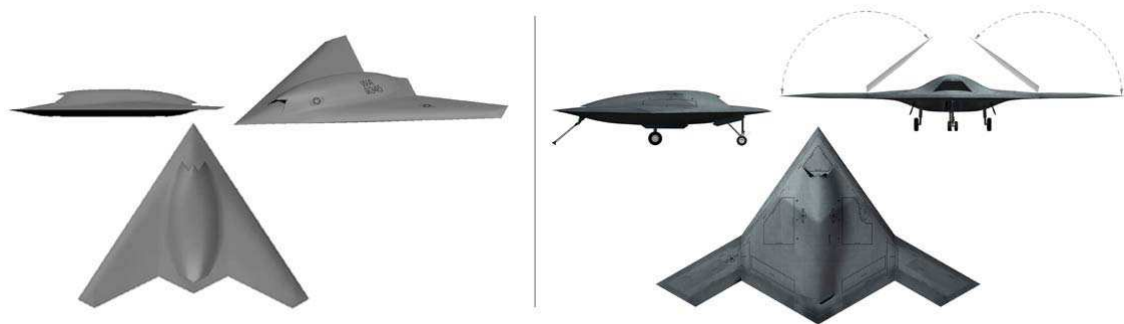
[37] USAF Develops Aerial Refuelling Support for Unmanned Systems

- http://www.defense-update.com/features/2009/feb/100209_autonomous_refueling.html

[38] Valavanis, Kimon P.: Advances in Unmanned Aerial Vehicles

LITTEET

Liite 1 Kuvia Miehittämättömistä taisteluilma-aluksista

Kuva 1 MQ-9 Predator B / Reaper (www.af.mil)Kuva 2 Boeing X-45C (L) and Northrop Grumman X-47B (R) J-UCAS Demonstrators (www.janes.com)Kuva 3 Boeing X-45A (www.boeing.com)



Kuva 4 MiG Skat (www.janes.com)



Kuva 5 Taranis (www.mod.uk)



Kuva 6 Eitan (www.defence-update.com)