

UAV's als vliegend knooppunt in het militaire C2 netwerk

Door Eric van der Veen, TNO-FEL

Inleiding

Gedurende de laatste jaren zijn UAVs doorgebroken in toepassing, media en wetenschap. Deze doorbraak is vooral tot stand gebracht door de breed uitgemeten inzet van militaire UAVs in recente militaire operaties. Hierbij betrof het zowel de inzet van UAVs voor verkenning, als de incidentele inzet van UAVs als wapendrager¹. Enkele citaten:

520 UAV sorties were flown in the Persian Gulf War

Unmanned composite aircraft patrol the skies, Barry Berenberg, Vought aircraft industries.

The Predator and Hunter unmanned aerial vehicles logged 2,000 flight hours in Kosovo and the Hunter about 900.

The Lessons and Non-Lessons of the Air and Missile Campaign in Kosovo, Anthony H. Cordesman

In 'Enduring Freedom', some 1,300 UAV sorties had been flown and more than 700 targets destroyed with UAV assistance,

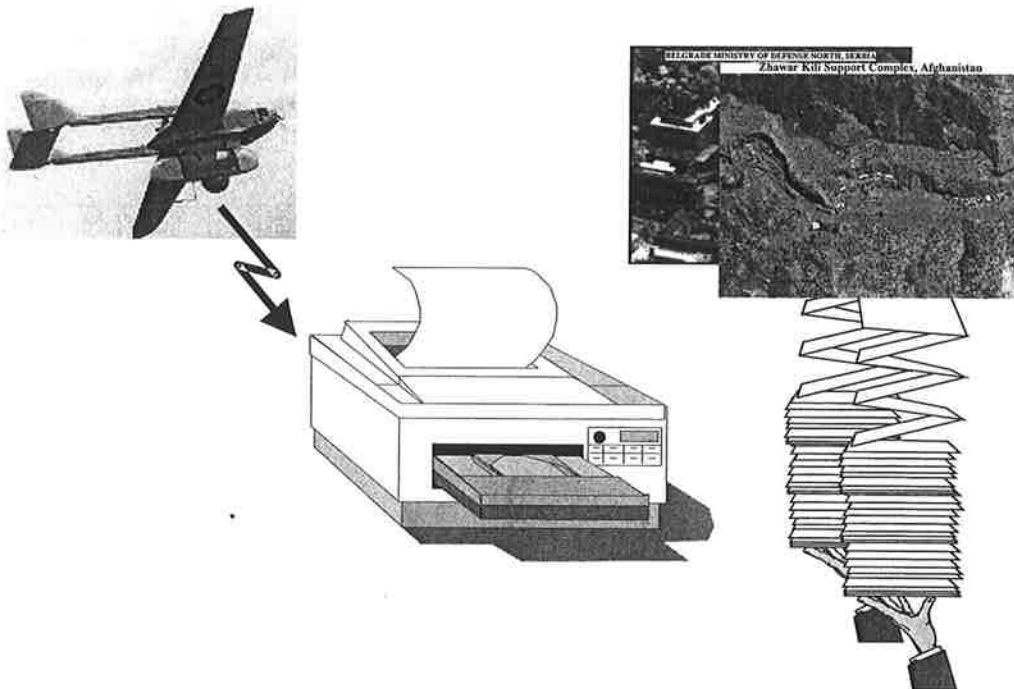
Jane's Unmanned Aerial Vehicles and Targets

De doorbraak van UAVs manifesteert zich in een omvangrijk aanbod van systemen, componenten, publicaties, organisaties en conferenties. In de publicaties die hiermee gepaard gaan, ligt de nadruk regelmatig op de vliegende component van de UAV. Het gaat dan vaak over vliegprestaties, betrouwbaarheid, kosten en dergelijke. Er is gelukkig recent steeds meer aandacht voor waar het in de militaire inzet van UAVs om gaat: *het uitvoeren van surveillance & verkenning ten behoeve van het inlichtingenproces.*

Vanuit de optiek voor surveillance is een UAV oneerbiedig gezegd een vliegende vrachtwagen voor sensoren. Dit geldt evenwel niet alleen voor UAVs. Ook verkennings satellieten en bemande ISR (Intelligence, Reconnaissance, Surveillance) systemen zijn te beschouwen als 'sensorvervoerder'. De eigenschappen van een UAV resulteren daarin dat een UAV prima lange, gevaarlijke en 'vieze²' missies kan doen, en meer flexibel is in de aansturing dan satellieten.

1 De laatste blijven in dit artikel verder buiten beschouwing.

2 Het opsporen van Nucleaire, Radiologische, Biologische en Chemische verontreiniging



Figuur 1: UAV als vliegende printer



In deze benadering is een UAV een *node* in een steeds omvangrijker *information grid*. Een UAV wordt juist kosteneffectief als hij volledig geïntegreerd is in een sensor-to-shooter lus, en niet stand-alone opereert.

De toename van het aantal beschikbare sensoren in het luchtruim, tezamen met de toepassing van steeds krachtigere datalinks, betekent dat de grote hoeveelheid aangeboden sensordata sterk toeneemt.

Recente Amerikaanse ervaringen onderstrepen dit:

"A top U.S. intelligence official says he needs [...] hundreds of analysts who could be deployed rapidly [...] to manage the flood of data the U.S. collects."

Aviation Week & Space Technology, November 3, 2003

Bij het verwerken van deze data naar bruikbare informatie bestaat dan ook het risico dat de beoogde *data fusion* omslaat in *data confusion*. Dit artikel besteedt met name aandacht aan dit proces van transformeren van onbruikbare data naar zinvolle informatie, en de implicaties hiervan voor Air Command & Control.

Data, informatie en kennis

Inlichtingen afkomstig van sensoren zijn voornamelijk afkomstig uit afbeeldingen ('IMINT', voor Image Intelligence). IMINT wordt opgebouwd uit *data*, *informatie* en *kennis*. Met *data* bedoelen we in het algemeen ofwel voor de mens niet begrijpelijke *bits & bytes* ofwel leesbare tekst of afbeeldingen die echter te omvangrijk is om te kunnen hanteren. Met *informatie* bedoelen we voor de mens zowel leesbare als compacte informatie in formaat van tekst of afbeeldingen. Inlichtingen zijn gestandaardiseerde sjablonen

om militaire informatie uit te wisselen. Met *kennis* bedoelen we informatie die door een operator is verrijkt met informatie van omgeving of geschiedenis. Data en informatie ontstaan uit sensoren, kennis ontstaat uit het menselijke gebruik van informatie.

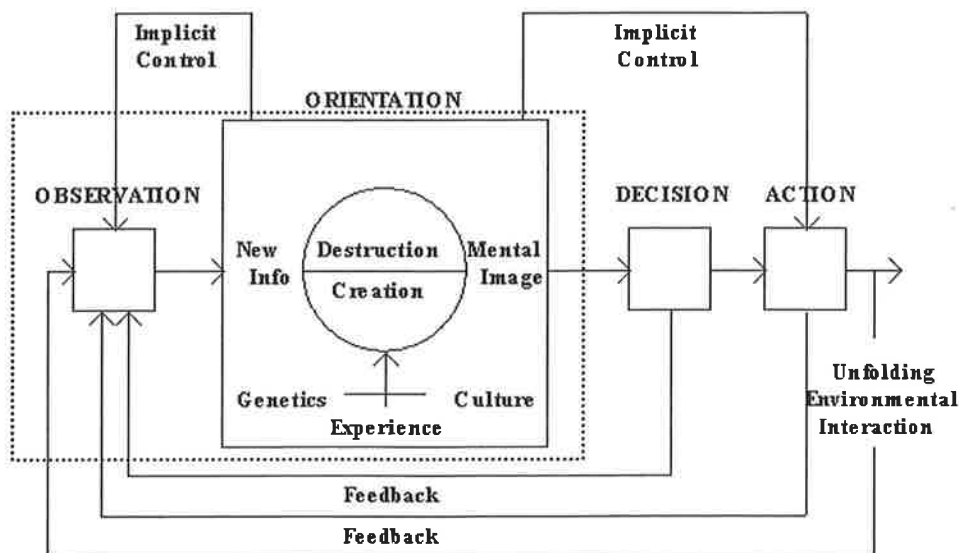
Een sensor levert bijvoorbeeld een onleesbare getallenbrij (data) van aanzienlijke omvang, nadat de sensor een T-72 tank in beeld heeft gehad. Met behulp van enige processing resulteert dit in hanteerbare informatie, in de vorm van één luchtfoto van deze tank. Dit combineren we met informatie dat de tegenstander inderdaad over dit type tank beschikt en de eigen partij niet, dat de luchtfoto gemaakt is in het oorlogstheater en met kennis van hoe een T-72 eruit ziet. Dit leidt tot de militaire relevante kennis dat zich op genoemde positie een vijandelijke tank bevindt.

Het belang van kennis en informatie in moderne oorlogvoering wordt, met de V.S. voorop, als steeds belangrijker beschouwd. Onder de noemers als 'dominating the battlespace', 'The information grid' en 'information superiority' gaat men ervan uit dat als je precies weet wat je opponent doet en waar, wanneer, waarmee en hoe hij dat doet, je het beste in staat bent hem te bestrijden.

De conclusie is dan ook dat het doel van een UAV inlichtingenketen is om de juiste informatie tijdig bij de juiste eindgebruiker te krijgen.

Het ketenproces van sensor naar gebruiker, van data naar informatie

Het proces waarin ruwe sensordata wordt verwerkt tot bruikbare inlichtingen is goed weer te geven als een ketenproces. Dit proces van sensor naar inlichtingen is één van de stappen in de Boyd cyclus.



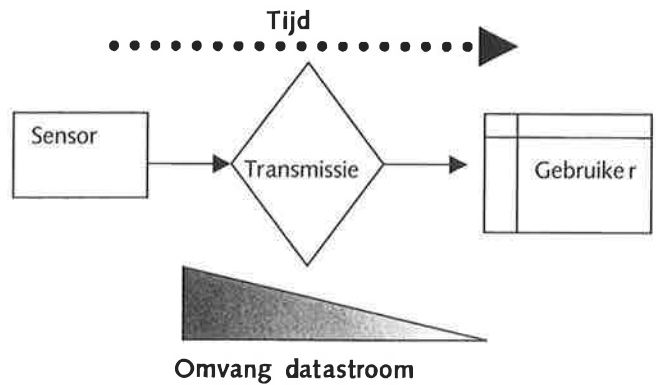
Figuur 2: De 'Boyd' cyclus, ook wel bekend als de OODA lus (Observation, Orientation, Decision, Action). De gestippelde rechthoek omvat het (UAV-) ketenproces. Bron: Federation of American Scientists (FAS)

Het ketenproces in zijn eenvoudigste vorm bestaat uit drie elementen. Als eerste levert een sensor data of informatie op. Als tweede wordt dit naar de gebruiker verstuurd. Als derde gebruikt hij de data of informatie. Gaandeweg de keten wordt een grote hoeveelheid data omgezet naar een kleinere hoeveelheid informatie en kennis.

Een ketenproces is een volgtijdelijke aaneenschakeling van individuele deelprocessen, dat een product, in dit geval een bepaalde hoeveelheid data, doorloopt. Hierbij geldt dat de kwaliteit van het hele proces maximaal zo goed is als het zwakste deelproces.

De eenvoudigste vorm van het ketenproces is die waarbij data van één bron (sensor) bestemd is voor één vooraf geïdentificeerde eindgebruiker.

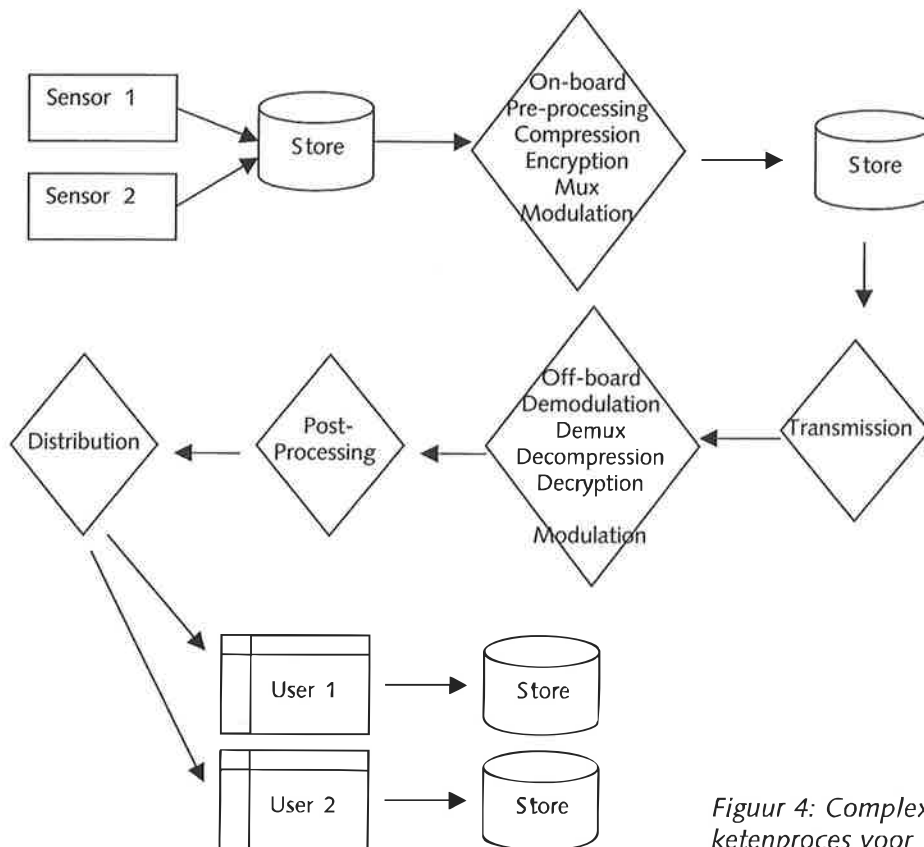
In de praktijk zal een keten aanmerkelijk complexer zijn. Door het toevoegen van meerdere sensoren en gebruikers enerzijds en technische beperkingen anderzijds komen er als vanzelf heel veel deelprocessen bij. Zo zal data misschien eerst moeten worden opgeslagen nabij de sensor (on-board) om te worden voorbereid en gecomprimeerd. Er moet dan wellicht tevens encryptie worden toegepast en moeten datastromen van meerdere sensoren met elkaar verwoven (ge'mux'd) worden. De data wordt vervolgens getransporteerd, bijvoorbeeld per datalink.



Figuur 3: Eenvoudigste voorstelling van het ketenproces voor UAV data

De verschillende datastromen dienen dan weer ontrafeld ('de-mux') te worden en dient de encryptie weer ontsleuteld te worden. Vervolgens kan er bewerking van de data plaatsvinden om er informatie van te maken. Uiteindelijk arriveert de informatie bij één of meerdere gebruikers met mogelijk verschillende behoeften, en wordt de data gebruikt en eventueel voor langere tijd opgeslagen.

Een dergelijke keten ziet er in schema als volgt uit. Met enige interpretatie komt dit overeen met de huidige processen van huidige ISR assets zoals de F-16 MARS pod, Sperwer en satellieten.



Figuur 4: Complexere voorstelling van het ketenproces voor UAV data



Bij het doorlopen van de keten wordt de data dus herhaaldelijk uitvoerig bewerkt. Hierbij wordt niet bruikbare data weggegooid, zinvolle datastukken gecombineerd en weer gesplitst, opgeslagen en uitgelezen etc. Een sterk vereenvoudigd voorbeeld:

Een 'standaard' 25Hz (256-) kleuren videocamera met 640 x 480 beeldelementen produceert ca. 8 Mbyte data per seconde. Een fragment van 5 minuten is dan ca. 2,5 Gbyte groot. Als er in deze opname van enkele minuten uiteindelijk één doel te vinden is, kan de uiteindelijke kennis bestaan uit een tekst met doelmelding: 'T72 52.8262N 4.6483E'. De omvang is dan met een factor 125 miljoen afgenomen.

Elke stap in het ketenproces draagt bij aan het omvormen van data tot informatie. Elke stap heeft gevolgen voor de omvang en inhoud van de data en heeft een bepaalde procestijd nodig.

En dit is nu precies de crux van het verhaal. Om van data informatie te maken, moet je de voor de eindgebruiker vooral niet-relevante data weggooiden. Maar deze weggegooid data kan voor een andere eindgebruiker wél relevant zijn. Je moet data dus niet te vroeg in de keten weggooiden. En als je te lang wacht ben je zinloos grote hoeveelheden data aan het versturen en bewerken, wat teveel tijd kost. Bovendien stuit dit op technische beperkingen van opslagcapaciteit en de verzendcapaciteit van datalinks.

In de praktijk leiden deze complicaties tot niet-werkende ketens. Een voorbeeld:

"A U.S. Army-generated study contends the service's UAV's are too slow and suffer from narrow fields of view, intelligence collection is disjointed, intel nodes can't communicate with each other, and analysts are under-trained".
Aviation Week & Space Technology, November 3, 2003

Om een goed ontwerp te maken van de informatieketen is het belangrijk om alle deelprocessen goed te begrijpen. Hierna worden de meest relevante stappen uit de keten toegelicht.

Transmissie

De transmissie van gegevens over een datalink is vooralsnog de grootste technische barrière voor groot-schalige effectieve inzet van UAVs. De hoeveelheid ruimte in het elektromagnetische spectrum is fysisch beperkt. De transmissie zélf kost op zich weinig tijd, en er gaat normaalgesproken geen data verloren. Het is juist de voor- en nabewerking van data om deze voor transmissie geschikt te maken die tijd kost en tot

dataverlies leidt. Op de langere termijn is het gebruik van optische datalinks misschien een oplossing.

Post-processing

Vooraf post-processing is de belangrijkste stap waar data wordt omgezet in informatie. De meest gebruikte methode is 'visuele filtering'. Dat wil zeggen dat een beeldanalist met het blote oog beslist in welke beelden iets te zien is dat relevant is voor een voorliggende INTELL vraag. Er wordt driftig gespeculeerd over automatisering van dit proces. Gelukkig staat de gebruikte afkorting ATR voor zowel **Automated** Target Recognition als **Assisted** Target Recognition. Volautomatische herkenning van doelen is nog tientallen jaren weg. Assisted Target Recognition is veel eenvoudiger. Hierin zou automatische beeldanalyse software een voorselectie van beelden kunnen maken, zodat de beeldanalist veel efficiënter met zijn tijd kan omgaan. Gezien de verwachte explosieve toename in het data aanbod, lijkt dat een onontkoombare trend. Bovendien zijn de Rules of Engagement vooralsnog zodanig dat de inmenging van een menselijke beeldanalist nodig is.

Eindgebruikers en hun behoeften

Het moge duidelijk zijn dat het aantal eindgebruikers van informatie en hun informatie behoefte in sterke mate de informatieketen bepalen. Een essentiële stap die in een vroegtijdig stadium van ontwerp of aanschaf van een UAV of ander waarnemingssysteem moet worden gezet, is dan ook het in kaart brengen van de eindgebruikers. Tabel 1 neemt hierop een voorschot en bevat vijf klassen van eindgebruikers voor militaire data en informatie, en hun behoeften. Dit loopt uiteen van real-time data voor het besturen van een UAV, tot informatie en kennis voor uitvoerige en langdurige analyse.

Storage

Inlichtingen informatie wordt na gebruik wellicht weggegooid. Of in een archiefkast opgeborgen. Waar het i.h.a. aan ontbreekt is 'datawarehousing' of 'datamining'. Dat betekent zoveel als dat je infrastructuur zou hebben waarin je een enorm grote hoeveelheid data kunt bewaren, opzoeken, combineren, bewerken, fuseren en distribueren.

Tijdens de voorbereidingen voor operatie Iraqi Freedom vermoedde men een bunker aan te treffen op een zekere locatie inde woestijn. Men vond hem echter niet. Bij toeval werden satellietbeelden van enige jaren eerder gevonden, waar graaf- en bouw-werkzaamheden te zien waren op de plaats waar men de bunker vermoedde. Dat leidde tot de conclusie dat de bunker daar wel stond maar te goed verborgen was om te vinden. Een toevalstrefter, waarvoor goede datawarehousing een structurele oplossing kan bieden.

Class	Name	Time of use after data is generated	Description	Requirements
0	Control	Milliseconds-seconds	UAV and payload control by the operator.	Position, status, pilot camera
1	RECCE-ATTACK interface	Seconds – minutes	Near-real time use by manned strike packages, AWACS for target detection, geo-location, recognition, classification and identification.	Compact targeting data
2	Tactical RECCE	Hours - day	Tactical planning data for the CAOC and mission planning. Includes BDA and target status information.	Still imagery of good resolution.
3	Surveillance / Strategic RECCE	Days – months	Data to be used for campaign planning. Includes area surveillance to monitor slow variables.	Area coverage and endurance, with medium resolution.
4	Database and research	Months - years	To be used for extended analysis, INTELL archives (for example IR signatures) and development of processing algorithms, such as Assisted/Automatic Target Recognition.	Requires highest with full context data

Tabel 1: Notionele eindgebruikers.

Command & Control

Command & Control staat niet in het stroomschema van het ketenproces. Command & Control is de overkoepelende schil waarin het proces plaatsvindt. In de eerste plaats valt of staat het succes van een UAV operatie met een goede datacommunicatie infrastructuur. We lichten hier verder niet toe dat Link 16 niet direct geschikt is voor het oversturen van grote hoeveelheden imagery. In de tweede plaats is het vergaren van inlichtingen uit sensorbeelden slechts één van de stappen in de Boyd cyclus. Enerzijds dient op basis van de inlichtingen één of meerdere acties te volgen. Anderzijds wordt een UAV opnieuw ge-'tasked' voor de volgende missie.

Hierbij tekenen we het fundamentele onderscheid aan tussen reconnaissance (verkenning) en surveillance.

Reconnaissance interpreteren we als het observeren van een vooraf opgegeven object, route of gebied ten behoeve van het vergaren van doelinformatie. Surveillance interpreteren we systematisch en onafgebroken waarnemen van een gebied of object om wijzigingen in de situatie te onderkennen. Met betrekking tot zowel planning als informatieverwerking zijn deze twee zeer verschillend. Surveillance inlichtingen kunnen voor een veel groter aantal eindgebruikers relevant zijn. Reconnaissance heeft in het algemeen maar één eindgebruiker. Het juist tasken van UAVs is daardoor complex. Voor UAVs met een zeer lange vliegduur is het bovendien lastiger deze in te passen in de ATO (Air Tasking Order). Het kan nodig zijn het dynamisch re-tasken meer als regel dan als uitzondering toe te passen. Een voorbeeld uit Kosovo:

According to CAOC staffers, the General would on occasions telephone the CAOC demanding that UAVs break off from their tasking and go and look at things of interest to him. Clark was in daily telephone contact with Kosovo Liberation Army chief, Hashim Thaci, and immediately after these conversations would dispatch a UAV to look at what often turned out to be spurious targets. Ripley, T. (1999). "UAV's over Kosovo – did the Earth move?"

De grootste uitdaging voor C2 ligt nog een orde hoger. Een optimale inzet van alle ISR middelen betekent dat alle tasking en gebruik van informatie gecoördineerd over al deze middelen wordt uitgevoerd. Hierbij worden UAVs, satellieten en bemande ISR assets georchestreerd ingezet. Hiervoor dienen alle middelen, processen en gebruikers tot in detail bekend te zijn. In een centrale beheersorganisatie zou dit tot het beste resultaat leiden.

Conclusie

UAVs zijn een recente aanwinst voor militaire ISR. Om effectief en efficiënt ingezet te worden, is het essentieel een goed geoliede informatieketen te ontwikkelen. Dit is bij huidige UAVs en UAV operaties nog niet altijd het geval. Er is dus nog winst te behalen.

Een goede keten zorgt ervoor dat de juiste informatie op het juiste moment bij de juiste gebruiker komt. Enerzijds heeft dit technische consequenties. Een goede oplossing bestaat uit een trade-off tussen 'veel' informatie' en 'snelle informatie'. Anderzijds zijn er organisatorische consequenties. Een in paars belang



opererende organisatie die uit data afkomstig van meerdere platformen, kennis verstrekt aan meerdere eindgebruikers, lijkt tenminste te moeite van het overwegen waard.

Naschrift

Inmiddels is duidelijk dat in de op handen zijnde Franse-Nederlandse samenwerking bij de ontwikkeling aan aanschaf van een MALE UAV, het punt 'informatieketen' gelukkig hoog op de agenda staat!

Eric van der Veen is werkzaam bij het TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium (TNO-FEL). Hij voltooide daarvoor de opleiding Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek aan de Technische Universiteit Delft. Bij TNO-FEL heeft hij heeft zich regelmatig ingezet voor projecten voor de Koninklijke Luchtmacht, waaronder ondersteuning tijdens de DMP-B/C fase Vervanging F-16. Sinds ongeveer twee jaar is hij als projectleider en business developer dagelijks bezig met UAVs en vliegende sensoren. Namens TNO sprak hij op het Air Power Colloquium 2002 over UAVs en participeert hij in de Frans-Nederlandse MALE UAV samenwerking.



Figuur 5: RQ-1 Predator UAV