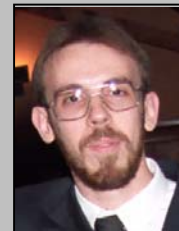


U SUSRET KONCEPTU CBM+**TOWARDS THE CBM+ CONCEPT**

**Prof. dr Dragan Vasiljević, Biljana Jovanović
i Andrej Dobrković**

*Laboratorija za računarski integrisanu proizvodnju
Fakultet organizacionih nauka, Jove Ilića 154, Beograd*



REZIME – U radu se ukazuje na osnovna svojstva usavršene verzije koncepta održavanja po stanju, poznate kao CBM+. Daje se kraća analiza standarda OSA-CBM kojim je propisana procedura kreiranja i tokova podataka i standarda OSA-EAI kojim se integrišu procesi u kojima se generišu ti podaci.

Ključne reči: održavanje prema stanju+, standard OSA-CBM, standard OSA-EAI.

ABSTRACT – In this paper the basic characteristics of advanced version of condition based maintenance named CBM+ have been underlining. The short analysis of OSA-CBM and OSA-EAI standards has been giving. OSA-CBM standard defines data flow procedure and OSA-EAI standard integrates processes within those data are generated.

Key words: Condition Based Maintenance+, OSA-CBM standard, OSA-EAI standard

1. UVOD

Napadi izvršeni na Njujork i Vašington 11. septembra 2001. godine uticali su da američko Ministarstvo odbrane DoD (US Department of Defense) ubrza razvoj i uvođenje nove logističke strategije sa ciljem da se obezbedi povećanje ukupne borbene gotovosti i nacionalne sigurnosti u XXI veku. Početak programa pod nazivom Logističko preduzeće budućnosti FLE (Future Logistics Enterprise) ozvaničen je već u septembru 2001. godine i odnosi se na period od 2005. do 2010. godine. Cilj projekta FLE je da se izvrši transformacija vojnih logističkih operacija u «najnapredniji sinergijski kolaborativni lanac snabdevanja na svetu», prema [1]. U oktobru 2003. godine objavljen je uspešan završetak pripreme faze koja se odnosila na projektovanje i razvoj projekta FLE. Na ulazak u fazu implementacije ukazano je i promenom značenja akronima FLE (Force-centric Logistics Enterprise).

Projekat FLE integriše šest inicijativa. To su:

- Partnerstvo za održavanja skladišta (Depot Maintenance Partnership);
- Održavanje prema stanju+ CBM+ (Condition Based Maintenance Plus);

- Upravljanje ukupnim životnim vekom sistema (Total Life Cycle Systems Management);
- Distribucija «end-to-end» (End-to-End Distribution);
- Izvršni agenti (Executive Agents); i
- Poslovna integracija (Enterprise Integration).

U ovom radu se istražuje inicijativa CBM+ koja uvodi značajne promene u načinu obavljanja poslova održavanja. Inicijativa CBM+ se zalaže za razvoj i primenu tehnologija za optimizaciju sistema održavanja, kontinualno poboljšanje logističkih procesa i obezbeđenje kadrova za potrebe održavanja složenih tehničkih i borbenih sistema tako da se poveća borbena gotovost i smanje ukupni troškovi u životnom veku sistema. Zanimljivo je istaći da je američki Institut za logistički menadžment LMI (Logistics Management Institute) još u avgustu 2000. godine, izdao dokument pod nazivom «Assessment of Condition-Based Maintenance in the Department of Defense», u kome se razmatra razvoj i uloga koncepta održavanja prema stanju CBM (Condition Based Maintenance) u ukupnoj strategiji održavanja DoD-a i u tom smislu se sadržaj navedenog dokumenta u potpunosti može smatrati korenima inicijative CBM+.

2. SVOJSTVA KONCEPTA CBM+

CBM+ predstavlja ekstenziju osnovnog modela održavanja prema stanju, odakle i ono plus u nazivu. CBM+ se najčešće definiše kao «skup aktivnosti održavanja zasnovanih na proceni stanja opreme u realnom vremenu (ili bliskom realnom vremenu), pri čemu je ocena učinjena na osnovu podataka dobijenih od ugrađenih senzora i/ili putem eksternih testova i merenja izvršenih prenosivom opremom» [2, 3, 4, 5 i 6].

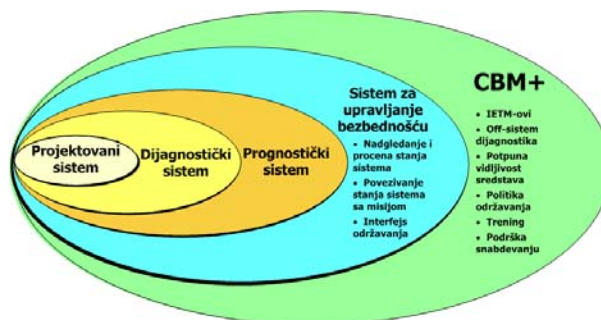
U dokumentu Army Aviation Condition Based Maintenance Plus (CBM+) Plan iz 2004. godine utvrđeno je značenje pojma CBM+ na strategijskom, i operativnom/taktičkom nivou. Na strategijskom nivou CBM+ se tumači kao skup aktivnosti održavanja planiranih na osnovu u realnom ili blisko realnom vremenu dobijene ocene statusa, odnosno stanja opreme. Na operativnom/taktičkom nivou CBM+ se objašnjava kao sposobnost prevođenja podataka o korišćenju i stanju tehničkog sistema u skup proaktivnih akcija održavanja čime se omogućava postizanje visoke operativne raspoloživosti sistema. To je, dakle, alat za planiranje misije koji zapovednicima obezbeđuje informacije o sistemima spremnim za borbu i sistemima nad kojima je potrebno ostvariti aktivnosti održavanja.

CBM+ podrazumeva i automatizovano nadgledanje operativnog stanja sistema i izveštavanje o pretstojećim otkazima u sistemu, njegovim podsistemima ili komponentama. Koncept CBM+ obezbeđuje proaktivnu osnovu za donošenje odluka o održavanju u značajnijoj meri nego raniji koncepti održavanja, zato što je cilj da se nagoveštaji otkaza prepoznaju i predvide u najranijoj mogućoj fazi. [7]

Fokus koncepta CBM+ je na razvoju i uvođenju naprednih tehnologija u postojeće i buduće sisteme naoružanja sa ciljem da se poslovi održavanja sistema obavljaju na efektivniji i efikasniji način. CBM+ podrazumeva napredne dijagnostičke i prognostičke tehnike, analizu trenda otkaza, prenosive «pomoćnike održavanja» PMA (Portable Maintenance Aid), elektronske sisteme za podršku održavanju EMMS (Electronic Maintenance Support System), interaktivne elektronske tehničke priručnike IETM (Interactive Electronic Technical Manual), tehnologije za automatsku identifikaciju, interaktivne treninge održavanja, itd. Globalni prikaz koncepta CBM+ kojim se naglašava primena sofisticiranih tehnologija u održavanju ilustrovan je na slici 1.

Dijagnostički sistem omogućava detekciju i izolaciju otkaza. Prognostički sistem omogućava predikciju preostalog vremena do otkaza komponenti

modeliranjem progresije otkaza, dok sistem za upravljanje bezbednošću omogućava donošenje inteligentnih odluka u vezi sa aktivnostima održavanja i logistike, a na osnovu dijagnostičkih i prognostičkih informacija, raspoloživih resursa i operativnih zahteva, modifikovano prema [9]. Ovim konceptom se dakle, transformiše jedan značajan poslovni proces, kao i doprinosi integraciji logističkih procesa i ukupnoj responzivnosti logističkog sistema, prema [10].

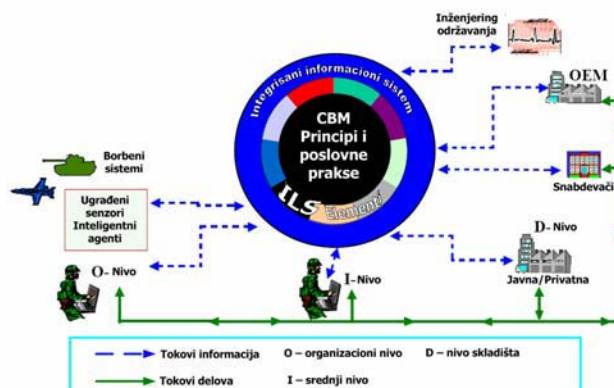


Slika 1. Prikaz koncepta CBM+, prilagođeno prema [8]

Osnovna načela na kojima se zasniva CBM+ su:

- projektovanje tehničkog sistema tako da se aktivnosti održavanja svedu na najmanju moguću meru;
- korišćenje dijagnostičkog i prognostičkog sistema sa ciljem detekcije, izolacije i predikcije otkaza;
- uravnoteženje procesa korektivnog, preventivnog i prediktivnog održavanja;
- analiza podataka o održavanju; i
- integrisanje informacionog sistema održavanja sa drugim logističkim podsistemima.

Koncept informacione arhitekture CBM+ je prikazan na slici 2.



Slika 2. Koncept informacione arhitekture CBM+, prilagođeno prema [11]

U tehničke sisteme se ugrađuju senzori različitih tipova i svojstava koji omogućavaju nadgledanje stanja ovih sistema u realnom vremenu. Na O-nivou održavanja periodično se mogu koristiti PMA uređaji za proveru bezbednosti borbenih sistema. Prikupljeni podaci se analiziraju na I i/ili D-nivou održavanja. Ukoliko rezultati analize neke komponente ukazuju na odstupanja podataka izvan propisanih granica pristupa se proceni uticaja otkaza komponente na funkcionisanje sistema i predviđanju preostalog vremena do otkaza komponente. Na osnovu svih tih podataka potom se vrši planiranje aktivnosti održavanja.

3. CBM+ STANDARDI

U ovom delu će u prvom redu biti ukazano na najnovije verzije standarda OSA-CBM (Open Systems Architecture for Condition-based Maintenance) i OSA-EAI (Open System Architecture for Enterprise Application Integration) za koje se smatra da će biti od posebnog značaja za budući razvoj CBM+ sistema. Standardi su objavljeni 2006. godine od strane neprofitne asocijacije MIMOSA (Machinery Information Management Open Standards Alliance), koja je osnovana 1994. godine sa ciljem razvoja otvorenih konvencija za razmenu informacija između informacionih sistema održavanja i danas okuplja članove iz oko 50-tak kompanija i nekih odeljenja DoD-a.

Prva verzija standarda OSA-CBM je razvijena 2001. godine od strane istoimenog industrijskog konzorcijuma koga su, pored MIMOSA-e činili i predstavnici nekoliko uglednih kompanija i univerziteta, a američka mornarica je delimično finansirala rad konzorcijuma putem programa DUST (Dual Use Science and Technology). Najnovija verzija standarda OSA-CBM 3.1. je objavljena 2006. godine i prema [12] biće uključena u Registar informacionih standarda DISR (DoD Information Standards Registry) najkasnije početkom 2007. godine (do ovog trenutka zvanična informacija još uvek nije raspoloživa).

Osnovni cilj razvoja standarda OSA-CBM je stvaranje slobodnog tržišta komponenti CBM sistema. Specifikacija OSA-CBM je standardna arhitektura za tokove kretanja podataka u CBM sistemu, navodi se u [12]. Standard OSA-CBM se zasniva na podeli CBM sistema na šest funkcionalnih blokova date standardom ISO-13374. Kako je standardom ISO-13374 obezbeđen samo generalni okvir za nadgledanje stanja i dijagnosticiranje opreme, OSA-CBM dalje definiše tipove podataka koje treba koristiti za obradu i izveštavanje u sistemu za

nadgledanje stanja, kao i tokove informacija između mesta njihove obrade i skladištenja, prema [12]. Time se omogućava nezavisan razvoj svakog funkcionalnog bloka.

OSA-CBM obuhvata sledećih šest nezavisnih funkcionalnih blokova:

1. Prikupljanje podataka (Data Acquisition) – omogućava primanje podataka iz senzora i «pretvarača» (transducer);
2. Obrada podataka (Data Manipulation) – omogućava obradu primljenih podataka i signala;
3. Detekcija stanja (State Detection) – omogućava da se primljeni podaci uporede sa očekivanim vrednostima i da se u slučaju odstupanja od kontrolnih granica generišu upozorenja ili alarmi;
4. Procena bezbednosti (Health Assessment) – omogućava ocenu trenutne bezbednosti opreme i/ili procesa;
5. Prognostička procena (Prognostics Assessment) – omogućava ocenu buduće bezbednosti opreme i/ili procesa; i
6. Generisanje saveta (Advisory Generation) – omogućava generisanje predloga potrebnih aktivnosti održavanja za optimizaciju životnog veka opreme i/ili procesa.

MIMOSA je 2006. godine objavila i novu verziju specifikacije OSA-EAI 3.1., kao što je već napomenuto. OSA-EAI međusobno povezuje „ostrva“ informacija inženjeringa, pouzdanosti i održavanja, operativnog funkcionisanja, prema [13]. Cilj je da se OSA-CBM integriše i postane sastavni deo OSA-EAI. Primer integrisanja OSA-CBM u OSA-EAI korišćenjem web servisa dat je na slici 3.

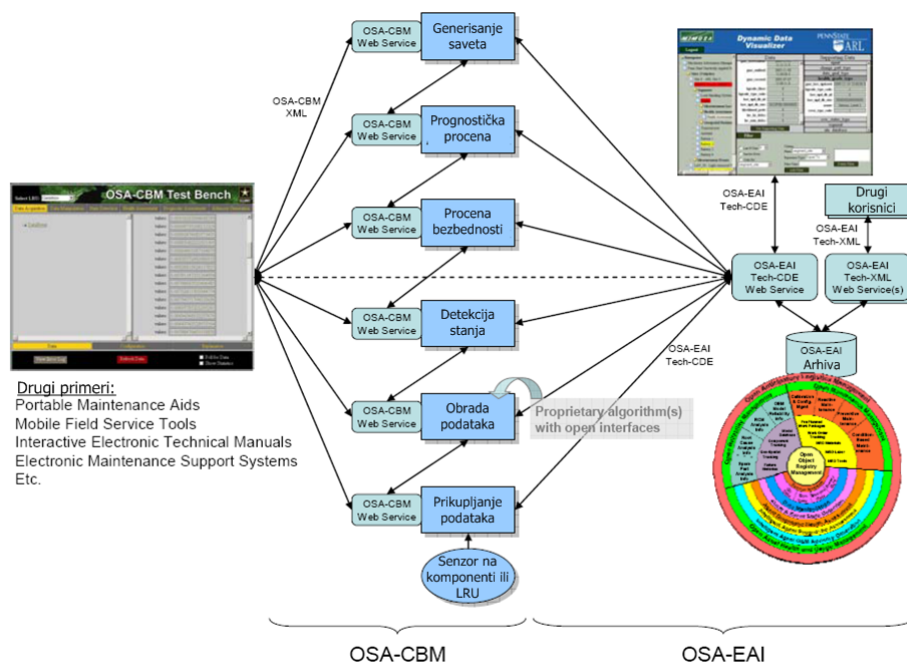
Treba naglasiti da je pretpostavljeno da OSA-CBM prima podatke direktno od senzora, ali da u praksi podaci iz senzora mogu prvo biti primani u skladište podataka, a zatim prosleđivani u OSA-CBM. Takođe, iako je OSA-CBM projektovan da se skladištenje podataka vrši u sistemu za arhiviranje podataka OSA-EAI, u praksi se može koristiti bilo koje skladište podataka ili sistem za arhiviranje podataka.

4. PRIMENA CBM+

U američkoj armiji su u toku brojni programi usavršavanja i razvoja borbenih sistema korišćenjem koncepta CBM+. Očekivani efekti od uvođenja ovog

novog pristupa održavanja su poboljšanje procesa donošenja odluka u vezi sa aktivnostima održavanja, povećanje operativne raspoloživosti i spremnosti

borbenih sistema, kao i smanjivanje ukupnih troškova u životnom veku sistema.



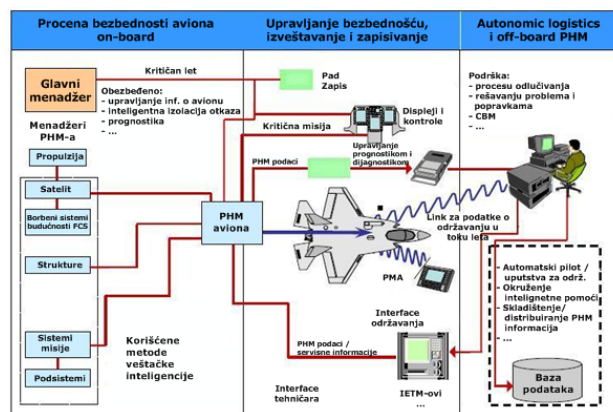
Slika 3. Integracija OSA-CBM i OSA-EAI putem web servisa, prema [12]

Neki od značajnih programa američke armije u okviru kojih se uvodi koncept CBM+, prema [14] su:

- Armija i kopnene snage: program Borbeni sistemi budućnosti FCS (Future Combat Systems), program razvoja oklopnog vozila bez ljudske posade Stryker;
- Ratna mornarica: program MER (Maintenance Effective Review), program ERM (Engineering for Reduced Maintenance), program ICAS (Integrated Condition Assessment System);
- Ratno vazduhoplovstvo: program razvoja transportnog aviona C-17, program SPOT (Service Parts Ordering Tool), borbeni helikopter Apache AH-64;
- Mornarički korpus: program razvoja borbenog vozila EFV (Expeditionary Fighting Vehicle), program razvoja oklopnog vozila LAV (Light Armored Vehicle).

Reprezentativan primer primene CBM+ je program razvoja novog borbenog aviona JSF (Joint Strike Fighter). Pod okriljem ovog programa razvija se sistem za prognostiku i upravljanje bezbednošću PHM (Prognostic and Health Management System) koji će biti ugrađen u JSF. Zadatak PHM sistema

između ostalog je automatska detekcija i izolacija otkaza u realnom vremenu, odnosno tokom leta aviona, predikcija otkaza ključnih komponenti za funkcionisanje aviona, predlaganje neophodnih aktivnosti pilotu i dostavljanje svih relevantnih podataka posadi na zemlji. Time će se omogućiti priprema svih aktivnosti održavanja pre sletanja JSF-a. Stoga, JSF će mnogo manje vremena provoditi na zemlji i moći će da izvrši veći broj misija u određenom periodu. Prikaz buduće platforme održavanja JSF-a dat je na slici 4.



Slika 4. Buduća platforma održavanja JSF-a, [14]

5. ZAKLJUČAK

Razvoj teorije i prakse održavanja tehničkih sistema je u sve značajnijoj meri uslovljen razvojem savremenih informacionih i komunikacionih tehnologija. Potvrda takve tvrdnje je i koncept CBM+ koji podrazumeva nadogradnju izvornog modela održavanja po stanju prvenstveno u smislu snažnijeg proaktivnog delovanja i unapređenje dijagnostičkog i prognostičkog procesa. Koncept CBM+ predstavlja integralni deo šireg projekta američkog Ministarstva odbrane pod nazivom FLE (Force-centric Logistics Enterprise) za period od 2005. do 2010. godine. Procedure takvog održavanja su definisane i podržane standardima OSA-CBM i OSA-EAI. Primenom koncepta CBM+ ostvaruju se višestruki pozitivni efekti u smislu višeg stepena pouzdanosti i efektivnosti tehničkih sistema, boljeg iskorišćenja rezerve upotrebljivosti, povećane borbene gotovosti, olakšanog planiranja i vođenja vojnih operacija, kao i sniženje troškova u životnom veku sistema.

6. LITERATURA

- [1] Fowler, R.: „From the Customer’s Customer to the Supplier’s Supplier, Logistics Today is about Processes, Enabling Technologies, and Well Trained People“, Program Manager, May-June, p. 2-7, 2003.
- [2] Butcher, S.W.: „Assessment of Condition-Based Maintenance in the Department of Defense“, LG903B1, Logistics Management Institute, Virginia, August 2000.
- [3] Headquarters, Department of the Army: “Army Aviation Condition Based Maintenance Plus (CBM+) Plan“, 29 November 2004.
- [4] Logistics Management Institute: „Policy for Department of Defense Conditioned-Based Maintenance Plus“, 25 November 2002.
- [5] Gauthier, S.E.: Decision Analysis to Support Condition-Based Maintenance Plus, Master’s thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, California, June 2006.
- [6] http://akss.dau.mil/dag/Guidebook/IG_c5.2.1.3.asp (29/04/2007)
- [7] Department of the Army: Pamphlet 700–56, “Logistics Supportability Planning and Procedures in Army Acquisition”, Washington, April 21, 2006.
- [8] VSE Corporation: presentation „CBM+ Action Group Prognostics Framework as a Ready, Practical Solution to CBM+“, July 26, 2006.
- [9] <https://acc.dau.mil/> (29/04/2007)
- [10] Department of Defense: „Future Logistics Enterprise, The Way Ahead“, June 3, 2002.
- [11] Morales, D.K.: presentation „Future Logistics Enterprise“, 2002., preuzeto sa <http://www.dtic.mil/ndia/2002logistics/morales.pdf> (27/04/2007)
- [12] Penn State University / Applied Research Laboratory, The Boeing Company, and Machinery Information Management Open Standards Alliance (MIMOSA): „Open Systems Architecture for Condition-based Maintenance (OSA-CBM), Primer“, MIMOSA, August 2006, preuzeto sa www.mimosa.org (30/04/2007)
- [13] MIMOSA: „MIMOSA's Open System Architecture for Enterprise Application Integration (OSA-EAI) Technical Architecture Summary“, December 2006., preuzeto sa www.mimosa.org (30/04/2007)
- [14] Cutter, D.M. and Thompson, O.R.: „Condition-Based Maintenance Plus Select Program Survey“, LG301T6, Logistics Management Institute, Virginia, January 2005.
- [15] Bengtsson, M.: Condition Based Maintenance Systems – An Investigation of Technical Constituents and Organizational Aspects, Licentiate thesis, Mälardalen University, Eskilstuna, Sweden, 2004.
- [16] Department of Defense, Office of the Inspector General, „Logistics, Condition Based Maintenance-Plus“, D-2003-125, August 27, 2003.
- [17] Deputy Under Secretary of Defense for Logistics and Materiel Readiness, „Memorandum for Joint Logistics Board“, October 17, 2003.
- [18] Vasiljević D.: Računarski integrisana logistika: modeli i trendovi, FON, Beograd, 2001.