

התאגדות מהנדסי החשמל
מבנים רבי קומות – מתקנים ומערכות

אינטגרציה בינמערכתית ופרוטוקולים
לבקרת המבנה

09-07-2018

ד"ר אינג' אורי דומן

בניין אינו משהוא שאתה מסיים, בניין הוא משהוא שאתה מתחיל (סטיוארט
בראנד בספרו: "כיצד בניינים לא מדים - מה קורה אחרי שהם נבנים")

נושאי ההרצאה יכללו

- תפיסת המערכת – ה-SYSTEM,
- האינטגרציה,
- שלושת תנאי האינטגרציה,
- ❖ פרוטוקולים "פתוחים",
- ❖ כבילה אחודה,
- ❖ צוות תכנון – תכנון מקבילי,
- היישומים במערכת בקרת המבנה,
- סיכום

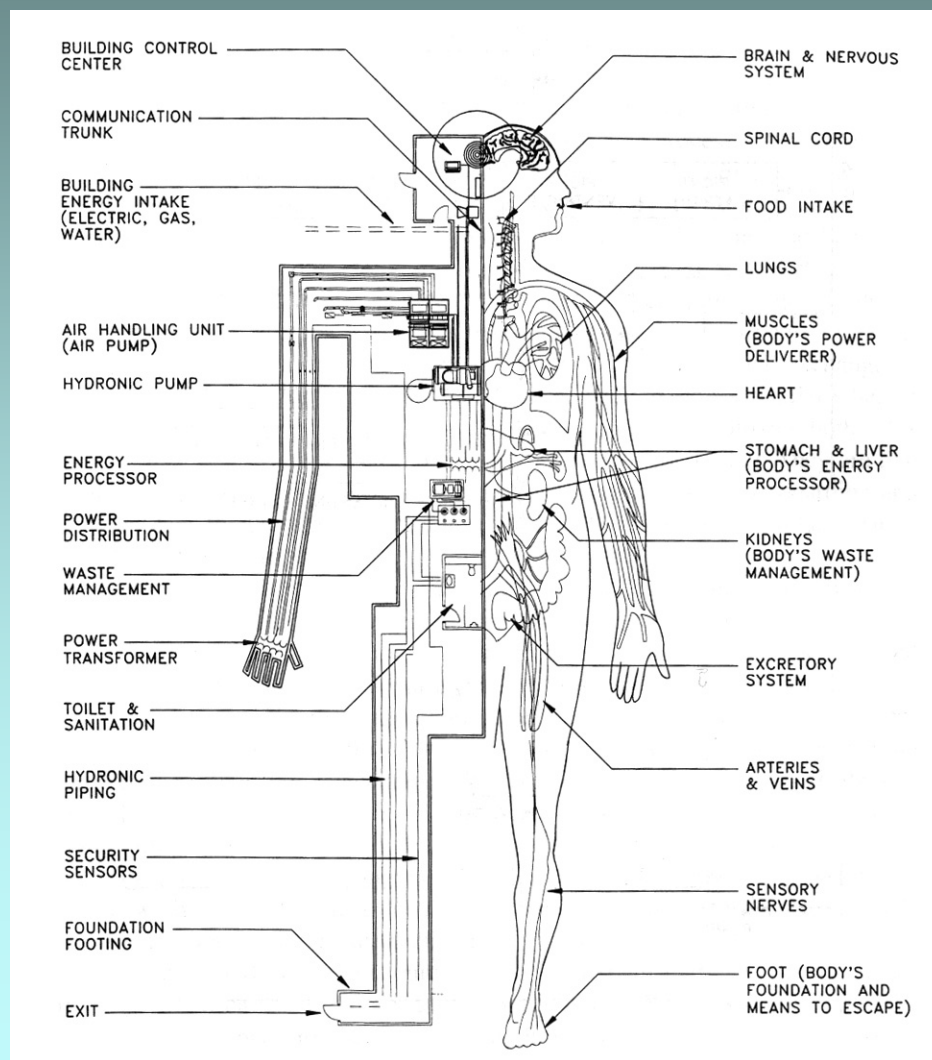
התפתחות, הגדרת ותפיסת המערכת – ה-SYSTEM

- תפיסת המערכת פותחה על ידי בין היתר על ידי HEGEL ו-MEISTER שטענו "שהשלם גדול מסכום חלקיו",
- התפיסה התייחסה לאספקטים התפקודיים, היעילות ולאו דווקא להיבטים הכמותיים,
- תפיסת ה-SYSTEM קנתה לה אחיזה במיוחד בתחום הנדסת התקשרות, הבקרה והארגונומטריה,
- התפתחות המערכות הצבאיות, שימשה זרז לפיתוח רעיון "אדם – מכונה",
- הפיתוחים בתחום האוטומציה והמחשבים האישיים חידדו את נושא המערכת – על רקע הממשק "אדם - מכונה",
- ברקע הפיתוחים עמדה סוגיית האיזון בין ביצועי האדם וביצועי המכונה, ובמיוחד פיתוחי "מכונות" המיועדות לאנשים חסרי ידע הנדסי (הנושא יעלה מאוחר יותר בקשר תאימות מערכות בקרת מבנה לכוח האדם המקצועי המפעיל אותו)

התפתחות,הגדרת ותפיסת המערכת – ה-SYSTEM

- המערכת – ה-SYSTEM הינה אוסף של אלמנטים - תתי המערכת, הבנויים בצורה היראכלית והמיועדים לבצע ולמלא את מטרותיה(מטרות המערכת),
- לכל המערכות המאפיינים הבאים: אינטרקציה בין תתי- מערכות, מטרות, כניסות (INPUT) ויציאות (OUTPUT),
- התקשורת בין תת המערכות מבוצעת באמצעות כניסות ויציאות,
- מבנה הינו מערכת ובתוך המבנה קיימות תתי-מערכת (שאחת מהן שהינה למעשה מערכת בפני עצמה)- בקרת המבנה – ה- BMS-BUILDING MANAGEMENT SYSTEM,
- תפיסת המערכת הינה היסוד המרכזי "בבניין חכם",
- תפיסת השילוב – האינטגרציה בין המערכות השונות המרכיבות את מערכת בקרת המבנה – הינה עקרונית ורמתה – תכתיב את רמת "החוכמה" של המבנה ומידת התאמתו להגדרת "בניין חכם"

המערכת המושלמת - המכונה האנושית מול "הבניין החכם"



מיצוב, אמינות ואפיון המערכת - ה-SYSTEM

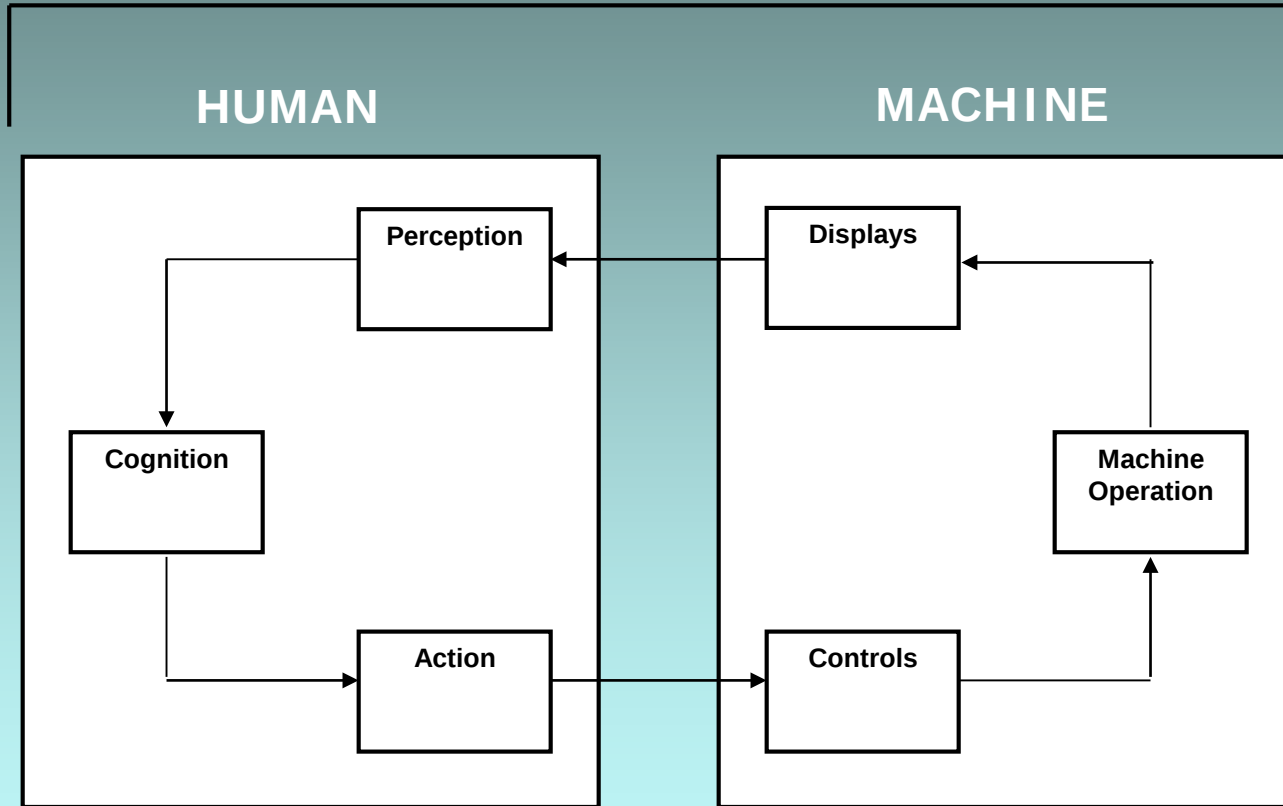
- המערכות ניתנות למיצוב ואפיון לפי פרמטרים שונים,
- רמת האוטומציה, מספר הרמות – ההיררכייה,
- פונקציונליות ותיפקוד- מערכות ייצור, תקשורת, תחבורה, צבאיות – היכולות לכלול תת-מערכות,
- מערכות "בחוג סגור" או מערכת "בחוג פתוח",
- רכיבי המערכת או תת-המערכות יכולים להיות בטור, במקביל או בשילוב,
- אמינות המערכת תלויה באמינות תת- המערכות או האלמנטים המרכיבים אותה,
- אמינות הרכיב או תת-המערכת מוגדרת כ:
- ההסתברות שהרכיב או תת-המערכת לא יכשלו ומוגדרת כ- r כאשר $r = 1 - p$
- P מייצג את ההסתברות לכשל הרכיב/תת-מערכת

מערכת "אדם-מכונה" - HUMAN-MACHINE

- מערכת אדם מכונה הינו שילוב של שני הגורמים להשגת מטרות המערכת,
- הדוגמה הבסיסית למערכת אדם מכונה הינו המחשב האישי,
- מערכת בקרת מבנה מהווה דוגמה מורחבת לאדם מכונה,
- מורכבות יתר של מרכת "אדם מכונה" הינן מערכות שבה למכונה תפקיד בקבלת החלטות (מערכות הכוללות בתוכן "בינה מלאכותית" – AI),
- במערכת "אדם מכונה" חשיבות לאמינות "האדם" (המפעיל),
- אמינות המפעיל, הינה ההסתברות שהמפעיל יפעל בהצלחה לתקופת פעילות המערכת ומוגדרת כ- r^1 כאשר $r^1 = 1 - p^1$; p^1 מייצג את הסתברות לשגיאת המפעיל

מערכת "אדם – מכונה" (מחשב)

ENVIRONMENT



מטרות מערכת בקרת מבנה

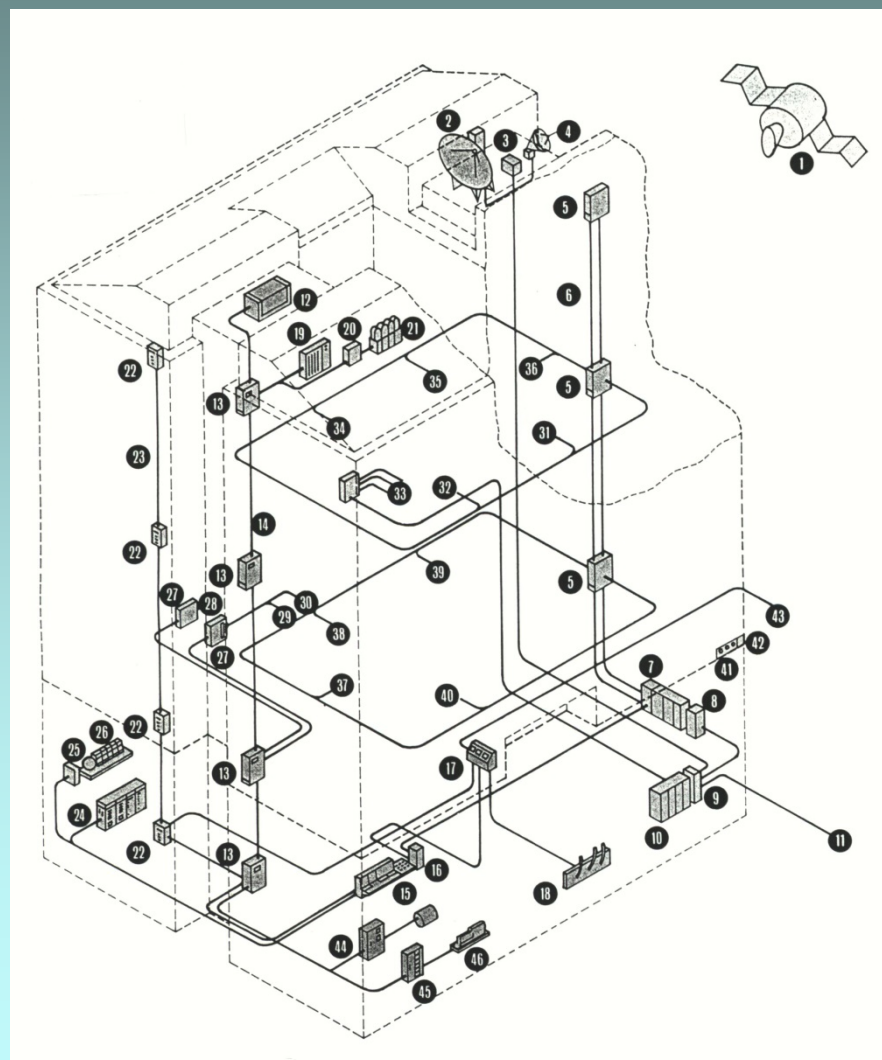
BUILDING MANAGEMENT SYSTEM- BMS

- ❑ תפעול יעיל של מערכות המבנה – מערכות אלקטרו-מכניות (מיזוג אוויר, אינסטלציה, תאורה, מתקני חלוקה וגיבוי וכו'), מתקני הסעה, ביטחון ובטיחות (גילוי אש ועשן) ומערכות סביבתיות אחרות בהיבט התחזוקה השוטפת והמונעת.
- ❑ העלאת רמת שביעות רצון המשתמש הסופי בהיבט השליטה על מערכות הנוחות הסביבתית – תאורה, מיזוג אוויר, מידע ותקשורת.
- ❑ שימוש יעיל ומניעת בזבז באנרגיה – חשמלית, נוזלית, גז וכו'.
- ❑ העברת מידע בצורה מסודרת לדרגים המנהלתיים.
- ❑ שליטה יעילה על הרכש.

WIN, WIN, WIN

רווח למשכיר/ יזם, רווח לארגון/ משתמש, רווח לסביבה/ חברה

כמות המערכות במבנים שלא למגורים – גדלה על ציר הזמן ומחייבת חשיבה אינטגרטיבית נכונה



1. Communications satellite
2. Satellite communications antenna
3. Radio-transmission equipment
4. Microwave antenna
5. Telecommunications closet
6. Backbone communications LAN
7. LAN host computer
8. Communications server
9. Multiplexed transmission gateway
10. Digital PABX
11. Public and private network connections
12. Heat-pump chiller
13. Building management system control unit
14. Building-management-system network
15. Building-control centre
16. Building automation interface
17. Entry-control system
18. Flood-protection system
19. Lift-control unit
20. Fire-system controller
21. Fire-system reservoir
22. Fire-alarm relay switch
23. Fire-alarm network
24. Uninterruptible power supply
25. Standby generator-control unit
26. Standby generator
27. Environmental-control unit
28. Lighting Fixtures
29. Ventilators
30. Air-conditioning units
31. Intelligent workstations
32. Networked printers
33. Featurephone telephones
34. Videoconferencing system
35. Departmental wireless LAN connection
36. Group 4 facsimile
37. Document scanner
38. Electronic whiteboard
39. Optical document storage
40. Departmental file servers
41. Fire-plug array
42. Emergency communications connections
43. Closed-circuit security TV system
44. Hygiene-control unit
45. HVAC plant-control unit
46. HVAC plant

יתרונות מערכת בקרת מבנה BMS

היתרונות

סיווג

□ בעל הנכס

- גמישות בשינויי דיירים
- שכ"ד גבוה יותר
- חלוקה פרטנית ומערכת חיובים בין הדיירים

□ השוכר

- חיסכון בעלויות אנרגיה
- אמינות גבוהה יותר בתפעול ובקרת המערכות
- פריזון כולל גבוה יותר

□ המשתמש הסופי

- שליטה אישית טובה יותר על המערכות הסביבתיות
- רמת תלונות נמוכה יותר
- התמקדות בעיסוק העיקרי

□ מנהל אחזקה – FM

- שליטה מנקודה מרכזית ו/או מרחוק על מערכות המבנה
- יכולת תגובה מהירה יותר לתקלות ואיתורן
- ניהול ממוחשב של מערכות המבנה – יכולת קבלת דוחות בכתבי זמן ומערכות

□ ספק המערכת – הקבלן

- פישוט בהתקנה ותפעול שוטף – חיבורי בשיטת ה-BUS
- במערכות "פתוחות" – "תפעוליות הדדית" חופש בבחירת רכיבים – גורם אחד אחראי על כל המערכות
- הוזלה כוללת

דוגמאות לשילוב בין מערכות שונות

מאפיינים

המערכות

□ כניסה ו-מ.א

- מערכת בקרת הכניסה מודיעה למערכת מיזוג האוויר על כמות המשתתפים בדיון באודיטוריום ומערכת מ.א. מתאימה את כמויות האוויר המסופק בהתאם,

□ ביטחון ו-טמ"ס

- מערכת הביטחון (בקרת כניסה) איננה מאפשרת כניסה גישה. מערכת הטמ"ס והכריזה מאפשרות תקשורת עם הגורם המסורב לבירור נוסף,

□ ניהול אנרגייה ו-מ.א

- מערכת בקרת האנרגייה מודיעה למערכת מ.א. על חריגה בצריכה ומשילה עומסים בהתאם,

□ תאורה וביטחון

- רגשי נוכחות המשולבים במערכת התאורה, מודיעים למערכת הביטחון על פעילות עובדים/אחרים לא שגרתית בשעות שאינן שעות הפעילות,

□ רגשי נוכחות – תאורה

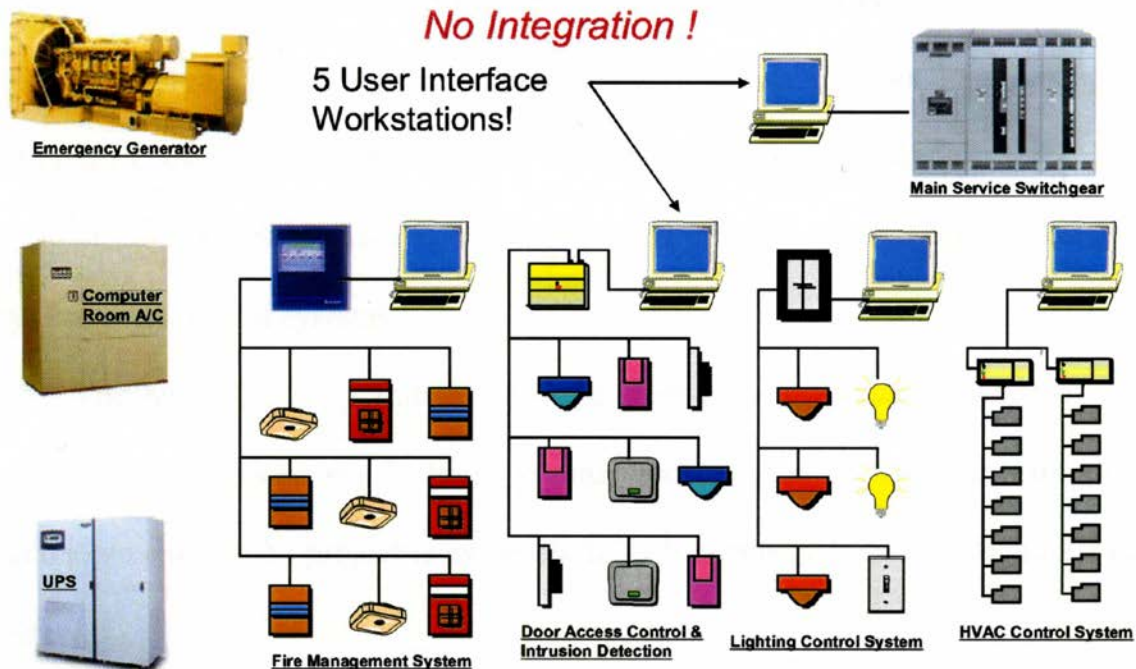
ו-מ.א

- רגשי נוכחות משולבים, מנטרלים את מערכות התאורה ומיזוג האוויר ומקטינים את הצריכה,

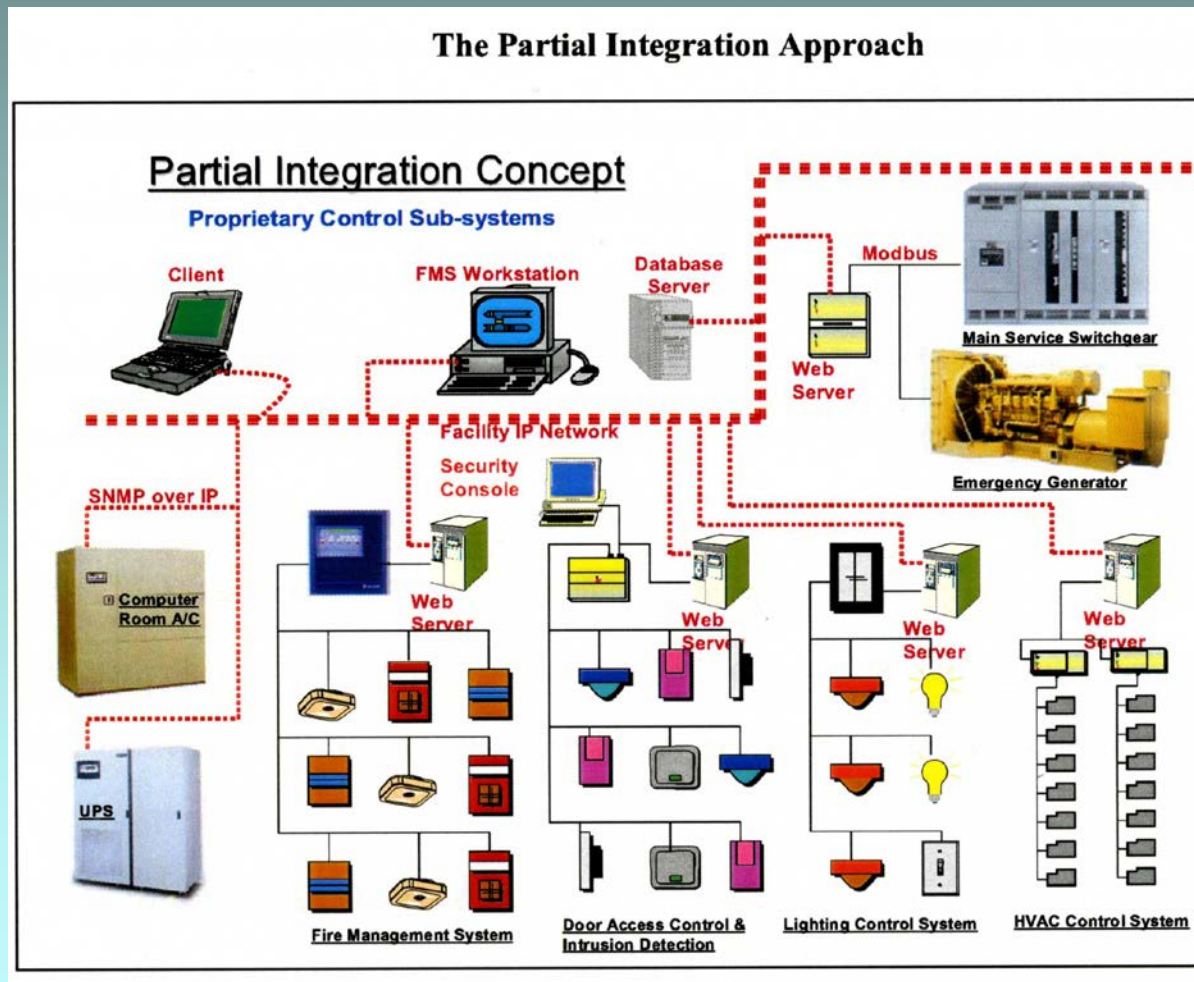
הרמה הראשונה – מערכות בדידות – אינטגרציה = 0

Non-Integrated Approach

Typical Building Approach to Automation

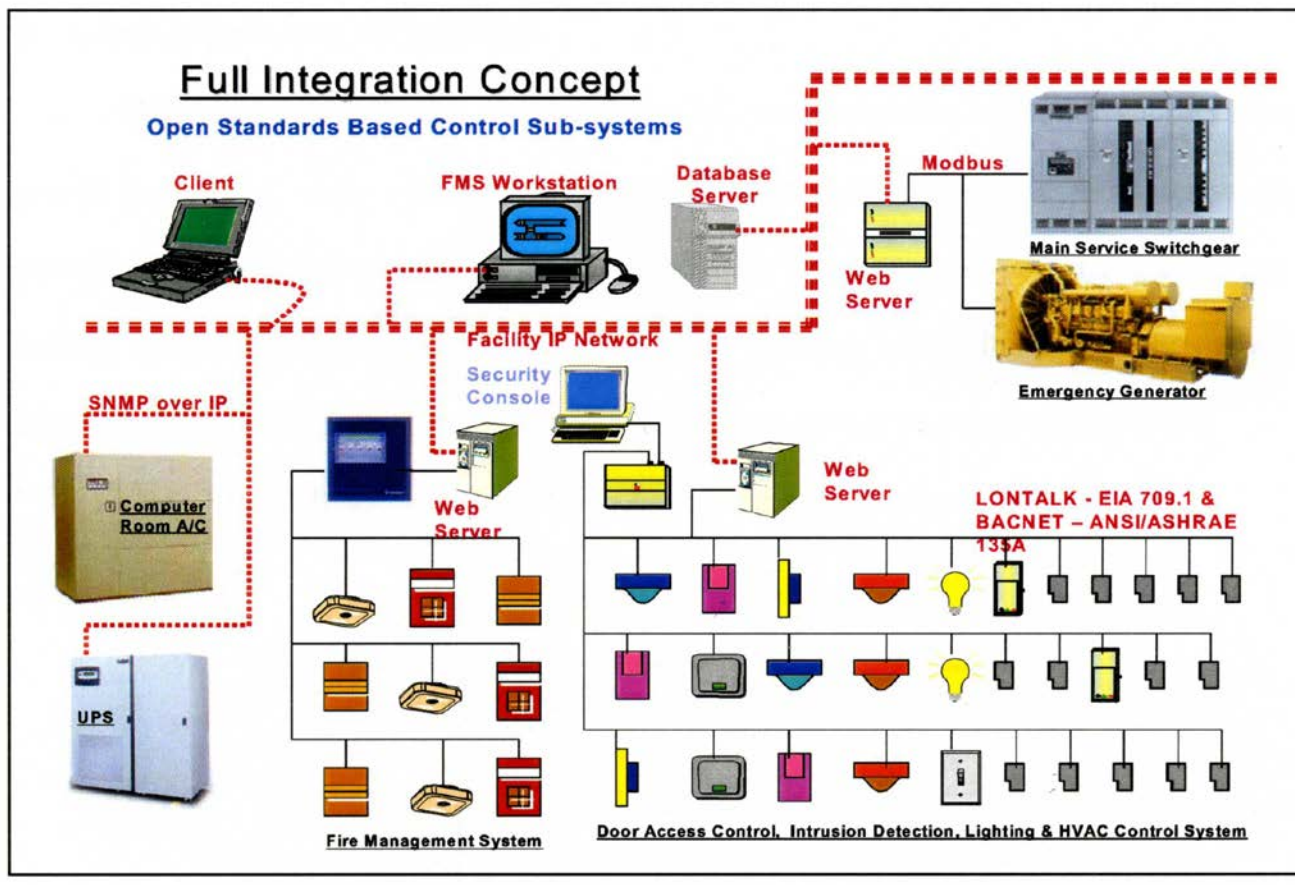


הרמה השנייה – אינטגרצייה חלקית (מרבית המתקנים)



הרמה השלישית – אינטגרציית מלאה (THE HOLY GRAIL....)

The Full Integration Approach



מערכת בקרת מבנה BMS – תמיד?

מספר עובדות:

- 90% מהמערכות במבנים קטנים או בינוניים הינם **OVER ENGINEERED/ OVER DESIGNED** – להערכת המשתמשים.



- סקר שביעות רצון המשתמשים לאחר אכלוס – **POE - POST OCCUPANCY EVALUATION**, הראה, שלמעלה מ-80% מהמשתמשים הסופיים ומנהלי האחזקה אינם מרוצים מתפקוד המערכת (ועוקפים אותה!).
- הטמעת מערכת בקרת מבנה מחייבת בדיקת התכנות (FEASIBILITY STUDY) לבחינת עלות מול תועלת העובדים!

ארכיטקטורת שלוש השכבות על פי

TC247/WG64

□ בדומה למודל ה- OSI קבעה הועדה האירופאית לתקינה ה- CEN לשלוש שכבות כדלקמן:

□ שכבת הניהול ה- MANAGEMENT LEVEL לדומה: מפעיל מול מפעיל ולמערכות חיצוניות, מחוץ לגבולות מערכת ה- BMS,

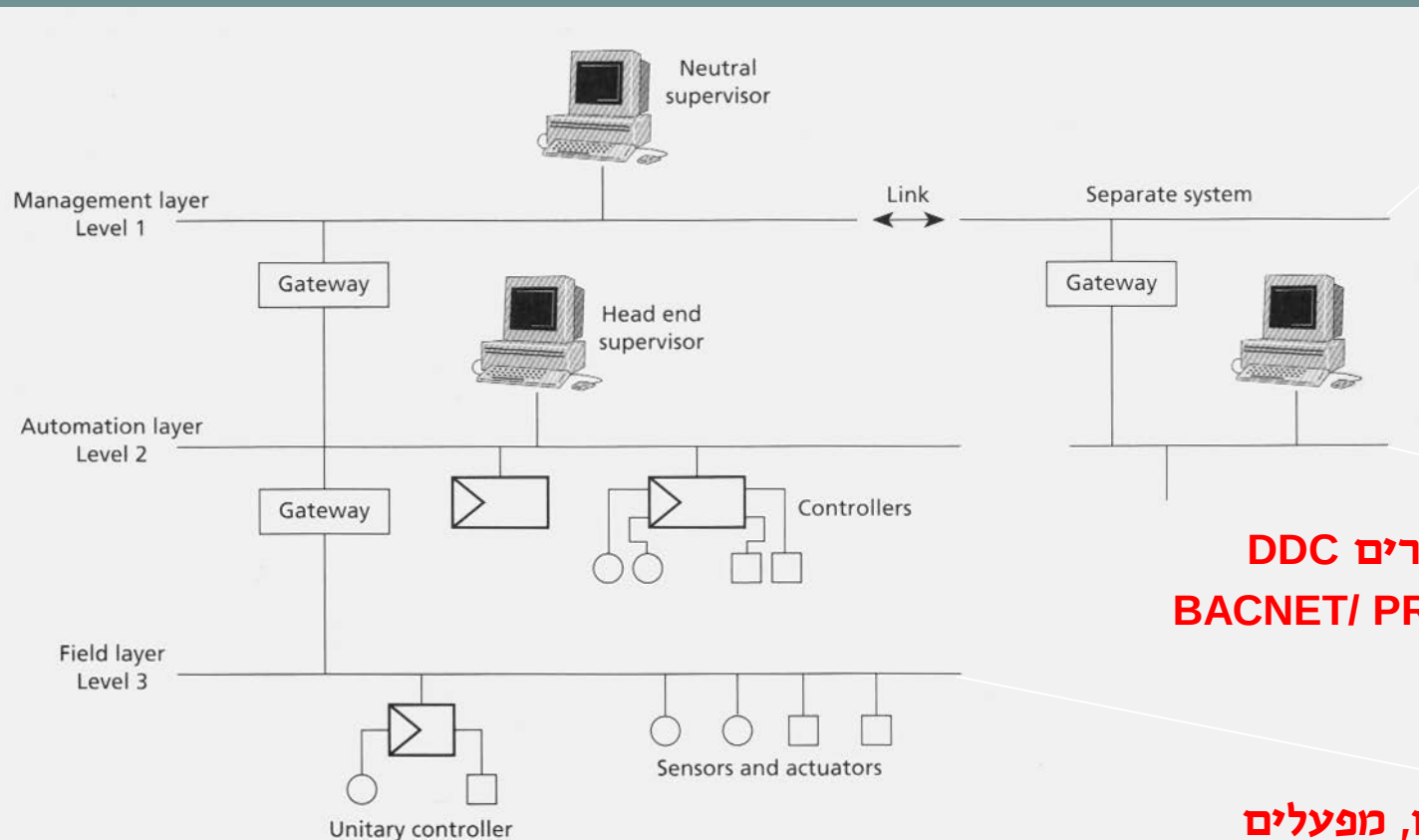
□ שכבת האוטומציה ה- AUTOMATION LEVEL - בקרי ה- DDC לרגשי/מפעילי השדה (FIELD LEVEL) ושכבת הניהול,

□ שכבת השטח ה- FIELD LEVEL - רגשי ומפעילי השטח לבקרי מערכת האוטומציה

Level	Example	Standards
Management	Supervisor to supervisor	BACnet
Automation	DDC controllers	BACnet, FIP, Lon, KNX
Field	Sensors, actuators	Lon, KNX

מודל שלוש השכבות של מערכת בקרת מבנה לפי TC247/ WG4

שכבת הניהול
BACNET/ TCP/IP

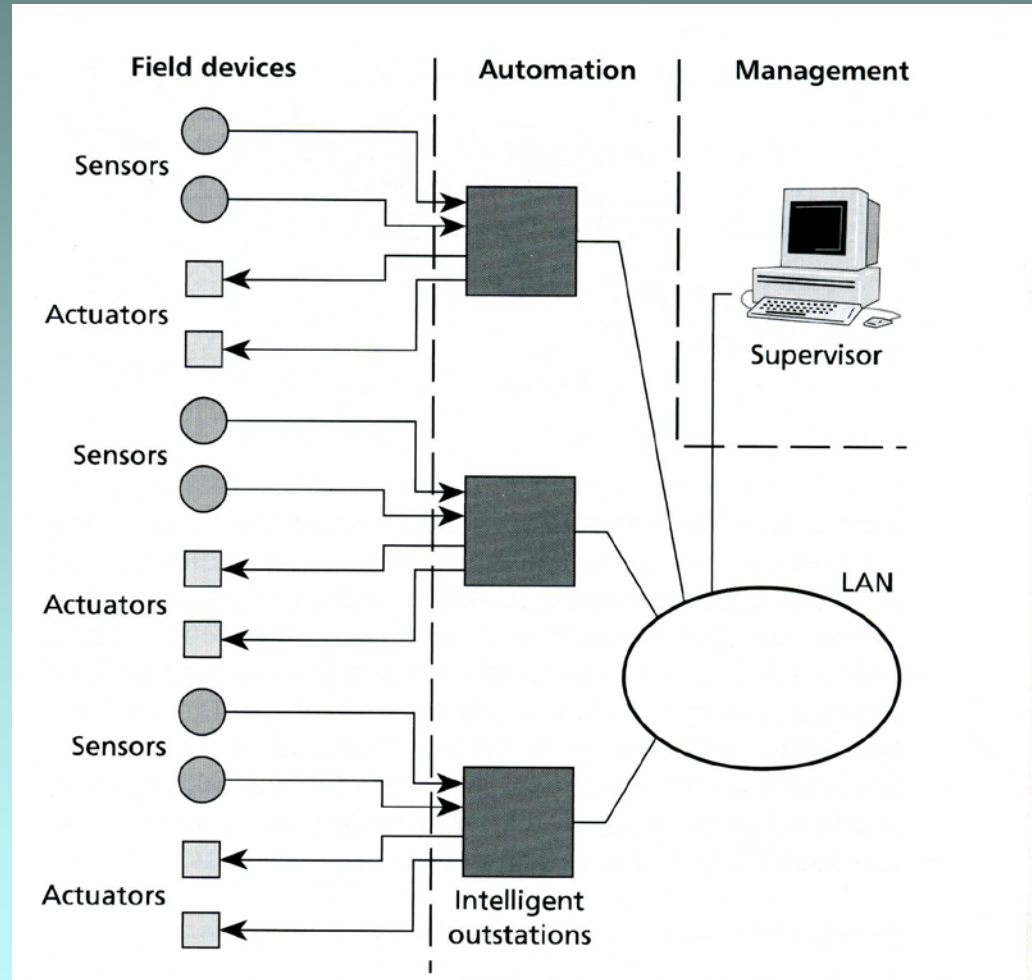


שכבת האוטומציה-בקרים DDC
BACNET/ PROFIBUS/ LONTALK*

שכבת השטח - רגשים, מפעלים
EIB/ BATIBUS/ LONTALK*

Figure 4.6 The three-layer model of BMS architecture

מודל שלוש השכבות – הלכה למעשה...



תנאי בסיסי #2 ליישום האינטגרציה – כבילה אחודה – STRUCTURED CABLING

עלות הכבילה כ- 5% – 10% מסה"כ ההוצאה על IT/COM, ☐

80% מהתקלות במערכות מקורן בכבילה, ☐

הכבילה האחודה מאפשרת פלטפורמה משותפת בינמערכתית, ☐

הטמעה פשוטה – טכנולוגיות חדשות, ☐

גמישות ויכולת תגובה, ☐

חסכון במקום, ☐

קבלן הכבילה ומערכות יחיד, ☐

הקטנה משמעותית בנפחי תעלות, פירים ☐

וארונות,

מחזור חיים מתוכנן + 15 שנה, ☐

תוספת עלויות (חומר) בין 10% - 20%, ☐

מגבלת מרחק עד 90 מ'מהריכוז ☐



הכבילה האחודה – STRUCTURES CABLING

□ הצורך לספק קצבי ונפחי תעבורה גבוהים במערכות ה- IT-INFORMATION TECHNOLOGY, הביא לפיתוח הכבילה האחודה המשמשת את כל מערכות התקשורת וגם את בקרת המבנה,

□ תפיסת הכבילה האחודה מקרבת את גישת ה- plug&play באמצעות מחברי ה- RJ45,

□ תפיסת הכבילה האחודה רואה גם במדיה זו פתרון לטווחי זמן ארוכים ביותר,

□ שלושה רובדי כבילה משלימים את הקונספט: האופקית – ה- HORIZONTAL, האנכית/ראשית ה- BACKBONE וכבילת הקמפוס ה- CAMPUS BACKBONE השקף הבא

□ סיווג כבילת תקשורת



Category	Description
1	Basic telephone cable for voice
2	Data cable for use to 4 Mbit/s
3	LAN cable characterised up to 16 MHz (Class C link)
4	LAN cable characterised to 20 MHz
5	LAN cable characterised up to 100 MHz (Class D link)
5e	LAN cable characterised up to 100 MHz
6	LAN cable characterised up to 250 MHz
7	LAN cable characterised to 600 MHz

תנאי בסיסי #3 ליישום האינטגרציה – צוות תכנון "פתוח"

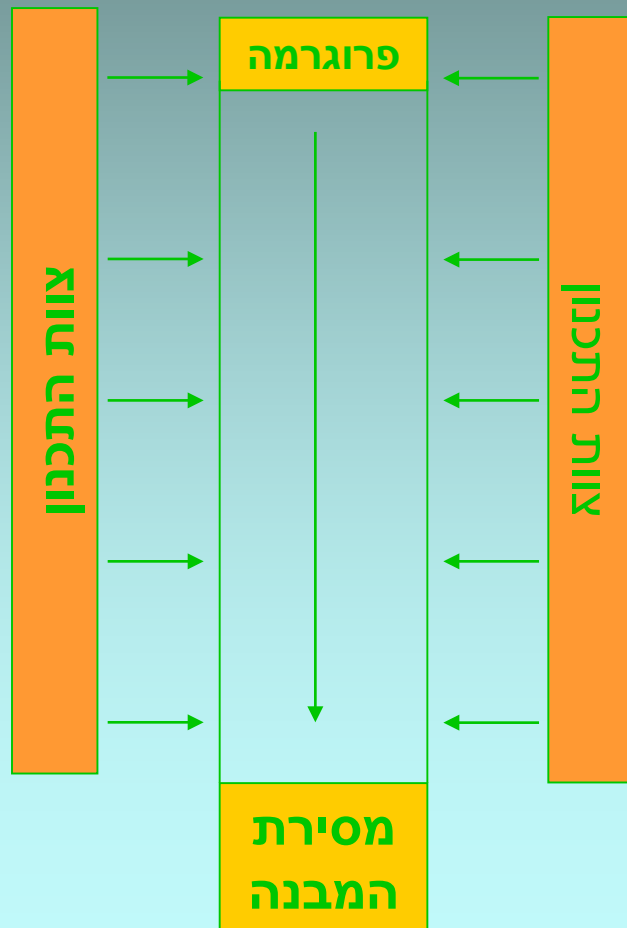
- ☐ פרוגרמה בה מוגדרות דרישות היזם, Client Brief,
- ☐ פרוגרמה בה מוגדרות המטלות של צוות התכנון וביצועי המבנה Project Design Brief,
- ☐ עקרונות תכנון מקבילי (ולא טורי),
- ☐ מנהל פרויקט PM / מנהל מערכות FM משתפים פעולה מתחילת הפרויקט



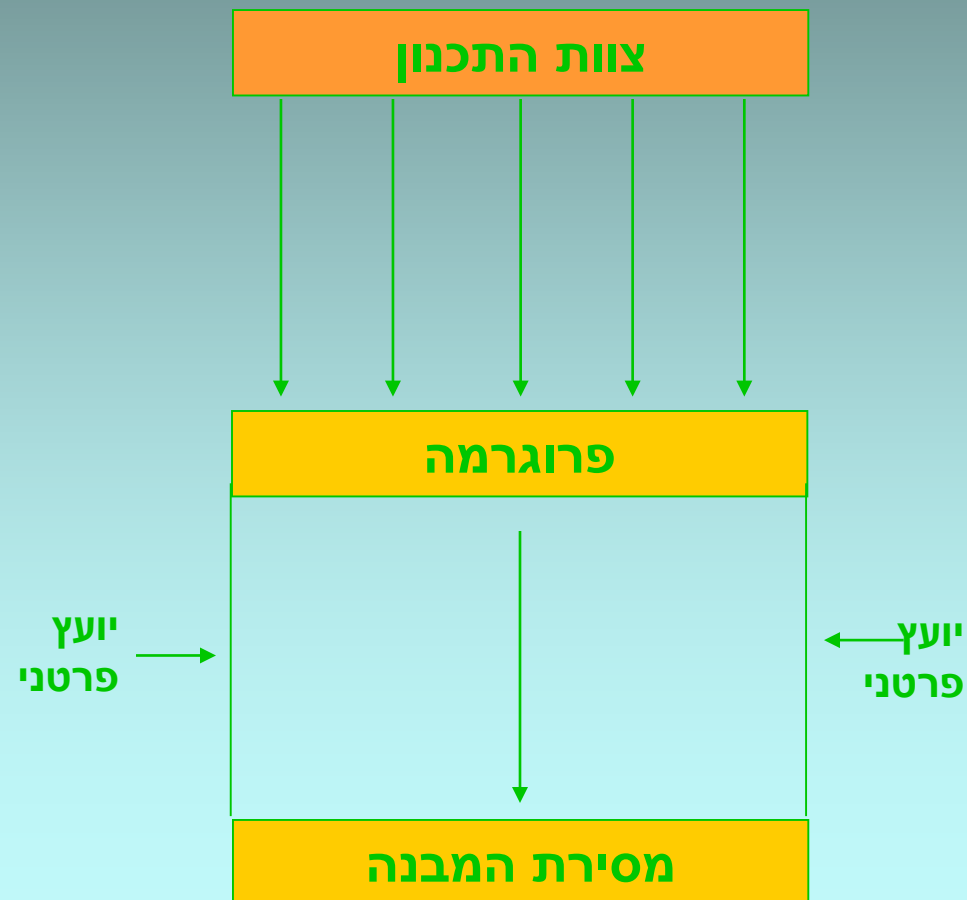
מהלך תכנון מקבילי מול טורי (בחלקו)

המהלך של שיתוף פעולה מרבי בין צוות התכנון מיד עם תחילת הפרויקט מול כניסה הדרגתית של יועצים/מתכננים "לתמונה" הינו בעל חשיבות מכרעת להצלחת הפרויקט בהיבט הטכנו כלכלי.

תכנון טורי (בחלקו)



תכנון מקבילי (בחלקו)



זמננו תם..
תודה על ההקשבה!

