ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ತಂತ್ರಾಂಶ(ಸಾಫ್ಟ್‌ವೇರ್)ಗಳ ಮಹತ್ವ.

ಬಿ ವಿ ಪ್ರಸಾದ್
ಮುಖ್ಯಸ್ಥರು, ಸಾಫ್ಟ್‌ವೇರ್ ಕ್ಯು ಎ, ಎಸ್ ಆರ್ ಜಿ,
ಇಸ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ,
ಏರ್ ಪೋರ್ಟ್ ರಸ್ತೆ, ಬೆಂಗಳೂರು 560 017
ದೂರವಾಣಿ: 2508 3410, ಇ–ಮೇಲ್: bvprasad@isac.ernet.in

೧. ಪ್ರಸ್ತಾವನೆ: ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ವಿಭಾಗವು ಉಡಾವಣಾವಾಹನ, ಕೃತಕ ಉಪಗ್ರಹ ಹಾಗು ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಹೊತ್ತೊಯ್ಯುವ ಪಾವತಿ ಹೊರೆ (satellite payload) ಇವುಗಳ ಅಧ್ಯಯನ, ವಿನ್ಯಾಸ, ತಯಾರಿಕೆ ಮತ್ತು ಪರೀಕ್ಷೆ ಕಾರ್ಯಗಳಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲಾ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿ ತಂತ್ರಾಂಶವು (software) ಬಹಳ ಮಹತ್ವವಾದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿದೆ. 1980ರ ಮುಂಚೆ ಮತ್ತು ನಂತರ, ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ, ತಂತ್ರಾಂಶವು ವಹಿಸಿದ ವಿವಿಧ ಪಾತ್ರಗಳನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ಪ್ರಯಾಣಕ್ಕೆ ರಾಕೆಟ್ ಏಕೈಕ ಸಾಧನ. ರಾಕೆಟ್ಟನ್ನು ಉಡಾವಣಾವಾಹನವಾಗಿ ಅಥವಾ ವಿಧ್ವಂಸಕ ಸಾಧನೆಗಾಗಿ ಕ್ಷಿಪಣಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಉಪಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಉಡಾಯಿಸಲು ಉಡಾವಣಾವಾಹನವಾಗಿ ಬಳಸುವ ಕಡೆಗೆ ಗಮನಹರಿಸೋಣ. ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಇರಿಸಲು ಉಡಾವಣವಾಹನ ಬಹಳ ಪ್ರಮುಖವಾದ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಉಡಾವಣವಾಹನಗಳ ನಿರ್ಣಾಯಕವಾದ ಅಂಶಗಳೆಂದರೆ ಅವುಗಳ ನಿಯಂತ್ರಣ ಮತ್ತು ಮಾರ್ಗದರ್ಶನ. ಉಡಾವಣವಾಹನಗಳ ಅಧ್ಯಯನ, ವಿನ್ಯಾಸ, ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಪರೀಕ್ಷೆ ತಿರುವನಂತಪುರದಲ್ಲಿರುವ ವಿಕ್ರಂ ಸಾರಾಭಾಯಿ ಸ್ಪೇಸ್ ಸೆಂಟರ್(Vikram Sarabhai Space Centre, ವಿ ಎಸ್ ಎಸ್ ಸಿ)ನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ರಾಕೆಟ್ಟಿನಿಂದ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಚಿಮ್ಮಿದ ಉಪಗ್ರಹದ ಮೇಲೆ ಕೇಂದ್ರಾಭಿಗಾಮಿ ಬಲ (Centripetal Force) ಮತ್ತು ಕೇಂದ್ರಾಪಗಾಮಿ ಬಲ(Centrifugal Force)ಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ಬಲಗಳು ಸಮನಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ವಿರುದ್ಧದಿಕ್ಕುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವುದರಿಂದ, ಉಪಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಸ್ಥಿರತೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ರಾಕೆಟ್ಟಿನಿಂದ ಪಡೆದ ನೂಕು ಬಲದಿಂದ, ಉಪಗ್ರಹವು ತನ್ನ ಕಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನ, ವಿನ್ಯಾಸ, ನಿರ್ಮಾಣ ಮತ್ತು ಪರೀಕ್ಷೆ ಬೆಂಗಳೂರಿನಲ್ಲಿರುವ ಇಸ್ರೋ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ (Isro Satellite Centre, ISAC, ಐಸ್ಯಾಕ್)ದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುತ್ತದೆ.

ಉಪಗ್ರಹದ ಉಪಯುಕ್ತತೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಪಾವತಿ ಹೊರೆ ಅಥವಾ ಉಪಯುಕ್ತ ಉಪಕರಣ ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದು. ಸಂಪರ್ಕ ಉಪಗ್ರಹ(Communication Satellite)ಗಳಲ್ಲಿ ಆಂಟೆನಾಗಳು ಹಾಗೂ ಟ್ರಾನ್ಸ್‌ಪಾಂಡರ್‌ಗಳು ಉಪಯುಕ್ತ ಹೊರೆಗಳು. ದೂರ ಸಂವೇದಿ ಉಪಗ್ರಹ(Remote Sensing Satellite)ಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ಸೆರೆ ಹಿಡಿಯುವ ಕ್ಯಾಮೆರಾಗಳು ಉಪಯುಕ್ತ ಹೊರೆ, ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಗ್ರಹ(Experimental Satellite)ಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಉಪಯುಕ್ತ ಹೊರೆಯಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುವುದು.

೨. ಗಣಕ ಯಂತ್ರ: ಗಣಕ ಯಂತ್ರ ಅಥವಾ ಗಣಕ ಒಂದು ಇಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ ಉಪಕರಣ. ಕೊಟ್ಟ ಮಾಹಿತಿ(input)ಗಳನ್ನು ಸಂಸ್ಕರಿಸಿ ಉತ್ಪಾದನಾ ಮಾಹಿತಿ(output)ಗಳನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. ಗಣಕ ಸಂಸ್ಕರಿಸುವ ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನಾಧರಿಸಿ (ಅಂಕೀಯ ಅಥವಾ ಅನುರೂಪ) ಗಣಕಗಳನ್ನು ಅಂಕೀಯ ಗಣಕ (digital computer) ಮತ್ತು

ಅನುರೂಪ ಗಣಕ(analog computer)ಗಳೆಂದು ವಿಂಗಡಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ಗಣಕ ಎಂಬ ಹೆಸರನ್ನು ಅಂಕೀಯ ಗಣಕ ಎಂದು ಪರಿಗಣಿಸಬೇಕು.

ಗಣಕವು ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಸಂಸ್ಕರಿಸಬಲ್ಲದು. ಇದರಿಂದಾಗಿ ಇದನ್ನು ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಸಮಸ್ಯೆಗಳ ಮತ್ತು ತರ್ಕಗಳ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುವುದು.

೨.೧ ಯಂತ್ರಾಂಶ: ಗಣಕದ ಎಲ್ಲಾ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಯಂತ್ರಾಂಶ (Hardware) ಎಂದು ಕರೆಯಲಾಗುವುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಸಂಸ್ಕಾರಕ (Processing Unit), ಮಾಹಿತಿಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಮತ್ತು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಉಪಕರಣಗಳು (Input and Output devices), ಮುದ್ರಕ (Printer), ವಿವಿಧ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಲು ಬಳಸುವ ಸಂಪರ್ಕ ತಂತಿಗಳು (Connecting Wires or Connecting Cables) ಇವೆಲ್ಲವೂ ಗಣಕದ ಯಂತ್ರಾಂಶಗಳು.

೨.೨ ತಂತ್ರಾಂಶ: ತಂತ್ರಾಂಶ (Software) ಗಣಕದ ಜೀವಾಳ. ಗಣಕ ಪಾಲಿಸುವ ಆಜ್ಞೆಗಳ ಒಂದು ಸಮೂಹ. ಗಣಕದ ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Operating System)ಯೂ ಒಂದು ತಂತ್ರಾಂಶವೇ. ಕಾರ್ಯಕಾರಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಗಣಕದ ಸರ್ವ ಕಾರ್ಯಗಳನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಸಂಘಟಿಸುತ್ತದೆ. ಗಣಕದ ಉಪಯೋಗ ಪಡೆಯಲು ಬಳಕೆದಾರನು ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯಕ್ಕೆ ಪ್ರೋಗ್ರಾಮಿಂಗ್ ಎಂದು ಹೆಸರು. ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಲು ಬಳಸುವ ಭಾಷೆಗಳಿಗೆ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆ(Programming Language)ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

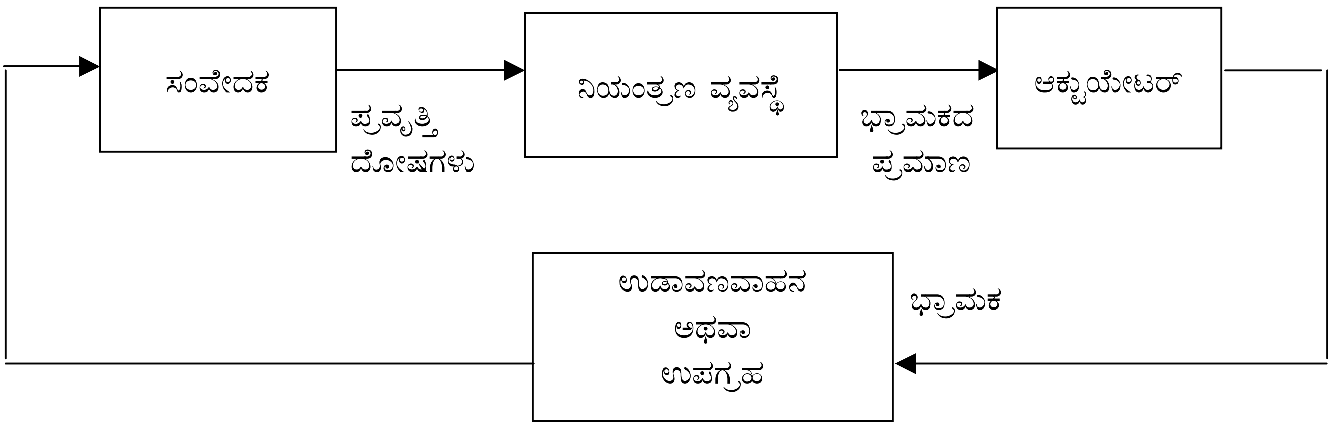
ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಬೆಳೆದು ಬಂದಿವೆ. ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಗಳು ಹುಟ್ಟುವಮುನ್ನ, ಗಣಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಂತ್ರ ಭಾಷೆ(Machine Language)ಯನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಇದನ್ನು ಮೊದಲನೆ ಪೀಳಿಗೆಯ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆ (First Generation Programming Language) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ವಾಡಿಕೆ ಇದೆ. ಯಂತ್ರ ಭಾಷೆಯಿಂದ ಮಾರ್ಪಾಟುಗೊಂಡು ಅಸೆಂಬ್ಲಿಯಂಥಹ ನಿಮ್ನ ಸ್ತರ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆ(Low-level Programming Language)ಯು ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡಿತು. ಪ್ರೋಗ್ರಾಮಿಂಗ್ ಕಾರ್ಯವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಸುಲಭಗೊಳಿಸಲು ಉಚ್ಛ ಸ್ತರ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆ(High-level Programming Language)ಗಳು ಹುಟ್ಟಿಕೊಂಡವು.

೩. ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ತಂತ್ರಾಂಶದ ಬಳಕೆ: 1980ರ ವರೆಗೆ, ತಂತ್ರಾಂಶವು ಕೇವಲ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ (subsystem) ವಿನ್ಯಾಸ, ಅವುಗಳ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮತ್ತು ಆಕಾಶಕಾಯಗಳ ನಿರ್ವಹಣೆಗಳಿಗೆ ಮಾತ್ರ ಮೀಸಲಾಗಿತ್ತು. ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನಿಕ್ಸ್ ಉಪಕರಣಗಳು ಮಾತ್ರ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆ (/ಉಪಗ್ರಹ)ಗಳೊಡನೆ ಹಾರುತ್ತಿದ್ದವು. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆ (/ಉಪಗ್ರಹ)ಗಳೊಡನೆ ಹಾರದೆ ಕೇವಲ ನೆಲದಮೇಲೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿದ್ದ ತಂತ್ರಾಂಶಕ್ಕೆ ನಿರ್ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶ (ground software) ಎಂದು ಹೆಸರು.

ಉಡಾವಣಾವಾಹನ ಯಾನಿಸುವಾಗ, ಅದನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಿಯಂತ್ರಣ ಮತ್ತು ನಿರ್ದೇಶನ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು (Control and Guidance System) ಬಳಸಲಾಗುವುದು. ಆದರೆ ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನಷ್ಟೇ (Control System) ಬಳಸಲಾಗುವುದು.

ಉಡಾವಣಾವಾಹನ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಸಂವೇದಕ(Sensors)ಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ದೋಷ(Attitude Errors)ಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಗುವುದು. ಪ್ರವೃತ್ತಿ ದೋಷಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿ ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಭ್ರಾಮಕದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (Torque Command) ಗೊತ್ತುಪಡಿಸಿ ಆಕ್ಟ್ಯುಯೇಟರ್(Actuator)ಗಳಿಗೆ ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಆಕ್ಟ್ಯುಯೇಟರ್ ಭ್ರಾಮಕದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕನುಸಾರವಾಗಿ ಭ್ರಾಮಕವನ್ನು ಉಡಾವಣಾವಾಹನ (/ಉಪಗ್ರಹ)ದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ.

ಇದರಿಂದ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ದೋಷಗಳು ತಿದ್ದಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ನೂತನ ಪ್ರವೃತ್ತಿ ದೋಷಗಳನ್ನು ಸಂವೇದಿಗಳು ಅಳೆಯುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆ ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಸಂವೃತ್ತ(Closed loop)ದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 1 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 1. ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಕಾರ್ಯಾಚರಣೆ

ಉಡಾವಣವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ (Gyroscope), ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಮಾಪಕ (Accelerometer) ಸಂವೇದಕಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಥ್ರಸ್ಟರ್ ಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಇಂಜಿನ್‌ಗಳನ್ನು ಆಕ್ಚುಯೇಟರ್‌ಗಳಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಭ್ರಮಣದರ್ಶಕ, ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷಮಾಪಕಗಳಲ್ಲದೆ ಭೂ ಸಂವೇದಕ (Earth Sensor), ಸೌರ ಸಂವೇದಕ (Sun Sensor), ತಾರಾ ಸಂವೇದಕ (Star Sensor)ಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಥ್ರಸ್ಟರ್ ಗಳಲ್ಲದೆ ಸಂವೇಗ ಚಕ್ರಗಳು (Momentum Wheels), ಪ್ರತಿಕ್ರಿಯಾ ಚಕ್ರಗಳು(Reaction Wheels), ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಟಾರ್ಕರ್ (Magnetic Torquer)ಗಳನ್ನು ಆಕ್ಚುಯೇಟರ್‌ಗಳಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ ನೌಕೆ (/ಉಪಗ್ರಹ)ಗಳ ಕಾರ್ಯಾತ್ಮಕ ಅವಶ್ಯಕತೆ (functional requirements) ಅತಿ ಶೀಘ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಬೆಳೆದುದರ ಪರಿಣಮವಾಗಿ, ಅವುಗಳ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುವ ತರ್ಕ ಬಹುವಾಗಿ ಕ್ಲಿಷ್ಟ ಗೊಂಡವು. ಆಕಾಶಕಾಯಗಳೊಡನೆ ಹಾರಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಉಪಕರಣಗಳ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಈ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಪೂರೈಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗದ ಕಾರಣ, ಸಂಸ್ಕಾರಕ (processor) ಮತ್ತು ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನೊಳಗೊಂಡ 'ಎಂಬೆಡೆಡ್' ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು ಹಾರಾಡುವ ಉಪಕರಣಗಳಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಾಯಿತು. ಹೀಗೆ ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶದ (on-board software) ಜನನವಾಯಿತು.

೩.೧ ನಿರ್ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶ: ಇವು ಕೇವಲ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ತಂತ್ರಾಶಗಳು. ನಿರ್ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳನ್ನು ನಾಲ್ಕು ಭಾಗಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

- ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳನ್ನು ವಿನ್ಯಾಸಗೊಳಿಸಲು, ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ತರ್ಕವನ್ನು ಅನುಕರಿಸುವ ತಂತ್ರಾಶಗಳು (Simulation Software for Designing Subsystems)
  - ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Control System) ವಿನ್ಯಾಸ ತಂತ್ರಾಶ
  - ಸಂಯಂತ್ರ (Mechanism) ವಿನ್ಯಾಸ ತಂತ್ರಾಶ
  - ಸಂಪರ್ಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Communication System) ವಿನ್ಯಾಸ ತಂತ್ರಾಶ

- ಉಷ್ಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ (Thermal System) ವಿನ್ಯಾಸ ತಂತ್ರಾಶ
- ರಚನಾ (Structure) ವಿನ್ಯಾಸ ತಂತ್ರಾಶ

- ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳು (Software for Subsystem Testing)
  - ಭೂಪರೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶ (Ground Checkout Software)
  - ಶೀತೋಷ್ಣನಿರ್ವಾತ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶ (Software for Testing in Thermo-Vacuum Chamber)
  - ಕಂಪನ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶ (Software for Vibration Tests)
  - ತೀವ್ರ ಶಬ್ದ ಪರಿಸರ ಪರೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶ (Software for Acoustic Tests)
- ಉಪಗ್ರಹದ ಸ್ವಾಸ್ಥ್ಯ ಪರಿವೀಕ್ಷಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳು (Software for monitoring health)
  - ಹಾರಾಟ ಗತಿ ವಿಜ್ಞಾನ ತಂತ್ರಾಂಶ (Flight Dynamics Software)
  - ದತ್ತಾಂಶ ನಿರ್ವಹಣೆ ತಂತ್ರಾಂಶ (Data Management Software)
  - ದತ್ತಾಂಶ ಗ್ರಹಿಕೆ ಮತ್ತು ಸಂಸ್ಕರಣೆ ತಂತ್ರಾಂಶ (Data Reception & Processing Software)
  - ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಕ್ರಮಗೊಳಿಸಲು ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರಮಾಡಲು ತಂತ್ರಾಂಶ(Data Ordering & dissemenation)
  - ಪರಿವೀಕ್ಷಣಾ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣಾ ತಂತ್ರಾಂಶ(Monitoring and Control Software)
- ದೂರಮಾಪನ ಮತ್ತು ದೂರಾದೇಶಕ್ಕೆ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳು (Software for Telemetry and Telecommanding)

ಈ ತಂತ್ರಾಶಗಳನ್ನು ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಮೇನ್ ಫ್ರೇಮ್ ಗಣಕಗಳಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಗೊಳಿಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು ಹಾಗೂ ಉಚ್ಛ ಸ್ತರ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು.

೬.೨ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶ: ಇವು ಉಡಾವಣವಾಹನ ಅಥವಾ ಉಪಗ್ರಹಗಳೊಡನೆ ಹಾರುವ ತಂತ್ರಾಶಗಳು. ನಿರ್ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವಾಗ ಸಿಗುವ ಕೆಲವು ಸ್ವಾತಂತ್ರಗಳು, ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವಾಗ ಮೊಟಕುಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವಾಗ ಕೆಲವು ನಿರ್ಬಂಧನೆಗಳನ್ನು ಪಾಲಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

- ಯಾನಿಸುವ ಸಂಸ್ಕಾರಕದ ಸ್ಮೃತಿಕೋಶ (Memory) ಅಲ್ಪವಾದ್ದರಿಂದ, ಸಿದ್ಧಪಡಿಸುವ ತಂತ್ರಾಂಶವು ಬಹಳ ಸೀಮಿತವಾಗಿರಬೇಕು. ಉದಾರವಾಗಿ ಸ್ಮೃತಿಕೋಶವನ್ನು ಬಳಸುವಂತಿಲ್ಲ. ತಂತ್ರಾಂಶವು ಸ್ಮೃತಿಕೋಶದ ಪ್ರತಿಶತ ೭೫ ಅಂಶವನ್ನು ಮೀರುವಂತಿಲ್ಲ.
- ಸಂಸ್ಕರಿಸುವ ಸಮಯದ ಅಭಾವವಿರುವುದರಿಂದ, ಸಮಯವನ್ನು ಮಿಲಿ ಸೆಕೆಂಡ್ ಗಳವರೆಗೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಗುಣಾಕಾರವು ಭಾಗಾಕಾರಕ್ಕಿಂತ ವೇಗವಾಗಿ ಸಂಸ್ಕಾರಗೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ, ಭಾಗಿಸುವ ಬದಲು ಗುಣಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತ. ಅಂದರೆ 2ರಿಂದ ಭಾಗಿಸುವುದರ ಬದಲು 0.5ರಿಂದ ಗುಣಿಸುವುದು ಉತ್ತಮ.

ಉಡಾವಣಾವಾಹನಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಅನೇಕ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

- ನಿಯಂತ್ರಣ ಮತ್ತು ನಿರ್ದೇಶನ ವ್ಯವಸ್ಥೆ
- ಪಥ ನಿರ್ದೇಶನ (Navigation)
- ನಿಯಂತ್ರಣ ಕೇಂದ್ರ
- ಇಂಧನ ನಿರ್ವಹಣೆ
- ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಕ್ಷೇತ್ರದ ರಕ್ಷಣೆ (Range Safety)

ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಕೆಳಕಂಡಂತೆ ಅನೇಕ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿದೆ.

- ನಿಯಂತ್ರಣ ವ್ಯವಸ್ಥೆ
- ಸಂವೇದಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆ
- ದೂರಾದೇಶ ವ್ಯವಸ್ಥೆ
- ಯಾಂತ್ರೀಕರಣ (Automation)
- ಭಾರಿ ಪ್ರಮಾಣದ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ನಿರ್ವಹಣೆ (Large Volume of Data Handling)
- ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಸಂಕೋಚನ ಮತ್ತು ವಿಕಸನ (Data Compression and decompression)
- ದತ್ತಾಂಶಗಳ ದಾಖಲೆ ಮತ್ತು ವಿತರಣೆ (Data Recording and delivery)
- ಕಕ್ಷಾ ನಿರೀಕ್ಷಣೆ (Orbit Prediction)
- ಪಥ ನಿರ್ದೇಶನ

80ರ ದಶಕದ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಉಡಾವಣಾವಾಹನ ಮತ್ತು ಉಪಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಮೋಟರೋಲ 6800 ಮತ್ತು ಇಂಟೆಲ್ 8086 ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂಸ್ಕಾರಕಗಳನ್ನು (ಮೈಕ್ರೋ ಪ್ರೊಸೆಸರ್‌ಗಳನ್ನು), ನಿಮ್ನ ಸ್ತರ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಯಾದ ಅಸೆಂಬ್ಲಿಯನ್ನು ಬಳಸಲಾಯಿತು. ಸರಳತೆಯ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ಅಸೆಂಬ್ಲಿ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಯನ್ನು ಆರಿಸಲಾಯಿತು. 90ರ ದಶಕದಲ್ಲಿ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳ ವಿನ್ಯಾಸದಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸುವ ತರ್ಕ ಇನ್ನೂ ಕ್ಲಿಷ್ಟವಾಯಿತು ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಕ್ರಯಿಸುವ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಭಾರಿ ಇಳಿಕೆಯನ್ನು ಕೋರಲಾಯಿತು. ಹೀಗಾಗಿ ಮೊದಲು ಬಳಸಿದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂಸ್ಕಾರಕಗಳ ಬದಲಾಗಿ ಮೋಟರೋಲ 68000 ಮತ್ತು ಮಿಲಿಟರಿ ಸ್ಟ್ಯಾಂಡರ್ಡ್ 1750 ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂಸ್ಕಾರಕಗಳನ್ನು, ಉಚ್ಛ ಸ್ತರ ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಗಳಾದ ಆಡ (Ada) ಅಥವಾ C ತಂತ್ರಾಂಶ ಭಾಷೆಗಳನ್ನು ಬಳಸಬೇಕಾಯಿತು.

೪.೦ ತಂತ್ರಾಂಶದ ಗುಣಾಶ್ವಾಸನೆ: ಯಾನ ಮತ್ತು ನಿರ್ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶದ ಗುಣಮಟ್ಟದ ಆಶ್ವಾಸನೆಗೆ, ಪಾಲಿಸಬೇಕಾದ ನಿಯಮ(Rules)ಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಸಲಹಾಸೂತ್ರ(Guide lines)ಗಳನ್ನು ಇಸ್ರೊ ಕೆಳಕಂಡ ಪ್ರಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿಕೊಂಡು ಪಾಲಿಸುತ್ತಿದೆ:

ತಂತ್ರಾಂಶ ವಿನ್ಯಾಸ (Software Design) ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಸಲಹಾಸೂತ್ರಗಳು
ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನು ಸಿದ್ಧಪಡಿಸಲು (Coding) ನಿಯಮ ಮತ್ತು ಸಲಹಾಸೂತ್ರಗಳು
ನಾಮಕರಣ ಸಂಪ್ರದಾಯ (Naming Conventions)

ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶದ ಗುಣಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಗಮನವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ತಂತ್ರಾಂಶದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೇ ದೋಷ(Bug or Programming error)ವಿದ್ದಲ್ಲಿ (ದೋಷಗಳಿದ್ದಲ್ಲಿ), ಅಭಿಯಾನವು ಅಸಫಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಡಾವಣಾವಾಹನ (/ಉಪಗ್ರಹ)ವನ್ನು ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಬಿಟ್ಟನಂತರ ದೋಷಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದಿರುವುದೇ

ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ. PSLV ಉಡಾವಣಾವಾಹನದ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶದ ಒಂದು ದೋಷದಿಂದ, ಅಸಫಲತೆ ಕಂಡ ಅಭಿಯಾನದ ಉದಾಹರಣೆ ನೋಡೋಣ. ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಚಿಹ್ನಾಸಹಿತ (Signed) ಅಥವಾ ಚಿಹ್ನಾರಹಿತ (Unsigned)ವಾಗಿ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಆಯ್ಕೆಯ ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಚಿಹ್ನಾಸಹಿತವಾಗಿ ಬಳಸಿದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಧೃವಾತ್ಮಕ ಅಥವಾ ಋಣಾತ್ಮಕ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಚಿಹ್ನಾರಹಿತವಾಗಿ ಬಳಸಿದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಕೇವಲ ಧೃವಾತ್ಮಕ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಪ್ರತಿನಿಧಿಸುತ್ತವೆ. PSLV ಉಡಾವಣಾವಾಹನ ಅಭಿಯಾನದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಆಯ್ಕೆಯು ಚಿಹ್ನಾರಹಿತದ ಬದಲಾಗಿ ಚಿಹ್ನಾಸಹಿತವಾದುದರಿಂದ, ಪ್ರತಿನಿಧಿಸಿದ ಬೆಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಏರು–ಪೇರಾಗಿ, ಅಭಿಯಾನವು ವಿಫಲವಾಯಿತು. ಆದುದರಿಂದ ಯಾನ ತಂತ್ರಾಂಶದ ಗುಣಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಒತ್ತು ಕೊಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

೫.೦ ಉಪಸಂಹಾರ: ಅಂತರಿಕ್ಷ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ತಂತ್ರಾಂಶವನ್ನು ಕೇವಲ ನಿರ್ಯಾನಕ್ಕಲ್ಲದೆ, ಯಾನಕ್ಕೂ ಬಳಸುವಲ್ಲಿ ಇಸ್ರೊ ಸಫಲವಾಗಿದೆ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಾಂಶದ ಗುಣಮಟ್ಟ ಆಶ್ವಾಸನೆಗೆ ತನ್ನದೇ ಆದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಿಕೊಂಡು ಪಾಲಿಸುತ್ತಿದೆ. ಮುಂಬರುವ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಂಸ್ಕಾರಕಗಳನ್ನು ಯಾನಕ್ಕೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಭಾರತದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮವು ಚಂದ್ರನತ್ತ ಸಾಗುತ್ತದೆ.

ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು
ಸೂಕ್ತ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ನೀಡಿದ ಡಾ. ಎಮ್. ಎಸ್. ಸುರೇಶ್ ಮತ್ತು ಶ್ರೀ ಪಿ. ಜೆ. ಭಟ್ ಇವರಿಗೆ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು

ಗ್ರಂಥ ಋಣ

ಆಕಾಶಯುಗದಲ್ಲಿ ಭಾರತ – ಮೂಲ: ಮೋಹನ್ ಸುಂದರ ರಾಜನ್, ಅನುವಾದ: ಜಿ ಎ ನಾರಾಯಣರಾವ್; ಪ್ರಕಾಶನ ವಿಭಾಗ, ಸಮಾಚಾರ ಮತ್ತು ಪ್ರಸಾರ ಮಂತ್ರಿ ಶಾಖೆ, ಭಾರತ ಸರ್ಕಾರ, ಪಾಟಿಯಾಲ ಹೌಸ್, ನವ ದೆಹಲಿ.

ಬಹೂಪಯೋಗಿ ರಾಕೆಟ್ಟುಗಳು – ಎಸ್ ಎ ಗುರುಪ್ರಸಾದ್; ಕನ್ನಡ ಸಾಂಸ್ಕೃತಿಕ ಸಂಘ, ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ವೈಮಾಂತರಿಕ್ಷ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳು, ಬೆಂಗಳೂರು 560 017

ವ್ಯೋಮಗಾಥೆ ಉಪಗ್ರಹ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನಕ್ಕೊಂದು ಬೆಳಕಿಂಡಿ – ಕರ್ನಾಟಕ ರಾಜ್ಯೋತ್ಸವ ಸಮಿತಿ, ಇಸ್ರೊ ಉಪಗ್ರಹ ಕೇಂದ್ರ, ಬೆಂಗಳೂರು 560 017; ಪ್ರಿಸಮ್ ಬುಕ್ಸ್ ಪ್ರೈ. ಲಿ.

+++++