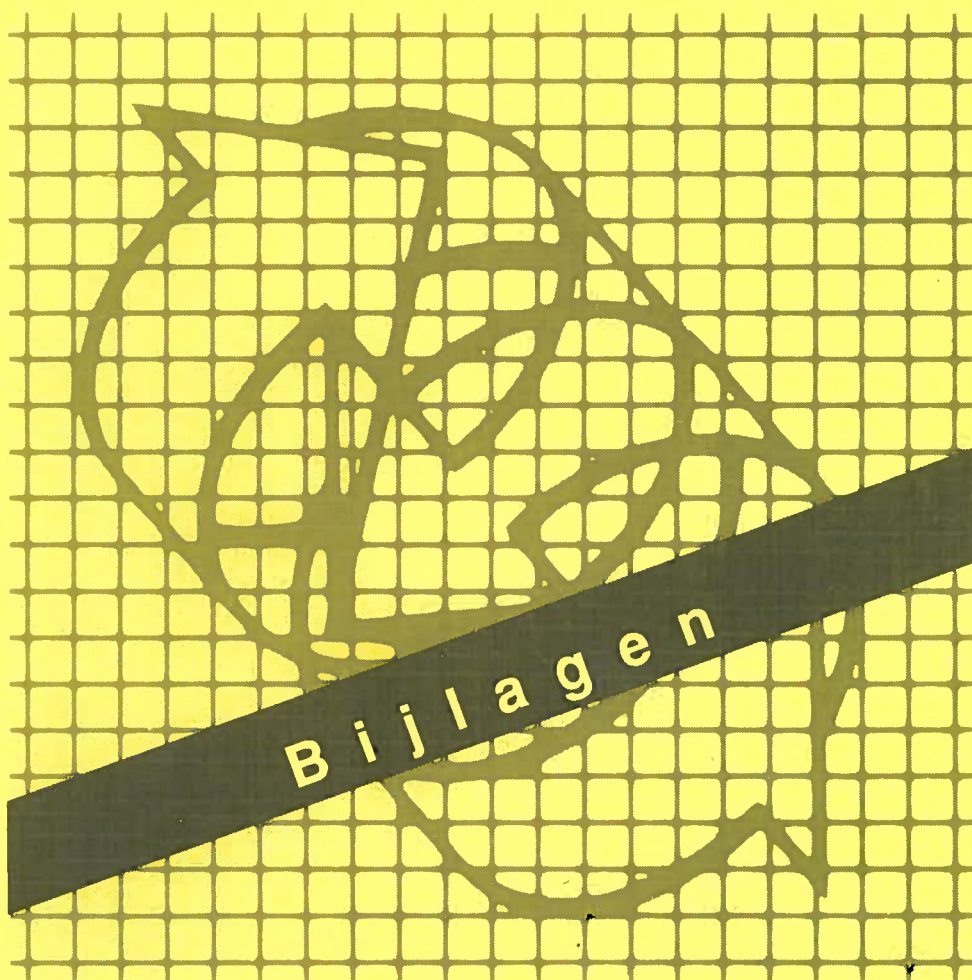


B e l e i d s p l a n
Computervoorzieningen



1988 - 1993

Centrum voor Wiskunde en Informatica



Beleidsplan Computervoorzieningen

1988 - 1993

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Bijlagen

november 1987

bijlage 1: Apparatuursituatie 1987

bijlage 2: Report on Computer Equipments at CWI

bijlage 3: Apparatuur Onderzoeksprojecten en Bibliotheek

bijlage 4: Ontwerp van een integraal netwerk voor het CWI

Apparatuursituatie 1987

Eind 1987 heeft het CWI (naar verwachting) de beschikking over de volgende apparatuur.

A. Algemene voorzieningen

1. minicomputers

- a. 4 x DEC VAX 11/750,
- b. 1 x DEC VAX 11/780
- c. 1 x HARRIS HCX 7

2. Terminals

- a. 30 x Olivetti Blit 5620
- b. 39 x Ampex 230
- c. 63 x Hewlett Packard 2621
- d. 12 x Hewlett Packard 2640
- e. 3 x TAB 132/15

3. randapparatuur

- a. 1 x fototypezetter Harris 7200
- b. 2 x laser printer
- c. 8 x printer Decwriter
- d. 7 x Apple laserwriter

4. werkstations

- a. 2 x SUN 3/50
- b. 3 x SUN 3/60
- c. 4 x SUN 3/75
- d. 2 x fileservers SUN 3/180

B. Specifieke voorzieningen

1. minicomputer

- 1 x Data General MV 4000

2. terminal

- 1 x sigmex graphics 6984-03

3. werkstations

- a. 4 x Whitechapel MG-1
- b. 1 x KWS
- c. 2 x SUN 3/160
- d. 5 x IBM RT 6150

C. Microcomputers

- a. 77 x Macintosh plus
- b. 10 x Olivetti M24
- c. 5 x IBM AT

Toelichting

- A.1.a. Hiervan één - beschikbaar gesteld door DEC - als gateway voor het EUnet (UNIX-netwerk)
- B.1. Voor het project Numerieke bibliotheek in ADA
- B.2. Voor de afdeling Interactieve Systemen
- B.3.a. Voor het Amoeba-project
- B.3.b. Voor het project Numerieke bibliotheek in ADA
- B.3.c. Voor de afdeling Interactieve Systemen
- B.3.d. Beschikbaar gesteld door IBM, waarvan 3 bestemd voor de afdeling Mathematische Besliskunde en 2 voor de afdeling Interactieve Systemen (ACIS 4.2.)
- C.c. Hiervan zijn er 3 beschikbaar gesteld door IBM

Report on Computer Equipments at CWI van R.B.K. Dewar

De Directie van het CWI heeft aan prof. dr. R.B.K. Dewar, verbonden aan het Courant Institute of Mathematical Sciences van New York University, verzocht een onafhankelijk advies uit te brengen over het te voeren beleid met betrekking tot de computervoorzieningen.

Prof. Dewar heeft hiertoe een bezoek aan het CWI gebracht van drie dagen, te weten van 19 tot en met 21 augustus 1987. Zijn bevindingen zijn neergelegd in het navolgende rapport.

Het rapport is binnen het CWI besproken door de diverse organen die beleidsmatig of in de uitvoering bij het computervoorzieningen betrokken zijn, en is algemeen als zeer waardevol ervaren, zowel door de diepgaande analyse van de situatie als door de heldere aanbevelingen.

Gezien de belangrijke rol die dit rapport heeft gespeeld bij het vaststellen van het beleid zoals gegeven in dit Beleidsplan, is het wellicht passend de achtergrond van prof. Dewar nader toe te lichten.

Prof. Dewar is verbonden aan het Courant Institute als Professor of Computer Science, en is Past Chairman van het Computer Science Department aldaar.

Hij geniet internationale bekendheid als informaticadeskundige, onder meer door zijn voormalig voorzitterschap van IFIP WG 2.1 en als de auteur van tal van artikelen op het gebied van programmeertalen en computersystemen. Hij is ook de auteur van verscheidene omvangrijke software-systemen, waaronder de eerste officieel gevalideerde Ada-compiler. Tot zijn huidige functies behoren het lidmaatschap van the Ada Board van AJPO/DoD en van ISO WG9 on Ada.

Op apparatuurgebied heeft prof. Dewar diverse functies vervuld, onder meer als Chairman van het Computer Equipment Acquisitions Committee van het Illinois Institute of Technology, als consultant van de President van Hunter College, New York, met betrekking tot het opzetten van de rekenfaciliteiten, en als uitgenodigd deskundige in the Supercomputer Policy Panel van the Foreign Intelligence Advisory Board van de president van de V.S. Thans is hij lid van het Computing Requirements Committee van het Courant Institute, dat tot taak heeft het beleid te voeren aangaande de acquisitie van rekenapparatuur, en van het University-wide Committee on Computing Facilities van NYU.

Prof. Dewar was ook betrokken bij de "Snowbird meetings", waaruit het bekende Snowbird Report is voortgekomen met als onderwerp de behoefte aan apparatuurvoorzieningen bij de informatica-afdelingen aan de Amerikaanse universiteiten .

Report on Computer Equipment Requirements at CWI

Robert B. K. Dewar, 21 Aug 1987

Meetings

Prof. Dr. P.C Baayen, Scientific Director
Ing. J.N. Akkerhuis, E.P. Gronke, B.A. and Prof. L. Meertens,
Computer Systems and Telematics
Dr. S.J. Mullender, Algorithmics and Architecture
Prof. Dr. R.D. Gill, Mathematical Statistics
Prof. Dr. P. Klint, Software Technology
Drs. F. Bakker and Dr. J.C.P. Bus, Technical and Administrative Support
Drs. F. Bakker and Drs. H. Noot, Office and Library Automation
Prof. Dr. M. Hazewinkel, Pure Mathematics
S. Pemberton, Algorithmics and Architecture
Dr. H.J.J. te Riele, Numerical Mathematics
Drs. P.J.W ten Hagen and Drs. A.A.M. Kuijk, Interactive Systems
Drs. B.J.B.M. Lageweg, Prof. Dr. J.K. Lenstra and Drs. M.W.P Savelsbergh,
Operations Research and Systems Theory
Ir. T. Schipper, Director of SARA
Prof. Dr. P.C Baayen, Scientific Director (summing up)

General Observations

CWI considers itself to be in the forefront of research institutions in the Mathematical Sciences and Computer Science. Certainly its scientific work has an international reputation, and by any objective measures, CWI is indeed in the first rank of research institutions.

It is clear that to maintain this rank and ensure and extend the continued quality of the research at CWI, it is important to be appropriately equipped. No department of Chemistry or Physics could hope to remain in the first rank if it was inadequately equipped. Indeed, given CWI's pragmatic interests in Computer Science, backed up by scientists and programmers with impressive engineering skills and the importance of and interest in industrial contacts, a level of equipment support that is merely adequate is not sufficient. CWI should strive to be a center of excellence in terms of the working environment it presents to its research scientists.

Unfortunately, at least in some areas, the level of equipment is far below even the adequate level. This lack is evident to anyone visiting CWI, and certainly it is painfully apparent to many of the CWI scientists.

In this report, I attempt to outline the current situation and to make recommendations to remedy it. Naturally, a major requirement is simply to make additional resources available. However, this is not the only issue; there are also management questions which must be effectively addressed. Simply pouring money or equipment into the situation will not necessarily help if the structure is not adequate to absorb the added resources. On the other hand, no amount of skillful management can make up for a basic lack of resources!

I would like to thank everyone who contributed their time to meeting with me and sharing their thoughts on the situation. As always the task of an outside consultant is largely to listen to what is being said by those who have lived with the situation day in and day out for years. One cannot hope to capture the full subtleties of the requirements in a single three day visit, but with the help of those I met, I think I have been able to synthesize a coherent picture, aided in part by my similar experiences at the Courant Institute, which is in many respects comparable to CWI (housing also Mathematics and Computer Science in one institute) and where we have faced similar questions.

Equipment Acquisition Policy and Procedures

There seems to be no effective coordination of the acquisition of equipment beyond the budget process, which is itself, presumably primarily because of the structure outside the CWI, somewhat haphazard.

At the budget level, there does not seem to be an adequate distinction between the basic infrastructure requirements and special equipment needs. Since people and equipment are funded by rather different paths, there is no way to coordinate equipment needs with research proposals. Several people complained that they could propose a research project and get it approved, only to find that critical equipment required for the project could not be acquired. Obviously one cannot afford to fund arbitrary research with arbitrary equipment requirements, but the decision whether or not to fund a given research project should take into account the equipment needs in a systematic manner.

Equipment is also acquired from external grants, which often require a 50% matching contribution from CWI, or by donations. The donations are often in fact NOT donations at all, but payment for services in the form of equipment. It is important to have a mechanism to consider the costs of accepting grants or gifts of this type. Such grants and gifts are by no means free for CWI, and accepting them may result in heavy costs. Deals which trade people time for equipment are particularly risky, and in the worst case can end up being a mechanism for unwarranted subsidy of industry at CWI's expense.

Even a completely "free" gift of equipment with no strings attached can carry a heavy price in terms of support. The CST department already feels and is perceived by those outside to be overcommitted. It is important that the support impact in terms of maintenance, space and

people usage is taken into account in deciding what equipment to acquire by whatever means.

RECOMMENDATION: A committee should be established to monitor equipment acquisitions. This committee on the one hand must be sufficiently high level that its recommendations can carry some weight in the hierarchy, and on the other hand must have enough technical strength to understand the technical implications of support requirements. All computing equipment acquisition should be approved by this committee. Of course, in practice there will be a decision that certain compatible low level equipment (e.g. Mac's) do not need individual approval. Whether or not given requests are improved is of course not purely a technical decision. If some important member of the research community is set on acquiring some particular piece of equipment, and the related research is perceived as sufficiently important, then the acquisition might well be approved, even though it has substantial support requirements. However, it can certainly be anticipated that some requests might be turned down on this basis, even where there is strong interest.

The fact that there is a shortage of computing facilities in many departments certainly aggravates the situation and makes this kind of monitoring even more important. It is harder to say no to inappropriate equipment when there is a strong need to upgrade the facilities.

Support for Computer Science Activities

The general shape of computing support for Computer Sciences has undergone a radical transformation in the last few years. The United States leads the way for several reasons:

- (a) Equipment costs in the US are approximately half what they are here. The lack of an effective European computer industry is an unfortunate liability in this respect -- virtually all the equipment that might be considered for acquisition is manufactured by US companies.
- (b) The US tax and investment laws are more favourable in their treatment of donations of equipment to universities and non-profit groups. At one point Hewlett Packard estimated that its return on investment from donations exceeded the ROI from sales!
- (c) The Department of Defence (DARPA) and Department of Energy have been very active in funding basic research in Computer Science, including lavish funding for equipment acquisition at a few top level institutions.

These developments have combined to make practical the widespread acquisition of powerful work stations which are ideal for most computer science research computing needs. These powerful work stations, typified by the Sun, have the processing power of 2-3 VAX class

machines, and have a large bit-mapped screen making possible a flexible user interface. In one situation after another in the US, the experience is that once computer scientists have access to equipment of this type, the mere thought of going back to shared use of mainframes is inconceivable. The gain in productivity from the switch to work stations is so evident and dramatic that it is really no longer a question of whether everyone should have work stations, but how to achieve this goal.

At this stage in computer science, with rare exceptions, network connections to mainframes and even to supercomputers of the Cray class are simply irrelevant. The typical computer scientist has no problems which can be solved better on a Cyber 205 than a Sun, and is likely to have a range of problems for which the user interface given by a terminal to such a large machine is simply totally inadequate. Of course, there are areas where such support is vital, but mainstream computer science, as typified by the research in the Software Technology, Algorithmics and Architecture and Interactive Systems departments, cannot make any effective use of such facilities.

It is possible to simulate the desirable environments to some extent using VAX class machines, but in practice these machines are very limited in terms of computing power and quickly get overloaded to the point where using them becomes a tedious annoyance, and furthermore the typical interface provided by a small screen terminal is simply inadequate.

The work station environment has a number of aspects which also are a major influence in the development of computer science research:

- An emerging set of standards, including BSD Unix 4.x, Ethernet, TCP/IP, NFS and Postscript for printing, create a highly uniform environment which is conducive to the exchange of work between researchers in different institutions as well as within a single institution.
- The use of networks to connect the work stations, and the wide area networking of separate sites is creating an electronic community in which researchers all over the world can communicate with an ease never before realized.
- The significant increase in the number of cycles available has encouraged work that previously would not have been practical. The widespread use of high level languages such as LISP is one example of this effect.
- The availability of tools, environments, and sufficient processing power for high quality document preparation has assisted in rapid dissemination of printed material of typeset or near typeset quality.

RECOMMENDATION: CWI establish as a goal an environment in which every computer science researcher who wants one has a personal work station of Sun-3 or Microvax class. A realistic timetable for achieving this goal should be worked out and every attempt made to stick to it.

The importance of this cannot be overemphasized. The acquisition of Sun-3 work stations for every scientist in the institute would still leave CWI far behind the level of competing with such institutions as Stanford, MIT, Carnegie Mellon, Yale etc. The network of work stations represents only the infrastructure basis from which an environment must be built. It should be regarded as part of the basic capitalized expense of research facilities in computer science, just as laboratory benches are required by experimental chemists. It is also important to note that it is quite infeasible to share work stations. If two people share one work station, they will quickly get into the state of feeling that they can only get things done half the time. Nearly every university and research department in the US has gone through the transitional period of trying such sharing and it simply does not work. In a sense you cannot go down the work station route unless you are prepared to envisage the ultimate situation in which everyone doing anything with computers has one of their own.

If the financial resources simply cannot bear this conclusion, then there are a number of possible approaches:

- Supply work stations selectively to those research groups which need them most urgently, but be prepared to do it on a basis of properly supplying these groups at the appropriate level.
- Consider the possibility of making use of less capable machines. Even the Mac can accomplish some of the needed goals, albeit on a very limited basis. The noticeable penetration of Mac's on the desks of researchers can be seen as an experiment in this direction, and the general conclusion seems to be that although Mac's are indeed useful, they cannot substitute adequately for work stations in most projects. On the other hand, the new Mac II might possibly be of significant interest.

In deciding what path to follow here it is important to remember that the benefits of using work stations are NOT ONLY in the number of cycles made available, but also in creating a common environment with the rest of the world-wide research community. This is of particular importance to CWI considering that it has in the past been successful in attracting high level visitors. In the computer science research community, visiting scientists are liable to expect a high level of computing support which conforms to the general work station environment standards. It will be harder and harder to attract visitors if this need is not met.

Support Needs

Assuming that the work station model is adopted as the computing infrastructure basis for computer science research at CWI, the support issue becomes of critical importance. In the best case all work stations would be an identical model to minimize maintenance. Even in this case, the level of user support required is high. As users become more sophisticated, the required level of support does not drop, it increases, because people want to do things which they know can be done, and are being done elsewhere. A typical request becomes something like "How come we can't upload XYZ's improved version of 12 point Computer Modern to the Laserwriter? I got the stuff from XYZ, but it doesn't seem to run with version zzz of NFS." There are several models for handling such support:

- Expect CST to handle this support. This requires a substantial increase in the CST staffing levels, and even so is a recipe for swamping CST with "fire fighting" type maintenance to the extent that it is unlikely to be able to fulfill its research and development responsibilities.
- Expect each research group to develop their own expertise and "gurus" so that they handle most such questions themselves.
- Develop the Technical Support department to the point where it can effectively handle a lot of the front line maintenance. It is unclear to me whether or not Technical Support is supposed to be able to handle such support, but in any case it seems clear to most researchers here that in practice they do not have this expertise. Whether this is a reality or an incorrect perception, it requires adjustments.

One or some combination of these approaches is mandatory. Our experience at Courant was that when the first 30 Suns arrived, the level of satisfaction with the situation went down precipitously because no one could get the support they needed to get the Suns working properly for them. Now we had a much worse support situation than CWI's current one, but nevertheless some planning and expenditure of resources is necessary to properly support a work station network.

Specialized Equipment

Despite the obvious advantages of standardization, it will in fact prove impossible to require that all equipment adhere to the standards. There are two influences at work in particular:

- Some research projects require equipment which may be totally non-standard, where the non-standardness is of the essence. In the worst case (from a support point of view), such equipment may not even adhere to interface standards, and may require special networking support etc.

- In some departments, notably Interactive Systems, there is a perceived need for variety of equipment for its own sake, to ensure that developed systems run on a variety of machines. The extent to which this desire can be met is of course a matter of negotiation, but it is unlikely and undesirable that this need could be completely ignored.

Both these influences can enormously complicate the support requirement. Even where the research group knows what it is doing and can maintain the systems, there will be interactions like: "Hey, we are putting absolutely standard TCP/IP packages on the Ethernet and the network is responding with junk packages, what's going on? (copies of output from our hardware network monitor are attached.)" In some cases it may be possible to completely isolate specialized equipment, but this is unlikely. These days interconnection is the key to making best use of a wide variety of equipment.

Of course, considerations of this type are very much the concern of the computer acquisitions committee discussed earlier, but it is a mistake to think that extra support requirements can be avoided by this approach. There is no question but that the support requirements will expand very rapidly.

RECOMMENDATION: A long term plan should be established for meeting the projected support requirements. This should include a clear definition of who is expected to do what, what personnel additions are required, and how the budgetary implications should be handled.

This section should not be taken as somehow recommending against the acquisition of specialized equipment. For many research projects, such special equipment is absolutely essential. A good example is the Amoeba project, where the machines are not only non-standard, but speak non-standard protocol on an Ethernet. This is a worst case from a support point of view, but the expertise exists to minimize the impact and in any case if you want to do this research, you simply have to have the required equipment.

Hardware Maintenance

Currently CWI carries maintenance on the Suns that it has. If a really large network of work stations is acquired, it quickly becomes prohibitively expensive to maintain service contracts for individual work stations. Instead the following kind of support approach is attractive:

- Acquire (at least) one person with expertise in hardware maintenance. I do not know if CWI currently has such a person or not.
- Carry a basic supply of spare parts for the work stations in common use.

- Carry at least one completely spare unit.
- Meet basic maintenance needs by either swapping boards or swapping with the spare unit.
- Pay for maintenance and repair as needed of failed components and units.
- Apportion the costs of this maintenance in an appropriate manner as part of the cost of maintaining work stations.

Networking and Interconnection

As mentioned in the previous section, interconnection and networking are key elements in the development of an appropriate computing environment. It can only be regarded as an unfortunate mistake that the building was not fully wired for an advanced network when it was built. This mistake must be rectified at this stage.

RECOMMENDATION: A plan should be drawn up for the complete wiring of the institute. In general terms, it is likely that the appropriate topology is a series of Ethernet loops, with a backbone which could be either Ethernet or conceivably Token Ring. In any case, CST has the expertise to do the necessary analysis of the required layout. The physical implications of the wiring must also be addressed (they appear formidable, given the construction of the institute, which will require bricks to be broken in many walls). The consideration of the networking approach should include the issue of how best to integrate Mac's and PC's into the network (the CENTRAM TOPS approach is clearly one to consider, made more attractive recently by Suns acquisition of CENTRAM).

RECOMMENDATION: The networking plan created by this study should be funded and implemented as a high priority capital improvement project.

The reason for the high priority here is apparent. You can certainly put in a network before you get work stations, but you simply cannot operate in the reverse order. We ran into some extraordinary problems at the Courant Institute with having to shuffle people between offices, and in one case we had 15 Suns sitting unpacked (beyond their 90 day guarantee period), because the relatively small amount of money to extend the Ethernet wiring came from another source and approval was delayed. In another case, Suns sat idle because the necessary network interface boxes were back ordered.

Disposition of the VAXes

Currently CWI has five VAXes, a 780 and three 750's (not counting the network gateway VAX 750). As time goes on the maintenance on these machines becomes harder to justify. In particular, the 750 is of very limited capability at this stage, and it seems reasonable to assume that the 750's should be retired as work station availability increases. The 780 perhaps may be justified for a longer period, if nothing else it provides extra disk space (one model is to move disks from the 750's and junk the 750 CPU's). However, the 780 also will soon be obsolete in this environment. One question to address is how long to keep these machines. I assume that CWI is NOT in a position to sell these machines, otherwise the other issue that arises is whether to sell them while they still have some value.

Text Processing

CWI has a long history of interest and investment in high quality text preparation. Indeed, in 1980 the acquisition of a phototypesetter put CWI well ahead of developments in other comparable institutions in this area.

During the last seven years, the rest of the world has certainly woken up to the importance of this concern, and leading computer science research laboratories in the states typically spend a substantial amount of their resources supporting document preparation systems. At this stage TROFF and TeX have evolved as (not necessarily cooperating) standards in the area, and the requirement for supporting these two systems is in practice unavoidable. CWI currently uses TROFF extensively, and has managed to integrate the Mac's with this environment with some success. TeX is just beginning to appear, and it is clearly desirable to expend the necessary effort to smoothly integrate TeX into the network environment. In particular, the usability of Mac-TeX is of considerable interest, and this may be a path to the use of Mac's for more sophisticated document preparation.

RECOMMENDATION: CWI should actively investigate the replacement of the existing typesetter with a Postscript compatible typesetter. As mentioned previously, Postscript is an emerging standard, and is the appropriate way to go for "do-it-yourself" phototypesetting. The enormous advantage of PS compatibility is that documents can be drafted on Laser Writers, and the ONLY difference in the phototypesetter output is the resolution. This cuts down phototypesetter usage in two ways. First, only "correct" output gets sent to the typesetter, and second, it only need be used where really high resolution is required.

Other Office Automation Projects

The library automation project apparently is a substantial one which has developed over a considerable period of time. The attempt to create very flexible cataloguing interfaces is of general interest. However, from the point of view of CWI's own needs, the utility of this project, even if completely successful, seems limited. It is certainly desirable to be able to continue this interesting project, but it is important that this not be at the expense of more important goals like the more complete support of text processing systems and applications.

The development of a data base system using INGRES on a VAX is an expensive proposition for the relatively small databases involved. I am a little surprised that the necessary resources for taking this approach can be justified. Certainly these requirements could be met using commodity software on PC class machines. Has this alternative been considered? As time goes on, continued maintenance of the VAXes will be relatively more and more expensive so this should be considered as part of the long term costs.

I should say that both these areas are certainly not my main concern in this visit. However, the fact that all equipment needs are discussed as a single united entity means that the expenditure of resources throughout the institute must be effectively balanced. What I would recommend is that the needs and resources in this area be reviewed to make sure that they are being deployed in the most effective manner.

Numerical Mathematics

The Numerical Mathematics department stands out as the only department which is satisfied with the level of computing support. This of course is a result of the excellent service provided by SARA to this group. The Numerical Mathematics department is essentially the only user of SARA, as might be expected, since, as discussed previously, the specialized facilities of SARA are not of general interest at CWI.

Currently the department is using 10-20 hours of Cyber mainframe time and about 4 hours of Cyber 205 time. The Cyber 205 (vector supercomputer) time is of course a highly specialized resource. It is neither practical nor desirable to consider meeting this need by any other method than remote access to a machine of this class.

Although it is not the case that this department could do all their work on work stations, it is nevertheless a common trend in the US for numerical researchers to move at least part of their work to work stations, which are valuable as program development environments, and for the development of more elaborate user interfaces.

RECOMMENDATION: At least one high performance numeric capable work station (e.g. Sun-3 with FPA, or even a Sun-4) be obtained to allow investigation of the extent to which some applications might better be served by WS technology.

It is not the case that this would lead to moving all work from SARA by any means. In fact, the opposite effect might occur, since the integration of work stations often increases the scope of problems which can be effectively addressed.

Ada Work on the Data General Machine

Currently Ada work is being done on a Data General machine using the DG (Rolm) compiler. I did not talk to those doing this research, but I found it a little surprising, since (as someone deeply involved in Ada), I cannot imagine someone preferring the DG implementation to alternatives which could be inexpensively considered (Dec Ada on the VAX, Alsys or Verdix Ada on the Sun, all of which have much better environments). Of course, at the time the DG was the only game in town, but the picture has changed.

Part of raising this kind of question is of course always aimed at reducing the support costs. One less kind of machine around represents one less support requirement.

Acquisition of a Parallel Machine

The Numerical Mathematics group is interested in the important area of numerical applications on non-vector oriented parallel machines. This interest should certainly be encouraged. One possible approach, which this department is considering is the acquisition of a parallel machine, possibly an N-Cube. Such an acquisition is problematical in my view for a number of reasons:

- There is a large variety in parallel machine architecture design (MIMD vs SIMD, global vs local memory, fine grain vs coarse grain, programmable vs fixed application, large instructions vs small etc.) Development of numerical algorithms for such machines is very much architecture dependent. Acquiring one particular machine may bias research work in a non-optimal direction.
- The business of actually getting things running on such a machine absorbs a large amount of research time that might be better spent on considering the general problems.
- The support implications are significant. It is likely for example that an N-Cube would absorb 1-2 full time equivalent persons to get it up and keep it running, and to interface it with the rest of the world.

Of course, at such time as a well worked-out directed research program finds that it NEEDS a particular machine to move forward, then the acquisition of such a machine is considered in relation to the value of the proposed research like any other specialized equipment acquisition. From what I understand, the interests of the Numerical Mathematics department are not at this stage yet. It would seem to me that a lot of preparatory work in the form of visits to sites using various machines, use of these machines via networks, and use of simulators should precede hardware acquisition.

I should say that this is one of the few cases in this report where I presume to any extent at all to suggest appropriate research directions. In practice the consideration of such an acquisition is exactly the sort of thing that should be handled by the acquisitions committee. It is exactly the sort of question which needs this kind of consideration. It may be that there are aspects which I am not aware of, but if my general analysis is correct, this may be an example of the kind of case in which this committee should say no to spending money on, or even accepting a free donation of, such equipment.

Mathematical Statistics

The needs of this department can probably best be met by work stations. The perceived and actual needs are much less urgent than the main stream computer science areas, so a phased implementation of work stations would address the needs of this department later on. It is also quite possible that the needs could effectively be met by Mac II's.

Pure Mathematics

The use of computers by this group is at an impressively high level. There is no doubt that if this group were equipped with work stations they would be able to make interesting use of them in such areas as specialized text processing for mathematics, and symbolic calculations. This certainly could NOT be said of many comparable groups elsewhere, and is undoubtedly a beneficial effect of the cultural environment at the institute. Many of these applications can be done on a smaller scale on less capable machines, and this is another case in which the use of Mac II's may prove particularly attractive.

Operations Research and System Theory

The great majority of the needs of this department would be served well by work stations as previously discussed. The current wishes are for work stations at a level of one for each two researchers. As I have noted before, I think this is wishful thinking. Once you get to this level, you will undoubtedly find that everyone absolutely needs their own work station, so the level of one between two is only a transitional level, and long term plans should think in terms of

one work station for each computer user.

Relation to SARA

As discussed in relation to the Numerical Mathematics department, the SARA facilities play an important but limited role in the CWI research. It is clear that CWI should maintain a significant presence in the numerical mathematics area, and it is equally clear that to do so, access to a top level computer center with state of the art numerical mainframes and supercomputers is essential.

On the other hand, it is important to realize that SARA cannot and does not play any significant role in the support of computer science research. There are some limited areas of computer science research, not currently represented at CWI, which might make some use of the 205, for example the development of algorithms for compiling for vector machines. However, this is a fairly well "mined" area at this stage, and in any case there is no particular need for access to a particular supercomputer to pursue it. Such machines are fundamentally production oriented machines, and computer science is not in the business of production computing.

The provision of world class facilities for numerical computing is certainly desirable, but it is hard not to get the feeling that it is being done partly at the expense of supporting the very important central areas of computer science. An allocation of resources which shortchanges these central areas is short-sighted and has damaging consequences to the continued viability of the institute's contributions in these areas.

A final note is that the acquisition of an IBM 3090 by SARA, although undoubtedly of interest and importance to other users of SARA, has no applicability whatsoever to the research at CWI. Like any large mainframe, it is not of interest to computer scientists, and as a numerical machine it is not attractive compared to the Cybers. It is important that it be realized that this new machine can not in any sense increase the computing capability available to CWI, even if it were made freely available.

General Conclusions

In some areas, most strikingly in the support for Computer Science research, the level of equipment at CWI has fallen far below what is adequate. To remain in the international forefront of Mathematics and Computer Science research CWI's investment level in computing resources needs to be substantially increased. From what I have seen and heard, I estimate that the budget will probably need to be at least doubled.

For maintaining a competitive position in Computer Science research every researcher engaged in computer science should be offered the opportunity to use a personal work station of Sun-3 or Microvax class. A similar objective applies to much of the Mathematics research, but the urgency there is generally less high and must be justified from particular needs of the research project.

To acquire the financial resources to meet this goal may not be easy. With the rapidly falling prices it may be tempting to wait a year or two before starting to realize this type of environment. This would however be misguided. It is true that today's equipment will probably be available in a few years' time at much lower prices. However, the point is that by that time it will no longer be state of the art equipment, and therefore not suitable for the computer science research of tomorrow. Failure to act now only means that CWI will fall further and further behind comparable institutions. Also, delay in working towards this goal will inevitably mean that stop gap measures must be taken which consume resources that cannot be spent then for the realization of this goal, postponing it even further.

High priority must be given to drawing up and implementing a complete networking plan for the institute. Piecemeal or second-grade realization only means that in the long run higher costs are incurred than necessary, and that in the short run networking inadequacies will be a source of continual problems.

To ensure cost-effective continued management of the computing resources the implementation of several policy measures is desirable:

- Create a way to relate the decision to fund a project at the staffing level with the funding of the equipment it requires.
- Establish an acquisitions committee for considering all proposed computing equipment acquisition.
- On a short term, decide how increased regular support needs in a work station environment will be met.
- Make a realistic long term projection of support requirements for specialized equipment, and draw up a plan for meeting them.
- Strive towards continued adoption of emerging standards, such as NSF and Postscript, to create a uniform environment which minimizes support requirements.

Robert B. K. Dewar

APPARATUUR ONDERZOEKSPROJECTEN EN BIBLIOTHEEK

Deze bijlage bevat de concrete apparatuurwensen ontvangen van de volgende onderzoeksgroepen en de bibliotheek.

1. Parallele Numerieke Algoritmen

Gezien de prille staat van het onderzoek van numerieke algoritmen op parallelle machines is het lastig om concrete eisen met betrekking tot apparatuur te formuleren. Zelfs een expert als Dongarra (Scientific Director of Argonne's Advanced Computing Research Facility met drie shared memory parallelle machines (Alliant, Sequent, Encore) en twee local memory hypercubes (Intel iPSC-VX/d5, Intel iPSC/d4 with vectorprocessing nodes)) geeft geen antwoord op de vraag wat voor numerieke berekeningen de meest geschikte parallelle machine is. Wel is duidelijk dat shared memory machines voor een grotere klasse van numerieke algoritmen geschikt zijn dan local memory machines. Daar staat tegenover, dat parallelle machines met een shared memory duurder zijn dan die met een local memory. Wat programmatuur betreft is een goede programmeertaal als Fortran 77 (evt. met Fortran 8X features) een basiseis.

Het is van groot belang om zowel grof- als fijnkorrelig parallellisme in numerieke algoritmen te kunnen onderzoeken. Grofkorrelig parallellisme zou kunnen worden onderzocht aan de hand van de processorpool waarvoor plannen klaar liggen in het kader van het onderzoek aan Gespreide Besturingssystemen (Amoeba). Voor onderzoek van fijnkorrelig parallellisme zou men graag over een general-purpose machine beschikken. Een dergelijke machine lijkt echter niet eerder dan in 1990 of 1991 gerealiseerd te worden. Voor het onderzoek aan parallelle numerieke algoritmen is het dringend gewenst al in 1988 over een parallelle faciliteit te beschikken wil het onderzoek geen verdere vertragingen oplopen en de achterstand op het buitenland niet groter worden.

Een in vele opzichten aantrekkelijke tussenvorm lijkt een kleine 4-processor versie van de zojuist gelanceerde tweede generatie iPSCX-hypercube van Intel. De communicatiemogelijkheden tussen de verschillende processoren zijn zodanig verbeterd dat deze machine geschikt lijkt voor onderzoek van zowel grof- als fijnkorrelig parallellisme in numerieke algoritmen. Een eerste generatie versie van dit apparaat is al aanwezig op vele plaatsen in het buitenland (o.a. GMD te Bonn, CMI te Bergen, Noorwegen), en de aanwezigheid op het CWI van een tweede generatie iPSC-hypercube vergroot zeker de mogelijkheden voor internationale samenwerking.

Concrete wensen

Direct noodzakelijk is een Intel iPSC-2 Hypercube met 4 vector-nodes, inclusief software. Deze configuratie kan model staan voor een grote klasse van hypercube-achtige machines, en biedt daarom goede mogelijkheden voor onderzoek dat aansluit op soortgelijk onderzoek elders. De verbeterde communicatiemogelijkheden bieden de gelegenheid om zowel grof- als fijnkorrelig parallellisme op deze machine te onderzoeken.

(Op zeer korte termijn zal een programma worden aangeschaft waarmee de iPSC Hypercube kan worden gesimuleerd, bv. op de Cyber 990 van SARA of een van de CWI-VAX computers).

Op langere termijn is een goed werkend shared memory parallel systeem met tenminste 8 processoren zeer wenselijk. De voor het Amoeba-project geplande processorpool lijkt hierbij aan te sluiten. Daarnaast bieden parallelle machines met een reconfigureerbare communicatiestructuur interessante mogelijkheden voor onderzoek van fijnkorrelig parallellisme. Het 'general-purpose' karakter maakt dit soort apparatuur tot een interessante kandidaat voor investering in parallelle apparatuur op wat langere termijn (2 à 3 jaar).

2. Analyse en Reconstructie van Beelden

Het onderzoek zal zich concentreren op de twee nauw verwante gebieden *reconstructie* (terugtransformaties in bijvoorbeeld computertomografie) en *kwantitatieve analyse* (metingen en klassificaties) en zal op den duur twee enigszins verschillende computerconfiguraties vereisen. De invoer van beelden zal voornamelijk verzorgd worden door onderzoekers in het toepassingsgebied met de daarvoor speciale invoerapparatuur. Op het CWI zal een eenvoudig apparaat noodzakelijk zijn waarmee monochrome foto's kunnen worden gedigitaliseerd. Het is echter van groot belang om over hoogwaardige uitvoermogelijkheden te beschikken en over netwerkverbindingen (nationaal en internationaal).

Korte termijn

Twee grote werkstations met floating point accelerator en met grote capaciteit voor opslag van gegevens; video-invoer apparaat (frame grabber); software (TIPS, HIPS, VISIX, VISILOG).

Middellange termijn

Ethernet netwerk van werkstations, 6 kleinere werkstations, 50 Mbyte schijfcapaciteit per knooppunt, software; waarschijnlijk een permanente (netwerk)verbinding met onderzoekers in het toepassingsgebied.

Lange termijn

Het deelproject dat zich met reconstructie gaat bezighouden zal een krachtiger systeem nodig hebben om de grote hoeveelheden data te kunnen behandelen die in de medische en seismische reconstructieproblemen voorkomen. Hetzelfde geldt als men drie- of vierdimensionale beelden wil bestuderen. Hierbij kan men ook denken aan parallelle processoren. Voor uitvoer van de gegevens zal een goede frame buffer vereist zijn, bijvoorbeeld een PIXAR machine.

3. Artificial Intelligence

Gezien de zeer snelle veranderingen in de markt voor computers en werkstations volstaan wij hier met een opsomming van de eisen waaraan de gevraagde apparatuur dient te voldoen. Het ligt voor de hand om bij de uiteindelijke selectie van deze apparatuur vooral te kijken naar zeer krachtige werkstations die - naast grafische faciliteiten en aansluitingsmogelijkheden in een lokaal netwerk - gebaseerd zijn op, bijvoorbeeld, een RISC architectuur of op speciaal voor de verwerking van LISP of PROLOG ontworpen architecturen. De meer specifieke eisen zijn:

- Bedrijfssysteem: onder andere UNIX
- Mogelijkheid tot aansluiting op een local area netwerk met Ethernet Interfaces (TCP/IP protocol) en een gedistribueerd filesysteem (NFS).
- Locale diskruimte per workstation minimaal 300 Mbyte.
- Intern werkgeheugen per workstation minimaal 16 Mbyte
- Klokfrequentie van CPU minimaal 16 MHz.
- Bitmap display van voldoende omvang en resolutie (implementatie van X-windows is vereist).
- Programmeertalen: PROLOG, COMMON LISP, SMALLTALK en POOL-X.
- Hulpmiddelen die de ontwikkeling van programmatuur in deze talen ondersteunen.

4. Amoeba (Architecturen)

De benodigde voorzieningen zijn werkstations, speciale servers en netwerkverbindingen. De werkstations moeten beschikken over een krachtige processor, enkele Mbyte geheugen, en een netwerk interface, een bit-mapped display, een toetsenbord en een muis. Een aantal werkstations heeft een lokale harde schijf nodig als cache om de performance te bestuderen van een fileserver, die lokale kopieën van files bijhoudt. Voor de systeemprogrammeurs is de harde schijf ook nuttig voor het opstarten van het systeem.

Een realistische produktieversie van Amoeba zou uit 20 werkstations moeten bestaan, die worden ondersteund door twee fileservers. We onderscheiden twee soorten gebruikers van Amoeba met enigszins verschillende eisen: de onderzoeksgroep Amoeba die ongeveer 1,5 werkstations per medewerker nodig heeft, en de andere onderzoeksgroepen die één (of iets minder dan één) workstation per medewerker nodig hebben.

Per medewerker is tenminste 50 Mbyte diskruimte nodig. Dit is het dubbele van wat een medewerker nu gemiddeld heeft, maar de behoefte eraan groeit als de computer meer gebruikt wordt voor het dagelijkse werk. We nemen aan, dat de gebruikers onderzoekers zijn die voornamelijk met programma-ontwikkeling bezig zijn.

Voor de Amoeba groep zelf is gemiddeld 100 Mbyte per persoon nodig, zodat experimenten kunnen worden uitgevoerd met caching en fout-tolerante fileservers

Om een fout tolerant filesystem te bouwen, moet iedere file op meerdere plaatsen beschikbaar zijn. Niet iedere file hoeft gerepliceerd te worden, alleen files, die essentieel zijn voor het gebruik of files die door veel mensen gebruikt worden.

We hebben echter twee productie fileservers nodig met een opslag capaciteit van 1.25 Gbytes (25 gebruikers met ieder 50 Mb). Voor experimenten met ontwerpen van nieuwe filesystem willen we wat van de opslag capaciteit van de werkstations gebruiken als een cache voor de fileservers.

Voor de overige diensten zal de aanwezige UNIX-apparatuur worden gebruikt. De multiprocessor bestaat uit 5 symmetrische processoren ieder met 4 tot 16 Mbyte, verbonden door een Ethernet of een 80 Mbps taken ring.

Overzicht apparatuur:

20 werkstations met schijf

2 multiprocessoren (5 processoren, 16 Mbyte geheugen)

1 processorpool (10 processoren, netwerk voorzieningen)

3 fileserver (processor, disk controler, 4 disk drives met 300 Mbyte)

5. DAISY (Architecturen)

Als onderdeel van het PRISMA project wordt een multi-computer systeem ontworpen. Deze machine bestaat uit 64 microprocessoren, elk uitgerust met 16 Megabyte geheugen, en elk voorzien van een communicatie processor. Het betreft een prototype opstelling die toegesneden is op de software eisen binnen dit project. De totale investeringskosten worden geraamd op 2.0 Mf. Uit oogpunt van beheersbaarheid en efficiënt gebruik is het niet gewenst een identieke configuratie te gebruiken voor het database machine onderzoek aan het CWI na 1990. Het is beter een meer algemeen inzetbare multi-computer te gebruiken. Gezien de snelle hardware ontwikkelingen is het voorhands onmogelijk een nauwkeurige specificatie te geven van het beoogde systeem. We volstaan met de randvoorwaarden waaraan deze moet voldoen.

Multicomputer

Centraal thema in het database onderzoek is het benutten van parallele verwerking.

Hiervoor is een multi-computer nodig waarmee schalingsproblemen kunnen worden bestuurd. Dit vereist een multi-computer met tenminste 16 processoren.

Primair geheugensysteem

Uit oogpunt van performance is het gewenst de componenten in de multicomputer uit te rusten met elk 32 Megabyte. Dit voorkomt o.a. dat parallele verwerking niet nadelig wordt beïnvloed door een te complexe en te trage geheugen hiërarchie.

Secundair geheugensysteem

Het secundair geheugensysteem zal voornamelijk dienst doen als stabiel opslagmedium. Normaliter zal deze slechts worden benaderd aan het begin en het eind van de sessie. Dit vereist een opslagcapaciteit van 2 Gigabyte (=15*32*4) mogelijkerwijs aangevuld met WORMs.

Workstations

De ontwikkelomgeving zal moeten bestaan uit een vijftal krachtige werkstations, waarmee door middel van windows, zicht kan worden verkregen op individuele componenten van de multi-computer.

We denken aan een multi-processor met gemeenschappelijk geheugen van minstens 256 Mbyte en snooping caches ter voorkoming van bottlenecks op de geheugen bus. Een alternatieve architectuur bestaat uit vergelijkbare machine, waarin echter de communicatie geschiedt via een snel lokaal netwerk. De laatste mogelijkheid is nu reeds commercieel voorhanden. Het laat zich aanzien dat de eerste architectuur in 1990 reëel haalbaar is.

Ter ondersteuning van het lopend onderzoek naar database machines is in de jaren tot 1990 behoefte aan een aantal workstations, zoals SUN 3/60s, en de beschikking over een experimentele processor-pool, zoals voorzien in het AMOEBA project.

6. Computergrafiek en Gebruikersinterfaces

De gevraagde apparatuur moet als basis een zeer krachtig werkstation hebben dat kan functioneren als een standaard UNIX-systeem in de CWI infrastructuur, e.g.: local area netwerk, transparant filesysteem, electronic mail faciliteit. Daarnaast moeten de experimentele systemen als coprocessoren aan deze UNIX-machine gekoppeld kunnen worden. Tevens is het noodzakelijk voor sommige experimenten een aantal van deze grafische werkstations in een onderling apart net te kunnen schakelen (voornamelijk om verstoring van het algemene net uit te sluiten). De grafische processoren moeten beschikken over (special purpose) cpu-snelheden tot meer dan 200 MIPS. De enorme gegevensbestanden, eigen aan beelden, eisen een diskcapaciteit van 300 Mbyte per werkstation, met een centrale faciliteit van ca. 300 Mbyte "scratch" ruimte voor experimenten. De interne werkgeheugens voor twee installaties moeten minimaal 32 Mbyte zijn. Voor de overige zou 16 Mbyte voldoende zijn. Voor registratie en analyse van real-time gedrag is koppeling aan een video- installatie nodig.

Na deze globale randvoorwaarden kan het apparatuurbeleid voor Computergrafiek als volgt geformuleerd worden:

Computergrafiek - basistechnologie

De fundamenteel nieuwe benadering van interactieve 3D-grafiek resulteert in een nieuwe klasse van algoritmen, gegevensrepresentaties en interactie- technieken.

Hiervoor zijn twee experimenteertomgevingen vereist. De ene richt zich op nieuwe hardware architecturen, eventueel op basis van VLSI, waarmee voor de drie bovengenoemde componenten (algoritmen, representaties en basistechnieken) een optimale implementatie kan worden gerealiseerd.

De tweede experimenteertomgeving bestaat uit minimaal één hoogwaardig state-of-the-art 3D-grafisch werkstation (bijv. silicon graphics display), waarmee de meer algemene beginselen uit bovengenoemde benadering kunnen worden gerealiseerd als een proto-type machine-onafhankelijke implementatie. Hiermee kan het bereik van de nieuwe generatie internationale grafische standaard worden vastgesteld.

Gezien de reeds gemaakte vorderingen bij dit onderzoek heeft de apparatuur voor deze activiteiten (vnl. IS 1 en IS 2) de hoogste prioriteit. Bijvoorbeeld is thans de vraagstelling actueel waar de grens ligt tussen realisering van componenten op basis van eigen VLSI-ontwerp dan wel op basis van beschikbare multiprocessor systemen.

Dialogomachines

De experimentele omgeving voor dialoogprogrammering alsmede de toepassing van AI-technieken (IS 3 en IS 2) bestaat uit een vijftal hoogwaardige grafische werkstations waarmee naast de verdere experimentele implementaties van dialoogsystemen voor een aantal systemen (min. twee) ook een krachtige symbolische rekenfaciliteit gekoppeld kan worden (evt. erin ondergebracht). De dialoogbasismachine moet op een grote verscheidenheid van installaties gerealiseerd kunnen worden met als resultaat dat interactieve grafische programma's overdraagbaar zijn tussen dialogomachines met behoud van hoogwaardige interactie.

Op deze installaties zal een groot aantal interactietechnieken worden uitgetoetst, enerzijds om het huidige (te beperkte) basisrepertoire te vergroten, anderzijds om methoden te vinden om voor een gegeven applicatie- gebied snel de meest adequate, gebruikersvriendelijke dialoog(grond)vormen te vinden.

In het kader van project IS 5 worden onder meer hulpmiddelen ontwikkeld om een gebruiker in staat te stellen parallele rekenprocessen te besturen. Ook hiervoor kan een dialogomachine als basis gebruikt worden. Van deze werkstations zal een aantal in 1989 reeds moeten worden aangeschaft. Voor het overige kan de aanschaf in latere jaren plaatsvinden, waarbij dan gedeeltelijk sprake is van vervangen (e.g. doorschuiven verouderde apparatuur).

Twee componenten machine

Het doel van deze experimentele installatie is een enge koppeling tussen symbolisch rekenen en numerieke behandeling van grafische informatie te bewerkstelligen. Hierdoor kan het redenerende vermogen van het systeem resultaten leveren die direct bijdragen aan de gepresenteerde informatie. Andersom kan een gebruikersreactie op aldus gepresenteerde informatie direct het inferentie mechanisme beïnvloeden. Bijvoorbeeld, evaluatiefuncties uit zoekprocessen kunnen een door de gebruiker te bepalen component bevatten. Voordat deze

installatie kan worden ingericht zal zeker nog één à twee jaren vooronderzoek nodig zijn. De experimenten die daarbij worden uitgevoerd kunnen op een eenvoudiger twee componentensysteem (grafisch werkstation en symbolische rekenmachine) worden uitgevoerd. Op bouw van deze installatie is derhalve voorzien vanaf 1990.

Zowel de experimenten uit 9.1 als 9.3 maken een co-processor op basis van dataflow noodzakelijk, die volgens een standaard netwerkverbinding toegevoegd kan worden aan enkele van de grafische werkstations. Co-processoren van dit type zullen worden aangeschaft als onderdeel van enkele van de geavanceerde grafische werkstations.

Tenslotte zij vermeld dat het basis UNIX-werkstation minimaal een 16 Mbyte geheugen met een cpu van minstens 16 MHz en snelle floating point processor moet bevatten.

Minimaal één van de grafische co-processoren moet vanwege de hybride programmering (numeriek en symbolisch) bij voorkeur van het data flow type zijn.

7. Nationale functie CWI-bibliotheek

Het systeem draait op een afzonderlijke machine, met optimale wisselwerking met de andere CWI-apparatuur en externe instellingen. De wisselwerking met externe instellingen loop via het Surf-net.

Een nieuw systeem moet naast het verlenen van interactieve toegang tot de bibliotheekcatalogi, ook de uitvoering van de huidige catalogusproducten (microfiches e.d.) ondersteunen.

De respons moet bij een piekbelasting van 40 simultane gebruikers acceptabel zijn.

Het interactief raadplegen van de catalogi door middel van zoek sleutels, trefwoorden of combinaties daarvan, wordt door de software mogelijk gemaakt.

De machine moet een groot verwerkingsvermogen hebben.

Om de gedachten te bepalen is hieronder een DEC VAX-server 3600 opgevoerd.

Hardware:

- VAX-server 3600
- microvax II-processor
- 32 Mb geheugen
- 622 Mb disk
- streamer tape
- ethernet
- Ultrix-licentie
- 12 empty slots

Randapparatuur:

- X25-kaart
- terminal concentrator, 14 aansluitingen
- laserprinter
- multiplexer, 16 ttys
- console printer
- 2 bar-code lezers
- page scanner
- 12 terminals
- diversen

Software

Ontwerp van een integraal netwerk voor het CWI

Jaap Akkerhuis

Computer Systemen en Telematica

0. Inleiding

De huidige netwerk-infrastructuur op het CWI is ontwikkeld voor een omgeving waarin gecentraliseerd computergebruik de hoofdrol speelt. Bij de overgang naar gedecentraliseerde voorzieningen zal een en ander een grote bottleneck vormen. Voor een productief gebruik van een op werkstations gebaseerde omgeving is een primair vereiste dat de netwerk-infrastructuur in overeenstemming is met the state of the art. In deze notitie wordt een plan ontwikkeld voor een integraal netwerk voor het gehele CWI, rekening houdend met de recente en nieuwe technologische ontwikkelingen, dat een duurzame basis kan vormen voor een decentralisering van de computervoorzieningen.

Eerst wordt de huidige situatie geschetst, en vervolgens wordt aan de hand van de eisen waaraan een integraal netwerk voor een gedecentraliseerde omgeving moet voldoen een ontwerp gemaakt. Belangrijke criteria bij dit ontwerp zijn bovendien dat de gekozen oplossing enerzijds niet onnodig duur is, maar anderzijds voldoende flexibel om zonder hoge kosten toekomstige uitbreiding en/of upgrading mogelijk te maken. Een aantal ondergeschikte zaken is niet gedetailleerd uitgewerkt.

1. De huidige netwerk-infrastructuur voor computervoorzieningen op het CWI

De huidige structuur van de netwerken die een onderdeel vormen van de computervoorzieningen wordt gekenmerkt door een grote centralisatie. De meeste computers staan op een centrale plek, en daar is bij de opzet van de netwerken duidelijk vanuitgegaan. Er zijn thans twee onafhankelijke netwerken: het seriële netwerk voor terminal-host-communicatie, en het CWI-LAN voor communicatie tussen de centrale machines. Daarnaast is het CWI-LAN gekoppeld aan het WCW-LAN.

1.1. Het seriële netwerk

Voor de communicatie met de gebruikers achter een terminal wordt gebruik gemaakt van seriële verbindingen, volgens de RS232-norm. Alle verbindingen lopen via een portselector of digitale PABX, de MICOM. Dit apparaat maakt het mogelijk om tussen de verschillende machines verbindingen te leggen en een efficiënt gebruik van terminals mogelijk te maken. Een andere functie is om de computers in staat te stellen tussen diverse randapparaten te kunnen kiezen, zoals typesetters, laserprinters en telefoonverbindingen, en ook op deze wijze de randapparatuur efficiënter te benutten. Er zijn een tweetal centrale ruimten, voorzien van terminals en aansluitingen, voor verbindingen met de computers. Ook is er, achteraf gezien helaas, door een aantal overwegingen bij de bouw gekozen voor slechts een beperkt aantal RS232-aansluitingen op diverse plekken in het gebouw. Verder was de verwachting dat de meeste andere niet centrale aansluitingen gebruik zouden maken van de SARA-machines. Aangezien die aangesproken werden via een eenvoudiger methode (current loop) zijn deze uitgevoerd via een vier-aderige verbinding.

Al snel ontstond de situatie dat deze voorzieningen ontoereikend waren. Er ontstond een groter gebruik van computers, met name van de lokale UNIX-machines† van het CWI, dan verwacht. Ook door noodzakelijke interne verhuizingen werd het originele plan nogal verstoord. Verder zorgde de introductie van PC's voor een veel grotere behoefte aan communicatiemogelijkheden dan bij de aanleg, in 1979, was voorzien. Deze vraag werd opgevangen door een forse uitbreiding van de MICOM-capaciteit en het toepassen van diverse technische trucs. Aangezien er enige redundantie in de RS232-signalen zit konden RS232-aansluitingen gesplitst worden, en via draadbruggen e.d. kon toch aan de minimale eisen worden voldaan. Current loop verbindingen werden gesplitst en omgetoverd tot RS232-verbindingen met gebruikmaking van goedkope modems voor de korte

† UNIX is a Trademark of AT&T Bell Laboratories.

afstand. Met deze methoden is het aangelegde seriële netwerk tot het uiterste van het mogelijke "opgerekt"; voor verdere uitbouw zijn wezenlijk andere voorzieningen nodig.

1.2. Het CWI-LAN en het WCW LAN

Aangezien de bandbreedte van RS232 beperkt is en het aantal centrale machines fors steeg was er een niet-serieel netwerk, een "LAN" (Local Area Network), nodig voor communicatie tussen de computers onderling. Gekozen is voor een industrie-standaard netwerk, het Ethernet. Dit laat transmissiesnelheden toe tot 10 Mbits/sec. Dit is een netwerk dat een bus-structuur heeft en gebruik maakt van de CSMA/CD-techniek. De protocollen die gebruikt worden zijn bekend onder de noemer TCP/IP. Ethernet is een wereldwijd geaccepteerde standaard en wordt ondersteund door vrijwel alle fabrikanten. De TCP/IP-protocollen zijn de meest gebruikte protocollen voor werkstations. Hiermee werd mogelijk gemaakt dat de machines in de heterogene omgeving van het CWI alle met elkaar kunnen praten. Tegelijkertijd werd er in WCW-verband een netwerk aangelegd, dat het hele WCW-terrein bestrijkt, gebaseerd op dezelfde overwegingen. Dit "campus net" maakt communicatie mogelijk tussen Data General MV4000 onder AOS, DEC VAXen onder UNIX BSD4.3, Sun 2 en 3 onder SunOS3.0, Whitechapel MG1 onder 42nix, een Tektronix Smalltalk doosje, Harris HCX/7 onder Unix 4.3 — alle intern bij het CWI — en VAXen onder VMS, Gould Powernodes onder UTX/32, Apollo's onder Domain en dergelijke bij andere WCW-instellingen.

Een Ethernet-kabel heeft een door de techniek bepaalde maximum-lengte. Het huidige CWI-LAN bestaat uit een enkele kabel van de maximale lengte. Hiermee wordt slechts een deel van het gebouw bereikt.

Voor terminalverbindingen kan ook van het Ethernet gebruikt gemaakt worden via TAC's die TELNET praten, een protocol gebaseerd op de TCP/IP-protocolfamilie. Met dergelijke doosjes is het mogelijk alle machines te bereiken die met het Ethernet verbonden zijn. Het in gebruik nemen van twee van deze dozen heeft tot verdere ontlasting van het seriële netwerk gezorgd, hoewel deze methode voor de computers zelf een relatief hoge belasting vormt.

2. Toekomstige ontwikkelingen

In de toekomst zal door de komst van werkstations de behoefte aan snelle datacommunicatie fors toenemen. De centrale machines zullen steeds minder gebruikt worden voor directe terminalcommunicatie, maar meer voor ondersteunende functies zoals fileservers e.d. Ook zullen de centrale machines meer en meer dienen als gateways naar andere netwerken, zoals SURF-net, EARN, Internet. Dit heeft een aantal consequenties voor de infrastructuur van het CWI.

2.1. Seriële verbindingen

De behoefte aan communicatie tussen PC's zal toenemen, tot een niveau dat boven de mogelijkheden van de RS232-lijnen uitgaat. Door het overgaan naar PC's en werkstations zal de behoefte aan RS232-lijnen voor terminalverbindingen verminderen. Wanneer er toch terminalverbindingen nodig zijn, zal dit in het algemeen de lokaal opgestelde werkstations gelden. Hierin kan dan voorzien worden met behulp van TAC's. De MICOM blijft in gebruik voor het besturen van gemeenschappelijke randapparatuur en verbindingen naar de centrale computers. Ook is access mogelijk vanuit de lokale machine via het Ethernet naar de centraal opgestelde apparatuur.

2.2. Ethernet

In de toekomst zal het nodig zijn het gehele gebouw te bereiken, en dus over te gaan op een niet-serieel net opgebouwd uit gekoppelde kabels. Mede door de veranderende rol van de centrale computers zal de behoefte aan snel verkeer naar deze machines sterk stijgen. Ook zal tussen de lokaal opgestelde werkstations veel lokaal verkeer optreden. Het is niet nodig en niet economisch al dit verkeer over de centrale kabels van een gemeenschappelijk net te doen plaatsvinden: de bandbreedte is daarvoor ontoereikend tenzij aanmerkelijk duurdere technieken gebruikt worden dan bijv. Ethernet. Er ontstaat derhalve behoefte aan sub-netwerken. Uitgangspunt hierbij is dat in het algemeen de werkstations in gebruik bij eenzelfde project "geografisch" geconcentreerd zullen zijn.

2.3. PC-netwerken

Hoewel het mogelijk is om PC's via het Ethernet te koppelen, is dat een onnodig dure oplossing. Er is duidelijke behoefte aan een netwerk speciaal afgestemd op de PC-wereld.

2.4. Nieuwe technieken

Op dit moment is er een scala van nieuwe netwerktechnieken in ontwikkeling; de literatuur is vol van LAN's, MAN's en WAN's. Een van de interessante ontwikkelingen is daarbij het ISDN-concept van de diverse PTT's en telefooncommunicatie-leveranciers. Helaas is het zo dat er op dit moment nauwelijks iets operationeel is. Er is nog geen duidelijke standaardisatie aanwezig; bovendien is de houding van de Nederlandse PTT onduidelijk. Verder is er nog geen zicht op ondersteuning van een dergelijk systeem door de verschillende computerfabrikanten. De verwachting is ook dat het ISDN-concept eerst door de grote mainframe-fabrikanten zal worden omarmd, en dat de werkstation-markt pas in latere instantie zal volgen. Het Computerlab zou graag ervaring op willen doen met ISDN, maar gezien de huidige stand van zaken lijkt het verstandiger daarmee nog te wachten. Een goede gelegenheid om serieus hiernaar te kijken zal zich voordoen wanneer over circa vijf jaar de huidige telefooncentrale aan vervanging toe is.

Resumerend kunnen we concluderen dat het aantal seriële verbindingen niet of nauwelijks zal groeien, maar dat het bestaande netwerk niet voldoet voor het veranderend gebruik: er is behoefte aan een apart PC-netwerk. Het belangrijkste is vergroting van de capaciteit van het CWI-LAN en splitsing van dit medium in lokaal en globaal verkeer.

3. Naar een flexibel integraal netwerk

Op grond van de aangegeven ontwikkelingen is het nodig het CWI uit te rusten met een aantal geografische lokale netwerken, zowel voor PC's als voor werkstations, met mogelijkheid voor expansie van het seriële net via TAC's. Deze netwerken dienen het gehele gebouw te bedienen. Uiteraard dienen deze netwerken aan elkaar gekoppeld te worden, zodat een integraal netwerk ontstaat waarvan de architectuur voor de gebruikers transparant is. De goedkoopste mogelijkheid is dit via een relatief kort backbone-netwerk te doen, dat dan wel van voldoende capaciteit dient te zijn. De architectuur van dit integrale netwerk moet flexibel zijn, wat wil zeggen dat de topologie gemakkelijk en zonder hoge kosten (her)configureerbaar is. Dit brengt substantiële extra kosten met zich mee, maar het alternatief is dat hetzij in de komende jaren uiteindelijk hogere kosten voor voortdurende aanpassingen nodig zijn, hetzij nu vast in een eveneens duurdere en zelden aangesproken extra capaciteit voor het gehele netwerk wordt voorzien.

3.1. Keuze van een PC-netwerk

Er is voor de PC-wereld een groot aantal soorten netwerken te verkrijgen, het ene nog exotischer dan het andere. Deze zijn meestal voor IBM PC en "klonen". De gebruikte protocollen zijn vrijwel nooit standaard maar fabrikant-gebonden. Ook moet per PC extra hardware aan geschapt worden, vaak in de vorm van extra boards (coprocessoren e.d.). Op het CWI is de Macintosh de meest gebruikte PC. Deze machine wordt standaard geleverd met een kant en klaar ingebouwde netwerk-interface volgens CSMA/CA techniek (238 kbits/sec) over een tweeadelige verbinding. Het geheel staat bekend onder de naam Appletalk. De gebruikte protocollen zijn in de literatuur beschreven. Het voordeel hiervan is dat het mogelijk is om het Appletalk-netwerk ook vanuit niet-Apple-machines te bereiken. Inmiddels komen er ook Appletalk-interfaces voor IBM PC's en klonen op de markt. Een andere interessante ontwikkeling is dat het mogelijk is d.m.v. een gateway Appletalk aan Ethernet te koppelen. Hierbij worden Appletalk-pakketten "ingepakt" in IP-pakketten, die dan via de normale TCP/IP-protocollen worden verzonden. Op deze manier kunnen Appletalk-netwerken via Ethernet aan elkaar worden geknoopt. Ook kunnen de pakketten uitgepakt worden door een machine die TCP/IP verstaat; op die manier kunnen resources, zoals een Laserprinter, tussen de machines van diverse pluimage worden gedeeld.

3.2. Keuze van een lokaal Ethernet

Hoewel de Ethernet-standaard duidelijk definieert hoe de kabel eruit moet zien, is de standaard kabel nogal onhandig in het gebruik. Hij is moeilijk te verwerken en voor het aansluiten van werkstations op de kabel is een transceiver nodig (kosten f 1500) met een even onhandig te hanteren transceiver-kabel. Daarom zijn er Ethernet fan-out boxes ontwikkeld waarbij meerdere — meestal acht — werkstations een transceiver delen. Via een technische truc is het mogelijk om direct een Ethernet-interface op de coax-kabel aan te sluiten. Dan mag de kabel ook van een andere kwaliteit zijn, wat het werken ermee gemakkelijker maakt. De transceiver en bijbehorende kabel zijn dan overbodig. Het beperkt echter het aantal aansluitingen per kabel-segment. Dit systeem staat bekend als het "Thinwire system" en wordt in de wandeling Cheapernet genoemd. Voor interfaces

die niet direct op deze kabel zijn aan te sluiten zijn speciale transceivers ontwikkeld. Voorgesteld wordt om lokaal Cheapernet te gebruiken. Een bijkomend voordeel is dat Ethernet-interfaces voor IBM PC's en klonen daardoor ook goedkoper worden en dus een afweging gemaakt kan worden of deze van Appletalk of Cheapernet gebruik zullen maken. Een nieuwe ontwikkeling is het gebruik van een nog goedkopere kabel via een door CMU ontwikkeld bekabelingssysteem. Dit heeft echter buiten het CMU nog weinig empooi gevonden. In verband met de geringe ervaringen hiermee, en gegeven het feit dat op het totaal het prijsverschil betrekkelijk gering is, wordt deze mogelijkheid hier niet verder beschouwd.

3.3. Keuze van een backbone-netwerk

Een interessante mogelijkheid lijkt om gebruik te maken van een breedband-netwerk. Op zo'n netwerk wordt dan het Ethernet op een of meerdere kanalen gemoduleerd. Het is desgewenst ook mogelijk spraak of video op andere kanalen te zetten. Helaas is dit een nogal dure oplossing, vooral als een redelijke snelheid behaald dient te worden. Ook is dit meer geschikt voor langere afstanden dan alleen in een enkel gebouw, tenzij er al een bestaand video-netwerk is. Het is beter om te wachten op de ontwikkelingen van ISDN, dat ook dergelijke faciliteiten zou moeten bieden.

Een glasvezel-techniek behoort ook tot de mogelijkheden. De meest gebruikte hebben echter dezelfde bandbreedte als Ethernet en zijn dus voornamelijk alleen maar duurder in het gebruik, terwijl de snelle netwerken (80 Mbit/sec) fabrikant-gebonden zijn en slechts in beperkte mate ondersteund* worden door de diverse computerfabrikanten.

Een andere mogelijkheid zou zijn om over te gaan op Pronet, of IBM's Tokenring net, maar ook dit wordt nog door heel weinig fabrikanten ondersteund, en of het gebruik in de toekomst zal aanslaan is moeilijk te voorspellen.

Het meest praktische is om gewoon een standaard Ethernet te gebruiken. Dit wordt immers door bijna iedereen ondersteund en de ervaringen zijn goed. Onze projectie van de intensiteit van het niet-lokale verkeer levert op dat bij dubbele uitvoering de capaciteit voor de komende vijf jaar nog zal voldoen. Het backbone-netwerk zelf hoeft niet lang te zijn, en indien deze projectie door de ontwikkelingen achterhaald wordt geldt dat eventuele tussentijdse uitbreiding later met een andere techniek met hogere bandbreedte geen onoverkomelijke kosten zal opleveren.

3.4. Netwerkprotocollen

Het ligt voor de hand dat op Appletalk-netwerken de Appletalk-protocollen worden gebruikt en op het Ethernet de TCP/IP-protocolfamilie. Aangezien we het netwerkverkeer dat lokaal plaatsvindt van het overige verkeer willen scheiden, moeten er netwerk-"bruggen" komen. Deze zijn in twee soorten te krijgen: de zogenaamde IP level bridges (of DECNET bridges etc.) en de MAC level bridges. Het voordeel van IP bridges is dat er een betere bescherming is tegen machines die fouten met het protocol maken. Een groot nadeel is dat er uitsluitend TCP/IP-protocollen gebruikt kunnen worden. Dit staat haaks op de verwachting dat in de toekomst het gebruik van andere protocollen belangrijk wordt en ondersteund dient te worden, zoals de ISO/OSI-familie, XNS en Amoeba-protocollen. De voorkeur gaat daarom uit naar MAC level bridges. Een nadeel is dat dit geen bescherming biedt tegen zogenaamde broadcast-stormen.

Daar staat echter een groot ander voordeel tegenover. Dit type bridges is verkrijgbaar met zogenaamde automatische routing, niet te verwarren met de gewone routing verzorgd door repeaters. Deze laatste apparaten geven alles van de ene naar de andere kant door, terwijl slimme MAC bridges zelf de topologie van het netwerk leren door aan beide kanten te luisteren welke machines met elkaar praten. Deze informatie wordt in een cache-geheugen bijgehouden. Pas indien een station niet op het lokale segment zit wordt de informatie op het backbone-net gezet. Met deze methode wordt het lokale verkeer van de rest van het netwerk afgeschermd op een wijze die zelfs op de lage protocolniveaus transparant is. Wanneer men een werkstation van het ene lokale net naar het andere verplaatst, wordt dit door deze bridges "gezien", en wordt automatisch een nieuwe route bepaald.

* Als een dergelijk netwerk in catalogi en dergelijke in naam ondersteund lijkt te worden, blijkt dat bij verdere navraag meestal niet verder te gaan dan de toekenning van het predikaat "add-on non-supported product", wat slechts inhoudt dat de fabrikant erkent dat het aan de geleverde apparatuur gehangen kan worden.

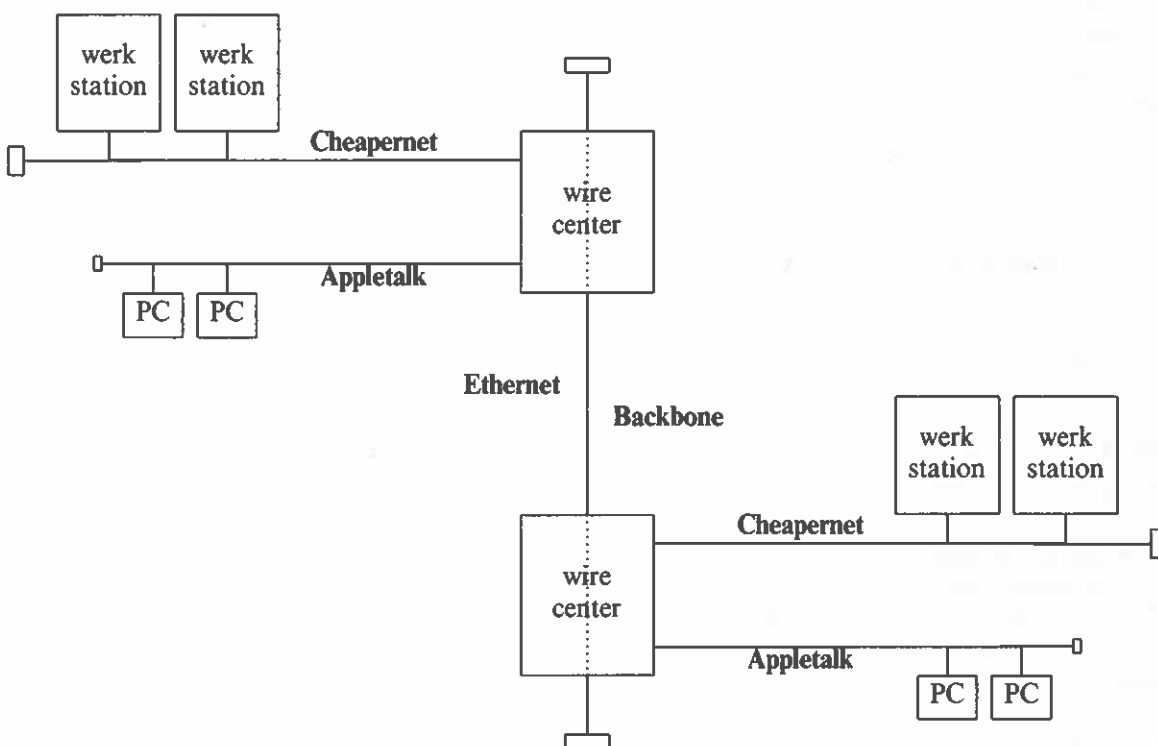
3.5. Elektrische veiligheid

Behalve dat om capaciteitsredenen een logische scheiding vereist is voor de boodschappen, moet er ook gezorgd worden voor een degelijke galvanische scheiding van de netwerkcomponenten. Hierdoor kan het effect van diverse calamiteiten die onvoorzien kunnen optreden (zoals blikseminslag) beperkt gehouden worden. Het is technisch mogelijk Cheapernet direct aan Ethernet te koppelen; beter is echter om dit galvanisch te scheiden met bijvoorbeeld een DEMPTR en/of DESTA.

3.6. Flexibiliteit en configureerbaarheid

Voorkomen moet worden dat een starre structuur ontstaat. Er dient ruimte te zijn om de topologie te veranderen, lokale netwerken te isoleren voor onderzoek aan nieuwe protocollen, en dergelijke. De praktijk wijst uit dat bij het aanleggen van kabels 90% van de kosten voor arbeidsloon is. Kabels aanleggen kost ongeveer drie- à vijfhonderd gulden per meter, terwijl de kabel zelf vaak niet meer dan 30 gulden per meter is. Voorgesteld wordt dan ook alle bekabeling dubbel uit te voeren. Het eigenlijke trekken van de kabels is slechts een klein bestanddeel van het werk. Het meeste werk gaat zitten in het voorbereiden van het kabeltrekken, zoals het opengooien van goten, gaten boren etc.

Voor de gewenste flexibiliteit is nodig dat de feitelijke koppeling van de netwerkcomponenten niet "hard" wordt vastgelegd. Dit kan bereikt worden door deze koppelingen te concentreren in zogenaamde "Wire Centers", waarin de kabels samenkomen.



Figuur 1

In figuur 1 is schematisch weergegeven hoe de onderdelen van het netwerk eruit zien en hoe de zaak aan elkaar gekoppeld wordt. De kabels in het gebouw worden gelegd in de bestaande hoofdkabelgoten. Deze worden zonodig aangepast. Een probleem vormt de bibliotheek. Daar zullen speciale voorzieningen moeten worden getroffen. Voor de aansluiting in de kamers moeten ook voorzieningen worden getroffen. De huidige aansluituittjes en doorvoeren zijn daarvoor niet toereikend en ook niet geschikt te maken.

4. Kosten van het plan

Alle genoemde prijzen zijn geschat aan de hand van de bestaande ervaring. Voor het verkrijgen van de werkelijke kosten zal het noodzakelijk zijn installateurs-aannemers offertes te laten uitbrengen. Daarvoor is uiteraard een gedetailleerder ontwerp nodig dan hier gegeven. Desalniettemin mag ervan worden uitgegaan dat de hier becijferde kosten een redelijke indicatie zijn.

4.1. Bekabeling

Zoals reeds gesteld is, bestaan de kosten van kabelaanleg voornamelijk uit de aanlegkosten. Daarom wordt hier ook voorgesteld om alle kabels dubbel uit te voeren. Dit geeft de mogelijkheid om op eenvoudige wijze het net te herconfigureren, voor groepjes van kamers een eigen net te maken, voor experimenten e.d.

De aan te leggen kabellengte kan als volgt geschat worden:

0-Laag	150 meter
1-Laag	175 meter
2-Laag	275 meter
3-Laag	300 meter
Backbone	<u>100 meter</u>

Totaal 1000 meter

Als we rekenen met een aanlegprijs van f 400 de meter worden de kabelkosten f 400,000.

N.B. Er wordt dus in totaal $4 \times 900 + 2 \times 100 = 3800$ meter kabel aangelegd.

4.2. Voorzieningen voor aansluitpunten

Er zijn in het gehele CWI een 110-tal kamers en andere punten waar een aansluiting op het netwerk dient te komen. Het heeft weinig zin te trachten hierop te besparen door kamers waarvoor niet onmiddellijk voorzien wordt dat van een aansluiting daadwerkelijk gebruik zal worden gemaakt, over te slaan. De ervaringen in het verleden hebben genoegzaam aangetoond dat dergelijke "besparingen" in werkelijkheid kostenverhogend werken.

4.2.1. Aansluitdoosjes

Voor de aansluitingen in kamers en collegezalen zal een aansluitdoosje moeten worden ontwikkeld. Een aantal eisen worden hieraan gesteld.

- Op elk doosje komen aansluitingen naar de twee Appletalk-kabels en de twee Cheapernet-kabels.
- Het is voor de betrouwbaarheid van de netten bevorderlijk dat de aansluitpunten niet direct bereikbaar zijn. Een (doorzichtig) afsluitbaar deurtje is dan ook gewenst. Dit vormt een barrière tegen al dan niet opzettelijke veranderingen van de aansluitingen.
- Het zou prettig zijn als er ruimte is voor het onderbrengen van eventuele benodigde transceivers.
- Niet gebruikte aansluitingen worden overbrugd met een kabeltje.

Afhankelijk van de uitvoering zal dit per aansluiting vermoedelijk zo'n f 250 tot f 350 kosten. In het vervolg rekenen we met een prijs van f 300.

4.2.2. Kabelgoten in kamers

Voor het aansluiten van de aansluitdoosjes aan de hoofdkabelgoten moeten voorzieningen worden getroffen. Naar schatting moet gemiddeld zo'n 2 meter per aansluiting worden overbrugd. De aanlegkosten hiervan kunnen eveneens geraamd worden op circa f 400 per meter, oftewel f 800 per aansluitpunt.

Totaal (kastje + goot) moet dus gerekend worden per aansluitpunt op zo'n f 1100. Voor de 110 aansluitpunten door het gehele CWI wordt dat in totaal f 121,000.

N.B. Hier komen nog bij de kosten van daadwerkelijke aansluiting van een werkstation op het net. Deze kosten variëren afhankelijk van het type werkstation en de kamerindeling, maar per station moet al gauw op f 50 worden gerekend. Het komt me voor dat deze kosten het beste als onderdeel van de aanschaffing van een werkstation gerekend kunnen worden.

4.3. De Wire Centers

Dit zijn de plekken waar de lokale netten met de backbone-netten verbonden worden. Een Wire Center is een kast waarin patch panels worden opgenomen voor de Appletalk- en Cheapernet-kabels, samen met conversieapparatuur van en naar Ethernet van Appletalk, Cheapernet en RS232, alsmede Ethernet bridges e.d. De verwachting is dat er ten minste een Wire Center per verdieping moet komen, alsmede een in de centrale computerruimte. De kasten moeten zodanig opgesteld worden dat er niet door onbevoegden mee geknoeid kan worden, dus liefst in een afgesloten ruimte. Er wordt van uitgegaan dat ieder Wire Center ten minste het volgende aan apparatuur bevat:

Wire Center specificatie

19 inch rek	15,000
DEMPTR (Cheapernet Multiport)	12,000
DESTA (Cheapernet-Ethernet Station Adaptor)	200
KIP (Ethernet-Appletalk gateway)	8,000
Ethernet alleen in kast + Transceivers	5,000
TAC (Terminal server)	20,000
MAC-level gateway	33,500
Patch panels	<u>2,000</u>
Totaal	f 93,700

4.4. Totale kosten

De totale kosten van het netwerk worden op grond van het bovenstaande begroot op f 989,500. Dit bedrag is als volgt opgebouwd:

Bekabeling	400,000
Aansluitpunten	121,000
Wire Centers 5 × 93,700	<u>468,500</u>
Totaal	f 989,500

5. Uitvoering van de werkzaamheden

Het zal duidelijk zijn dat, gezien de omvang van de noodzakelijke werkzaamheden, de aanleg van het netwerk dient te gebeuren door een of meerdere aannemers. Daartoe wordt eerst op grond van bovenstaande overwegingen een gedetailleerd plan van eisen opgesteld. Aan meerdere aannemers wordt een globale richtprijs gevraagd. Op grond van deze eerste ronde wordt een beperkt aantal aannemers uitgenodigd een gedetailleerde offerte uit te brengen. Als een definitieve keuze wordt gemaakt, wordt het net aangelegd. Voor het CWI moet daarbij gerekend worden op zeker een half mensjaar benodigd voor de voorbereiding en begeleiding van de aanleg.

Verklaring van enige termen

- CMU.** Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania, VS.
- CSMA/CA.** Carrier Sense Multiple Access, Collision Avoidance. Een even laag protocol in dezelfde stijl als CSMA/CD, maar met techniek om een botsing te voorkomen.
- CSMA/CD.** Carrier Sense Multiple Access, Collision Detect. Een laag-niveau protocol waarbij alle machines, zonder een centrale scheidsrechter, gelijke mogelijkheden tot gebruik van een transportkanaal (multiple access) hebben. Voordat een boodschap wordt gestuurd wordt gekeken of het kanaal vrij is (carrier sense); als er niettemin een botsing optreedt tussen twee zenders wordt dit gedetecteerd (collision detect) en het zenden tijdelijk gestaakt.
- Current Loop.** Een techniek, gebaseerd op de eigenschappen van de oude teletype, om informatie over een (vaste) vierdraads-telefoonlijn te versturen.
- CWI.** Centrum voor Wiskunde en Informatica.
- DEC.** Digital Equipment Corporation.
- DEMPTR.** DEC thinwire Ethernet Multiport, kan acht thinwire segmenten koppelen.
- DESTA.** DEC thinwire Ethernet Station Adapter, verbindt een transceiver kabel met het Cheapernet voor, bijvoorbeeld, de koppeling van een MAC level bridge naar een Cheapernet.
- Ethernet.** Een gangbaar type netwerk voor LANs, waarvoor de standaard is vastgelegd in *The Ethernet, A Local Area Network Version 2.0*, Digital, Intel, Xerox, November 1982.
- IP level bridge.** Een bridge die verstand heeft van hoger gelegen protocollen, in casu IP (zie TCP/IP).
- ISDN.** Integrated Service Digital Network, de techniek van de telefooncentrales van de toekomst.
- LAN.** Local Area Network. Een netwerk van beperkte omvang, doorgaans van enkele honderden meters tot enkele kilometers.
- MAC level bridge.** MAC = Medium Access Channel. Een bridge die alleen weet heeft van het laagste niveau aan protocollen op een medium.
- MAN.** Metropolitan Area Network. Een netwerk dat een stad of stadsdeel bestrijkt. Het Amsterdamse kabeltelevisie-netwerk is een voorbeeld van een MAN met uiterst beperkte service; een ander voorbeeld zijn de experimenten in Zuid-Limburg.
- Modem.** MODulator DEModulator. Een techniek waarbij een signaal wordt gemoduleerd, op een telefoonlijn gezet en daarna gedemoduleerd wordt.
- PABX.** Private Automatic Branch eXchange, een privé telefooncentrale.
- PC.** Personal Computer.
- RS232.** Een norm bekend onder RS232 of CCIT V.28, die een protocol definieert voor communicatie tussen Data Terminal Equipment en Data Communication Equipment. Deze norm is de standaard voor computer- en terminalverbindingen.
- SARA.** Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam.
- TAC.** Terminal Access Controller.
- TCP/IP.** Transport Control Protocol / Internet Protocol. Protocollen op een hoger niveau waarvoor op zeer uiteenlopende apparatuur implementaties bestaan; hiermee kan derhalve fabrikant-onafhankelijkheid worden bereikt.
- Transceiver.** Transmitter and Receiver. Bij een Ethernet het doosje dat het werkstation verbindt met de Ethernet-kabel. Het splitst het signaal in een ingaande en uitgaande gegevensstroom en verzorgt ook de collision detect.
- WAN.** Wide Area Network. Een netwerk dat een groter gebied bedient, tot wereldwijd toe.